# ATLAS DE HISTOLOGÍA Y ORGANOGRAFÍA DE LAS PLANTAS

Rafael Álvarez Nogal

# ATLAS DE HISTOLOGÍA Y ORGANOGRAFÍA DE LAS PLANTAS

El presente trabajo ha sido subvencionado por la **Consejería de Educación y Cultura** de la **Junta de Castilla y León** tras convocatoria pública para la concesión de ayudas destinadas a la ***Elaboración de Recursos de Apoyo a la Enseñanza Universitaria***.

Dr. Rafael Álvarez Nogal
Dpto. Biología Celular y Anatomía

# ATLAS DE HISTOLOGÍA Y ORGANOGRAFÍA DE LAS PLANTAS

UNIVERSIDAD DE LEÓN
Secretariado de Publicaciones
y Medios Audiovisuales

**ÁLVAREZ NOGAL, Rafael**

**Atlas de histología y organografía de las plantas / Rafael Álvarez Nogal. - León : Universidad, Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales, [2002]**
**286 p. : il. ; 29 cm.**
**Índice**
**ISBN 84-7719-773-3**
**1. Plantas—Células y tejidos—Atlas. 2. Plantas—Anatomía—Atlas. I. Universidad de León. Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales. II. Título**
**581.8(084.42)**
**581.4(084.42)**

*Fotografías:*
Rafael Álvarez Nogal



I.S.B.N.: 84-7719-773-3
Depósito Legal: LE-684-2002

Impresión y realización editorial: Gráficas ALSE, S.L. - LEÓN (España)

cantamos porque el sol nos reconoce
y porque el campo huele a primavera
y porque en este tallo en aquel fruto
cada pregunta tiene su respuesta

cantamos porque llueve sobre el surco
y somos militantes de la vida
y porque no podemos ni queremos
dejar que la canción se haga ceniza.

Fragmento de *Por qué cantamos*
Mario Benedetti

***PRESENTACIÓN:***

Cuando el autor se embarcó en el trabajo ahora concluido sabía que habrían de ser muchas las horas dedicadas en el empeño de conseguir algo escaso en las librerías tanto reales como virtuales: un *ATLAS DE HISTOLOGÍA Y ORGANOGRAFÍA DE LAS PLANTAS*. Las horas fueron pasando mientras el autor consiguió muestras, las fijó, las incluyó en parafina (en este punto fue imprescindible la colaboración de María Rehberger Olivera, miembro del PAS del Departamento de Biología Celular y Anatomía de la Universidad de León), y posteriormente las cortó, tiñó y montó. Pero además de las técnicas histológicas rutinarias, llevó a cabo otras, en algunas de las cuales contó con la decidida colaboración de Carolina Árias Sánchez (miembro del PAS del Departamento de Biología Celular y Anatomía de la Universidad de León) y del Dr. Antonio Encina García (miembro del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de León). Las horas se hicieron cortas cuando estudió las preparaciones histológicas y cuando fotografío lo que consideró más ilustrativo de ellas. Es necesario indicar, que el propio autor elaboró en el año 1998 (sin saberlo en ese momento) una herramienta que ha resultado ser de gran utilidad para realizar el presente atlas: el libro de texto titulado *Apuntes de Citología-Histología de las Plantas*, editado por el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de León. Con estas breves líneas quiere decir el autor, que el presente atlas es original desde el principio hasta el final, sin más aportaciones ajenas que las citadas.

El atlas pretende realizar un repaso de las estructuras de las plantas tras una breve introducción. Comienza atendiendo los aspectos relativos a la histología tratando los *meristemos* (tanto apicales como laterales) y posteriormente los llamados tejidos del *sistema fundamental: parénquima, colénquima y esclerénquima*. A continuación se muestran los tejidos conductores por separado: el *xilema* y el *floema* y posteriormente, en el apartado denominado *haces vasculares*, ambos tejidos conjuntamente. Termina el apartado histológico del atlas, tratando los *tejidos secretores* y los eminentemente protectores: la *epidermis* y la *peridermis*. La organografía comienza con las partes vegetativas de las plantas (*raíz*, *tallo* y *hoja*) y continúa con la *flor*, el *fruto* y la *semilla*. Finalmente se han incorporado como apéndices del libro, primero la referencia del origen (planta y órgano) de cada una de las 348 imágenes en color de que consta el atlas, y después un índice alfabético que pretende facilitar al lector, la búsqueda de estructuras concretas.

Para terminar, el autor debe indicar que en el presente *ATLAS DE HISTOLOGÍA Y ORGANOGRAFÍA DE LAS PLANTAS* ha querido primar las imágenes sobre los textos, creyendo que puede ser de utilidad para alumnos, docentes, investigadores y curiosos en general.

El autor.
León, marzo de 2002.

*ÍNDICE*

# Introducción

El reino Plantas está constituido por seres vivos eucarióticos, autótrofos y pluricelulares. Constan de células que se agrupan en tejidos, los cuales a su vez constituyen los órganos.

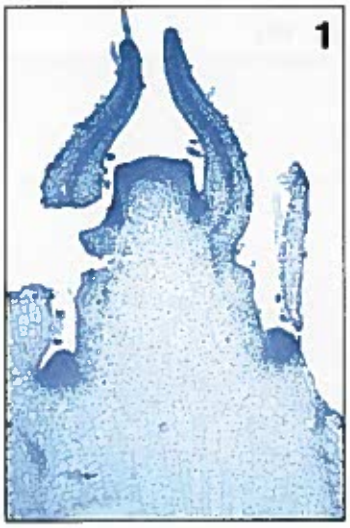
1. **Meristemos.** Yema apical y yemas axilares. 10x.
2. **Parénquima.** Amiloplastos. 40x.
3. **Colénquima.** Colénquima laminar. 40x.
4. **Esclerénquima.** Braquiesclereidas. 100x.
5. **Xilema.** Tráqueas con engrosamientos helicoidal y escaleriforme. 100x.
6. **Floema.** Elementos cribosos y células acompañantes. 100x.
7. **Haces vasculares.** Haz colateral abierto. 20x.
8. **Tejidos secretores.** Cavidad lisogénica. 20x.
9. **Epidermis.** Epidermis uniseriada con estomas. 40x.
10. **Peridermis.** Lenticela. 40x.

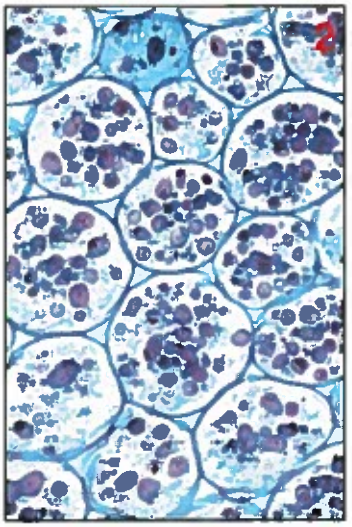
La más clásica de las clasificaciones de los tejidos de las plantas considera la existencia de los siguientes tejidos: los meristemos (tejidos embrionarios que persisten en las plantas adultas), parénquima (tejido fotosintetizador o almacenador de materiales de diversa naturaleza), colénquima y esclerénquima (tejidos de sostén), xilema (tejido transportador fundamentalmente de agua y sales minerales), floema (tejido transportador fundamentalmente de sacarosa), tejidos secretores (células que intervienen en la secreción de distintas sustancias), epidermis (tejido en contacto con el medio y propio de las estructuras con crecimiento primario), peridermis (tejido en contacto con el medio y propio de las estructuras con crecimiento secundario).

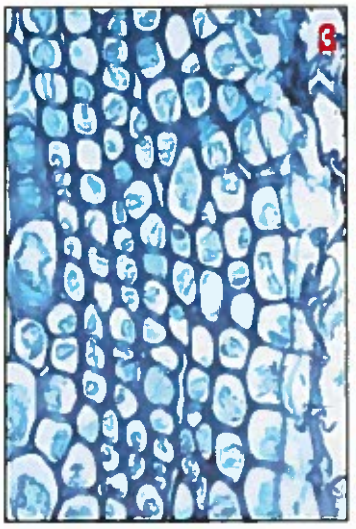
Sumamente característico de las plantas es que presentan tejidos no claramente delimitados, es decir con células que son formas de transición entre determinado tejido y su vecino.

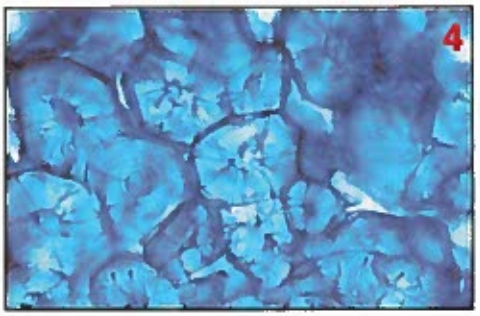
Casi todos los tejidos citados, se pueden agrupar en los llamados *sistemas de tejidos*: el *sistema dérmico* constituido por la epidermis y la peridermis, el *sistema vascular* constituido por el xilema y el floema (que inevitablemente se acompañan el uno del otro) y el *sistema fundamental* constituido por el resto de los tejidos (particularmente el parénquima, el colénquima y el esclerénquima).

En el presente atlas se consideran y se muestran las siguientes agrupaciones celulares: meristemos (1), parénquima (2), colénquima (3), esclerénquima (4), xilema (5), floema (6), haces vasculares (7), tejidos secretores (8), epidermis (9) y peridermis (10).

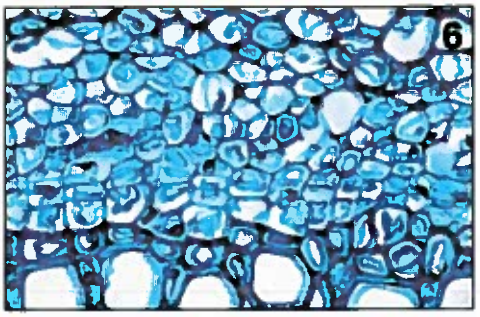

1

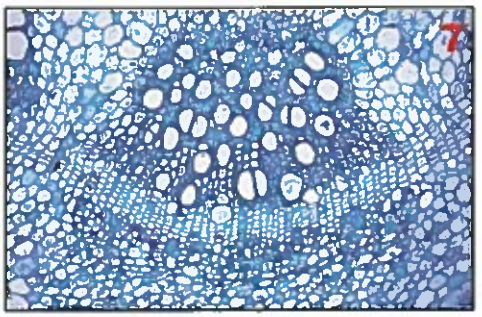

2

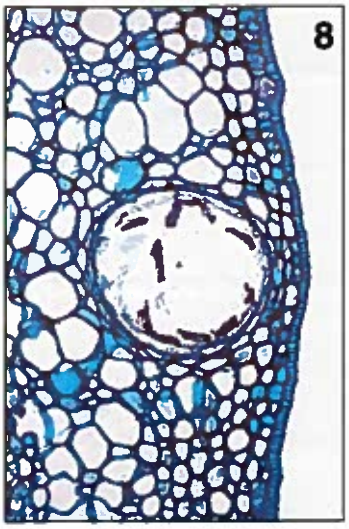

3


4

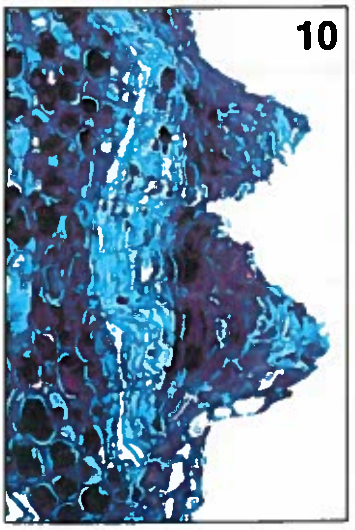

5


6


7


8

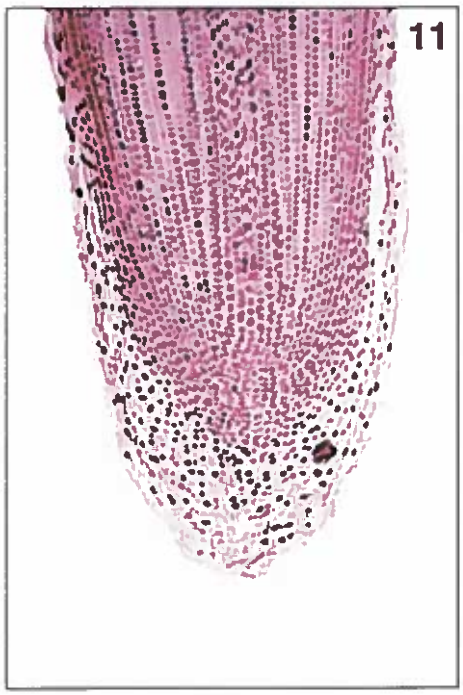

9

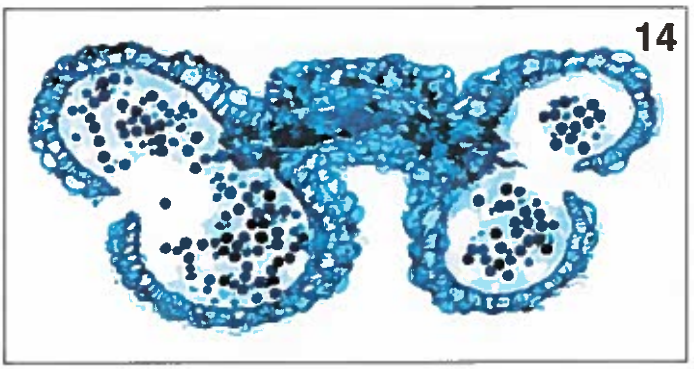

10

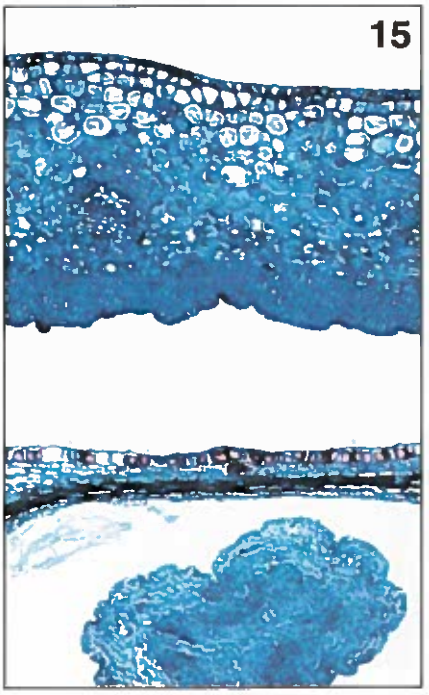
11. **Raíz.** Sección longitudinal del meristemo apical de la raíz. 10x.
12. **Tallo.** Tallo de dicotiledónea. 10x.
13. **Hoja.** Hoja de hidrófita. 10x.
14. **Flor.** Antera con endotecio y los estomios abiertos. 10x.
15. **Fruto.** Pericarpo, endocarpo y semilla. 10x.
16. **Semilla.** Embrión en el interior de la semilla. 10x.

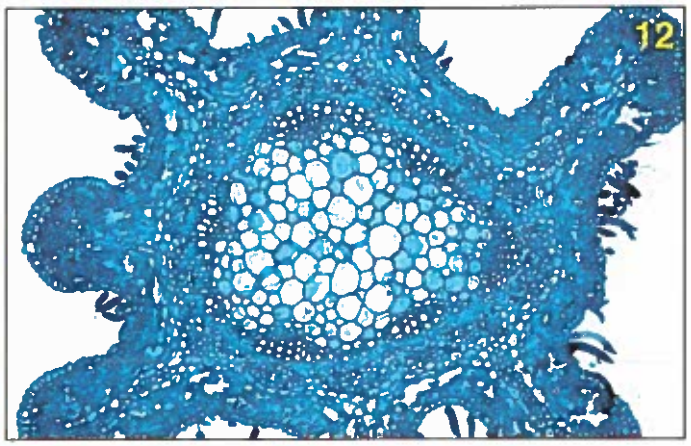
Mientras la clasificación de los tejidos lleva consigo cierta controversia, la clasificación de los órganos de las plantas es algo generalmente admitido.

Los órganos de la plantas que se consideran y se muestran en el presente atlas son la raíz (11), el tallo (12), la hoja (13), la flor (14) , el fruto (15) y la semilla (16).

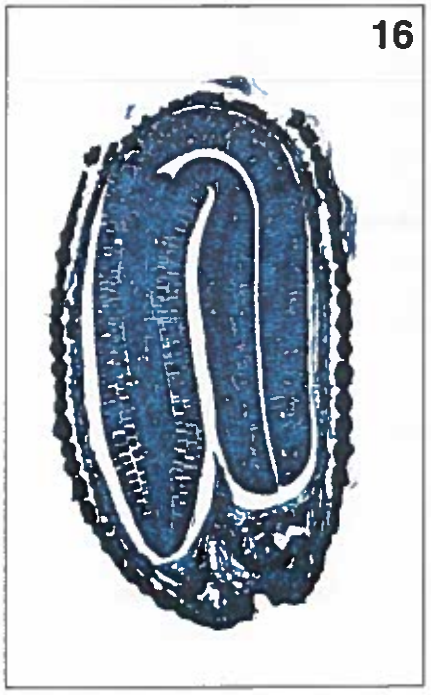

11


14


15


12


13


16

# MERISTEMOS

Durante las primeras etapas del desarrollo embrionario de las plantas, todas las células se dividen. Posteriormente la mayoría se diferencian o especializan, manteniéndose sin embargo en la planta adulta, algunas células agrupadas con capacidad de proliferar. Son los meristemos.

Los meristemos constan de células vivas en su madurez con paredes primarias particularmente delgadas (como corresponde a células que se dividen activamente).

**17.** Yema apical. Meristemo apical del tallo (flecha hueca) y dos primordios foliares (flechas). 40x.

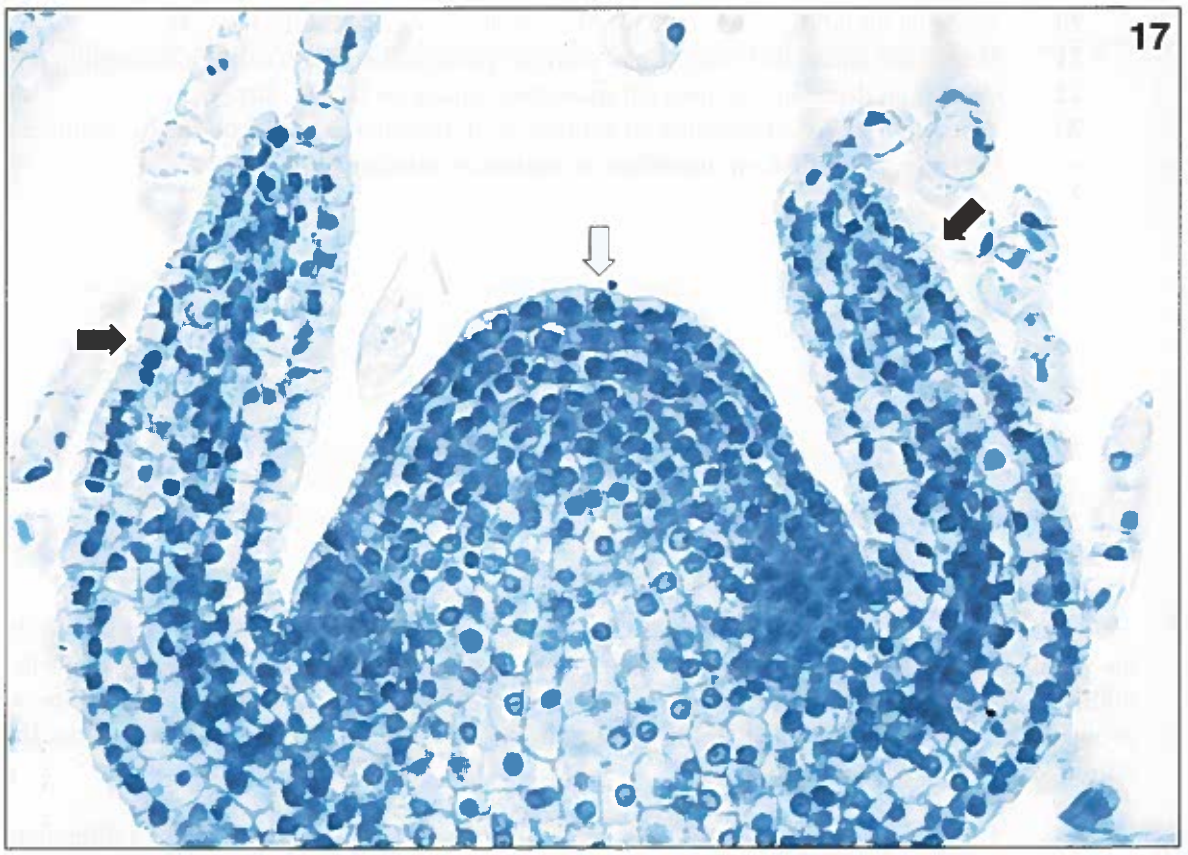
**18.** Yema axilar (flecha) por debajo del meristemo apical (flecha hueca). 20x.

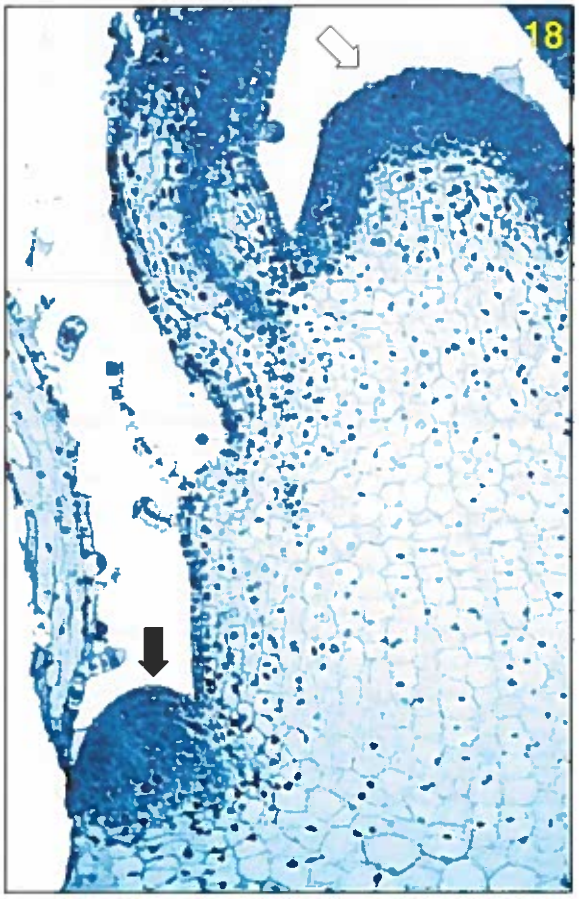
**19.** Meristemo de la yema axilar con células en división (flechas). 100x.

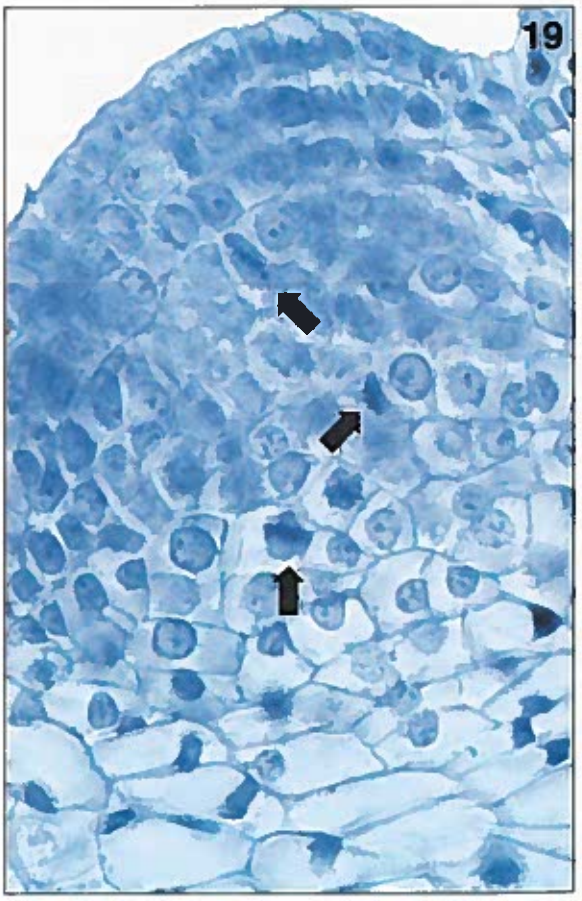
El meristemo apical del tallo es un meristemo terminal (17) a diferencia del de la raíz que es subterminal (21). En el del tallo no hay ninguna estructura por encima del mismo, mientras que en el de la raíz la cofia o caliptra lo envuelve parcialmente.

Los primordios foliares nacen por debajo del meristemo apical propiamente dicho aunque enseguida al crecer le alcanzan y superan (17). En épocas desfavorables estas hojas se modifican (las pérulas (imagen 281)) y envuelven absolutamente al meristemo, protegiéndolo.

A cierta distancia del meristemo apical del tallo -la distancia es el entrenudo- se localizan (en el nudo) las masas meristemáticas que originan las expansiones laterales del tallo (18). En estos meristemos se observan como en todos, células con paredes particularmente delgadas y abundantes células en división (19).


17

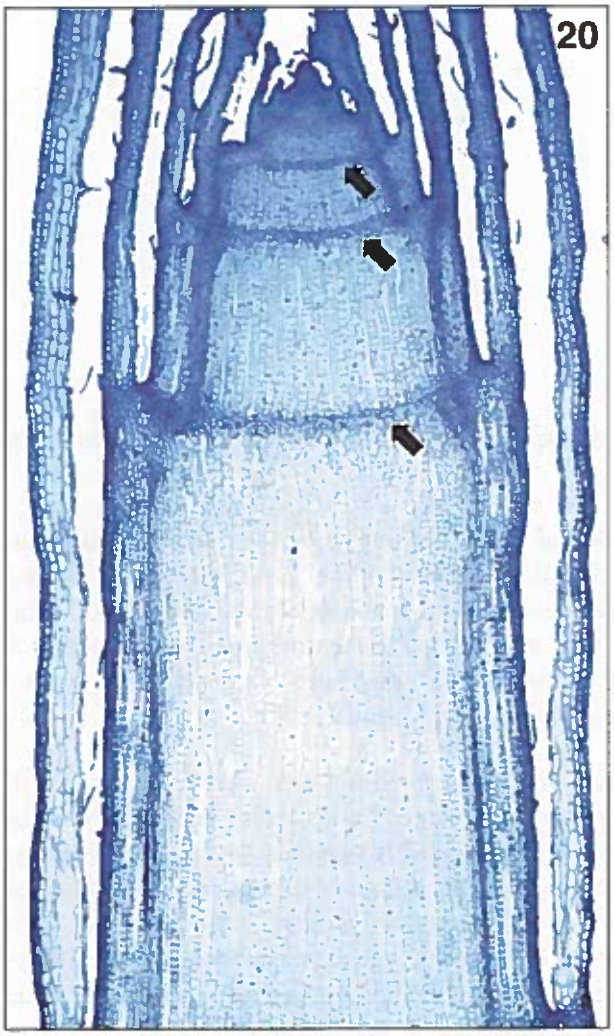

18

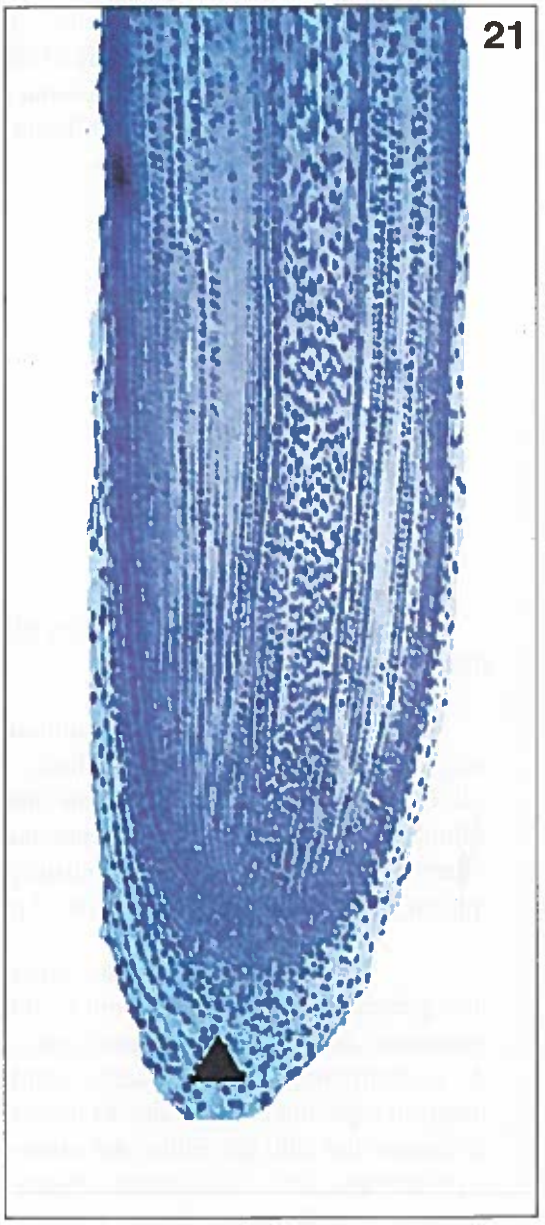

19

**20.** Ápice de un tallo en crecimiento. Meristemos intercalares (flechas). 4x.
**21.** Meristemo apical de la raíz. En el extremo presenta la cofia o caliptra (triángulo) 4x.
**22.** Celulas en división (flechas) del meristemo apical de la raíz. 40x.
**23.** Fases de la división mitótica en células de un meristemo apical de raíz: i: célula en interfase, p: profase, m: metafase, a: anafase, t: telofase. 100x.

Los meristemos que en mayor medida son responsables del crecimiento primario de las plantas (crecimiento en longitud) son los meristemos intercalares (20), localizados en los nudos. En las zonas apicales de los tallos en crecimiento se observa cómo gradualmente se produce un mayor distanciamiento entre los meristemos intercalares; o lo que es lo mismo, los entrenudos son cada vez más largos.

Los meristemos apicales de la raíz (21) son meristemos subterminales (a diferencia de los meristemos apicales del tallo (17)) por la presencia de la cofia o caliptra.


20


21


22

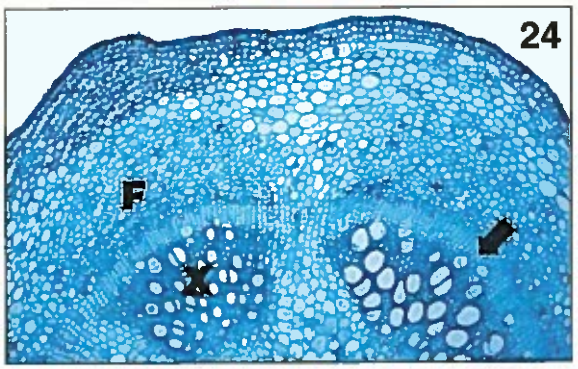

23
i
m
p
t
a

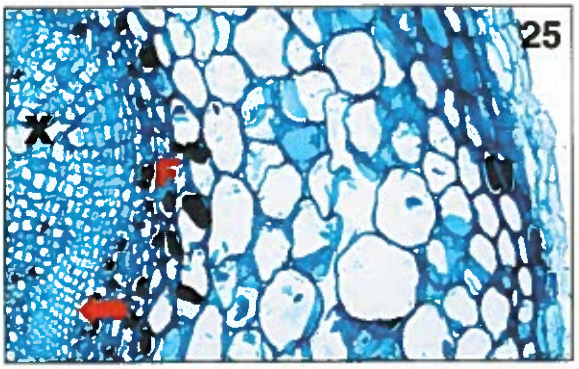
**24.** Procambium (flecha) entre el xilema (X) y el floema (F). 10x.
**25.** Cambium (flecha) entre el xilema (X) y el floema (F). 20x.
**26.** Procambium entre el xilema (X) y el floema (F). 40x.
**27.** Peridermis. Felógeno (flecha) por debajo de las células del suber (s). 40x.

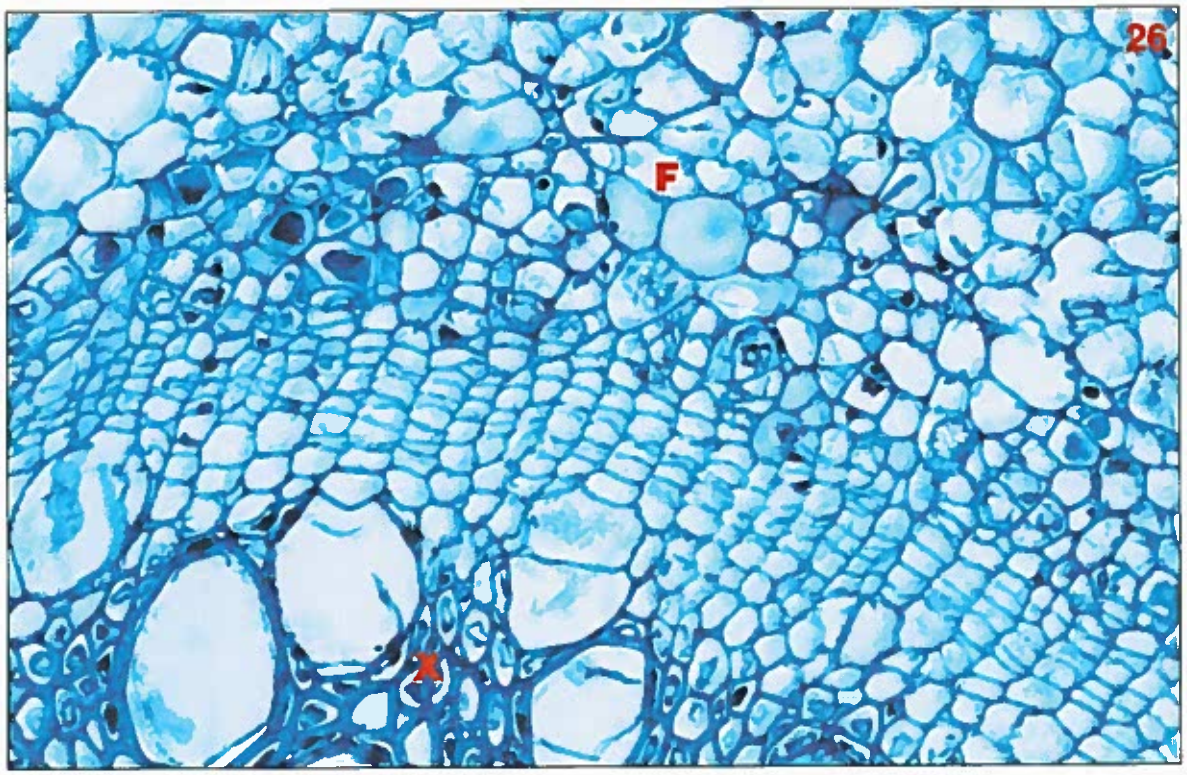
El procambium (24, 26) y el cambium vascular (25) son meristemos laterales de las plantas.

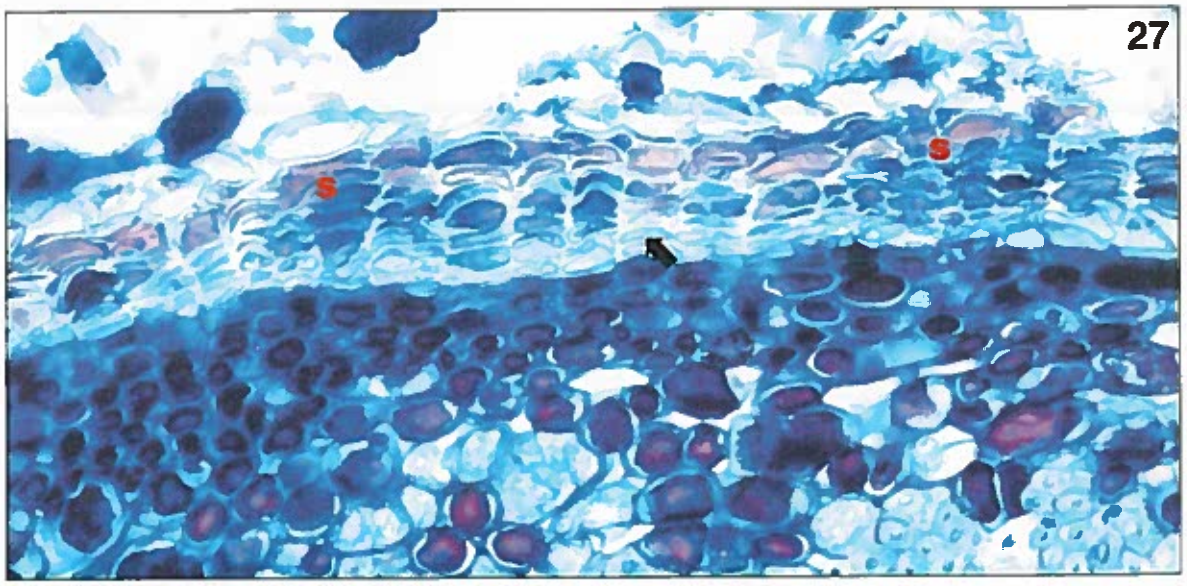
El procambium y el cambium constan de células que se dividen activamente y que originan hacia un lado floema y hacia el otro xilema. Es notable el hecho de que de las dos células que resultan de la división de una célula meristemática, una de ellas se diferenciará hacia célula del floema o del xilema atendiendo a lugar en el que se encuentre (próxima al floema o al xilema) y la otra permanecerá constituyendo el meristemo, y así sucesivamente de tal manera que en general, todo meristemo lateral procede de otro preexistente.

Una de las importantes excepciones a la norma anterior ("todo meristemo procede de otro preexistente") es el felógeno (27) que solamente aparece en las partes de las plantas que presentan crecimiento secundario (crecimiento en grosor). El felógeno se origina, en los tallos, de la desdiferenciación de ciertas células (fundamentalmente parenquimáticas) que ponen en juego su capacidad totipotente. El meristemo lateral así originado produce inmediatamente hacia el exterior del tallo las células del suber o corcho (imagen 213) que son eminentemente aislantes y protectoras. En la raíz con crecimiento secundario el felógeno, que también produce suber, se suele originar de otro tejido no inicialmente meristemático, el periciclo (225).


24
F
X


25
X
F


26
F
X


27
S
S

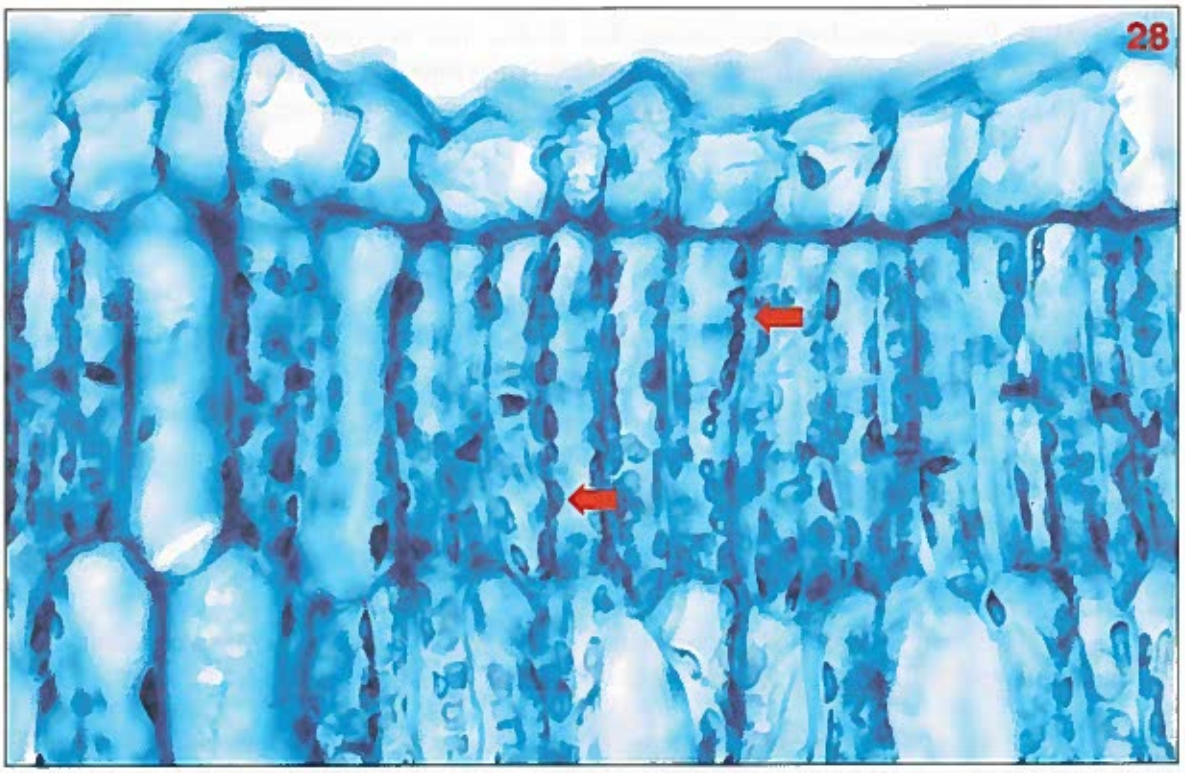
# PARÉNQUIMA

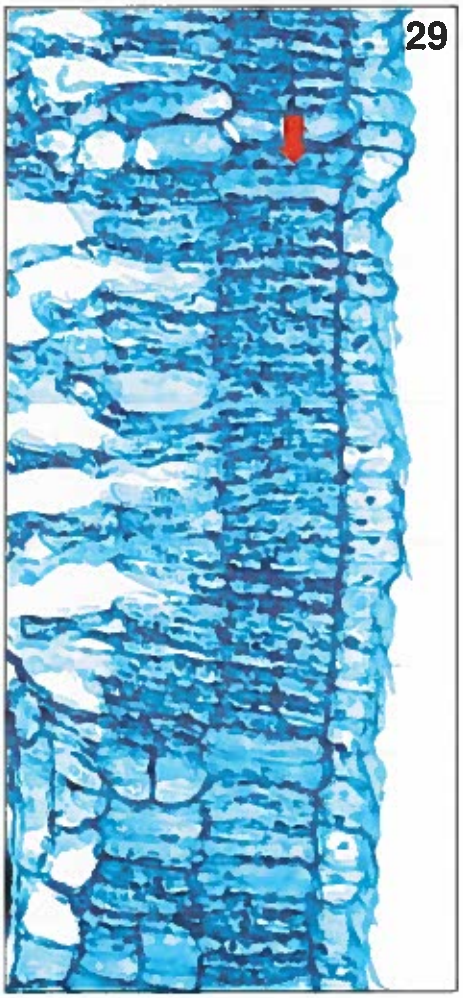
El parénquima es un tejido simple que consta de células vivas en su madurez y que presenta paredes primarias delgadas. Además sus células tienen la capacidad de desdiferenciarse, esto es, dejan de ser células parenquimáticas para convertirse en células meristemáticas a todos los efectos. Por otra parte, las células parenquimáticas pueden desarrollar paredes primarias gruesas hasta confundirse con células del colénquima, y pueden llegar a sintetizar pared secundaria en la que depositan lignina, confundiéndose en ese caso con células del esclerénquima.

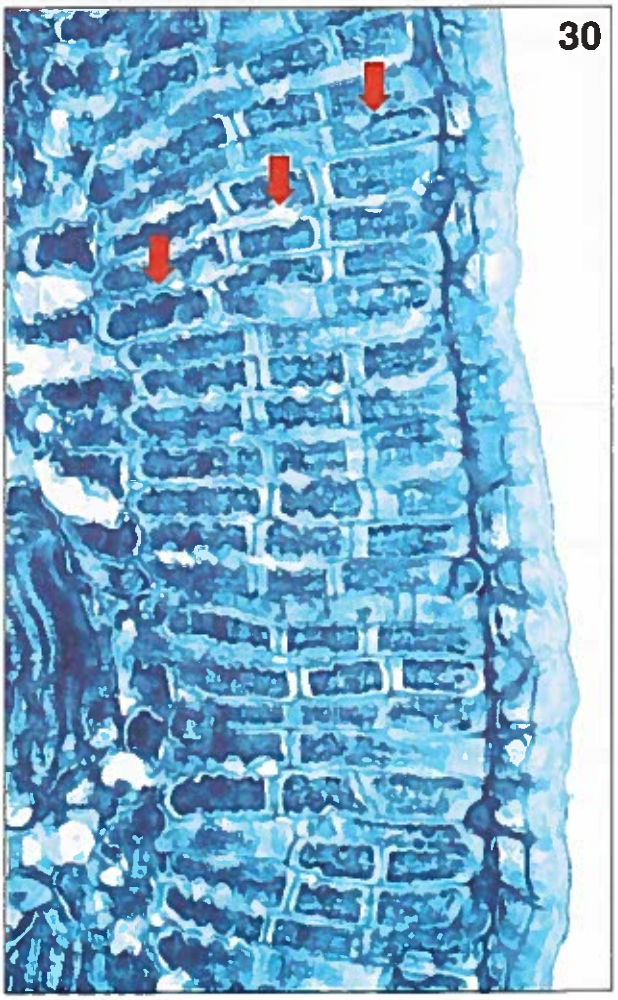
**28.** Parénquima clorofílico en empalizada. Las flechas indican cloroplastos. 100x.
**29.** Parénquima clorofílico en empalizada de una fila de células (flecha). 40x.
**30.** Parénquima clorofílico en empalizada de tres filas de células (flechas). 40x.

El color verde de las plantas se debe desde el punto de vista molecular a las clorofilas localizadas en los cloroplastos, desde el punto de vista celular a las células que presentan cloroplatos y, desde el punto de vista histológico a los parénquimas clorofílicos.

El parénquima clorofílico en empalizada (28, 29, 30) presenta células alargadas que apenas dejan espacios ente ellas. Se puede observar constituido por una sola capa de células o dos o tres o más, dependiendo entre otras cosas de la luz que reciben los órganos en los que se localiza. En el caso de los grandes árboles una de las diferencias entre las hojas de sol y las hojas de sombra es precisamente el número de capas del parénquima clorofílico en empalizada que presentan.


28

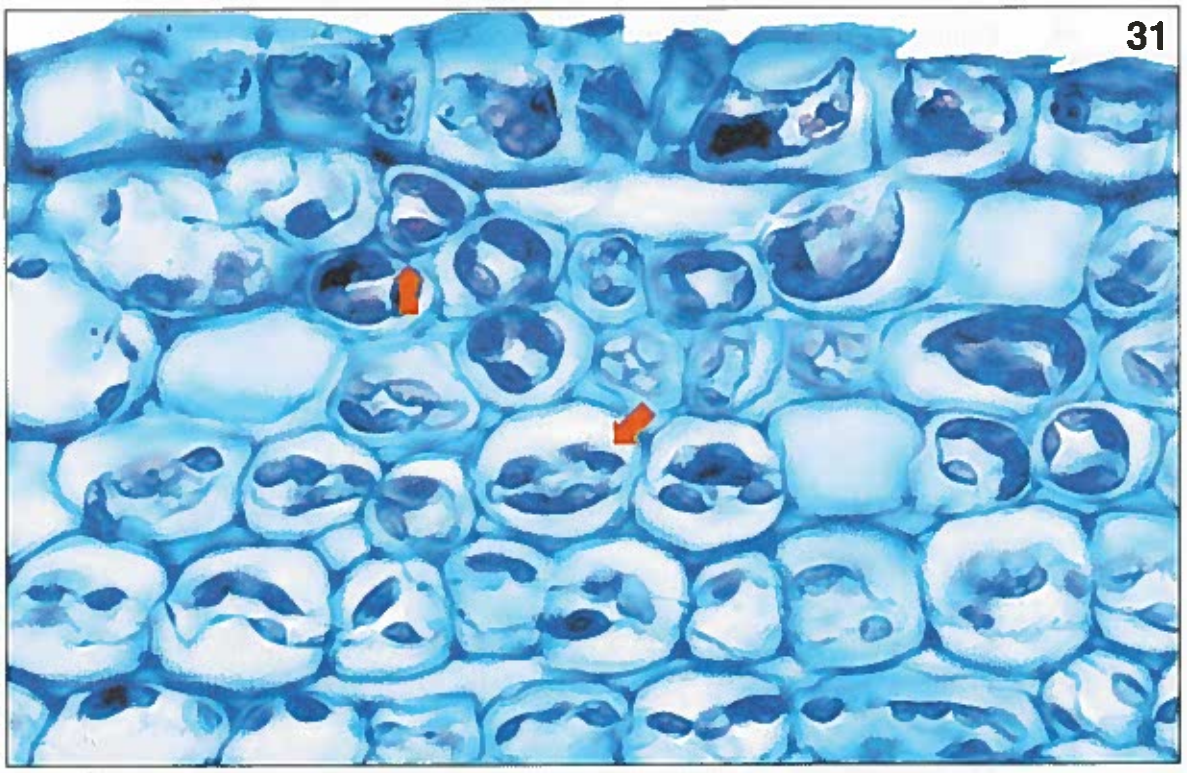

29

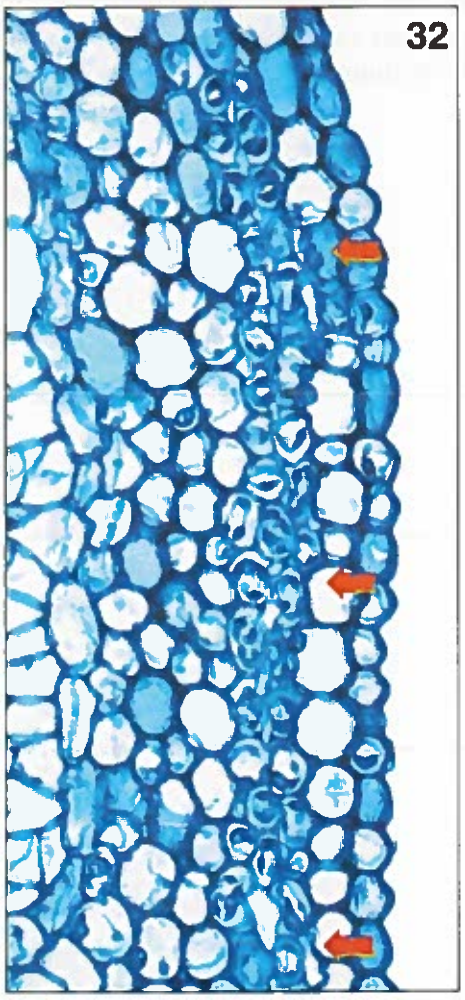

30

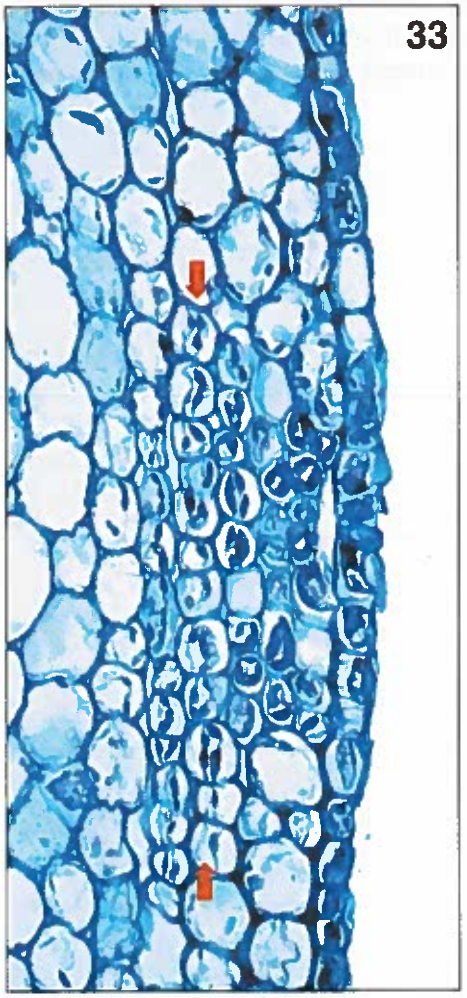
31. Parénquima clorofílico lagunar. Las flechas indican cloroplatos. 100x.
32. Parénquima clorofílico lagunar (flechas) que rodea un tallo. 40x.
33. Parénquima clorofílico lagunar (flechas) localizado en un lugar concreto de un tallo. 40x.

El parénquima clorofílico lagunar se caracteriza por presentar células redondeadas que normalmente dejan espacios entre sí (31).

Mientras el parénquima clorofílico en empalizada es frecuente en hojas de dicotiledóneas, el parénquima clorofílico lagunar se localiza preferentemente en tallos, en peciolos y en hojas de monocotiledóneas, donde puede observarse por debajo de la epidermis recorriendo toda la estructura (32) o bien en agrupaciones de más o menos células (33).


31

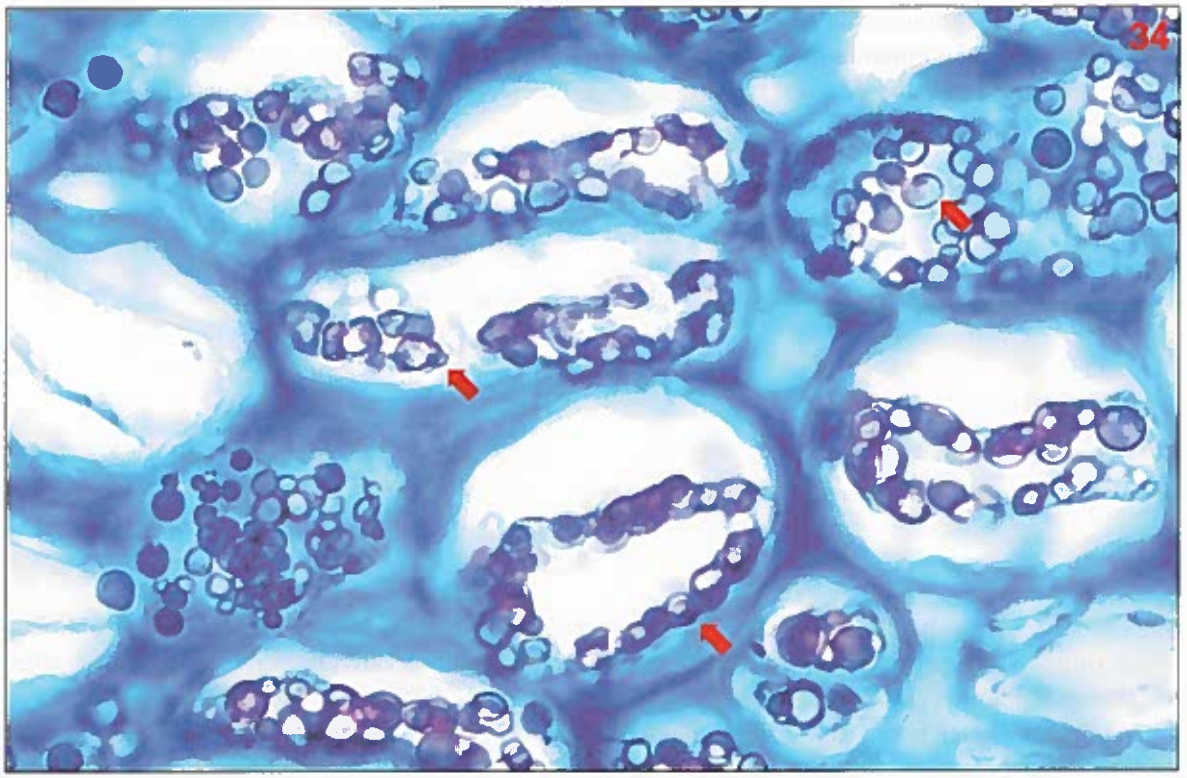

32

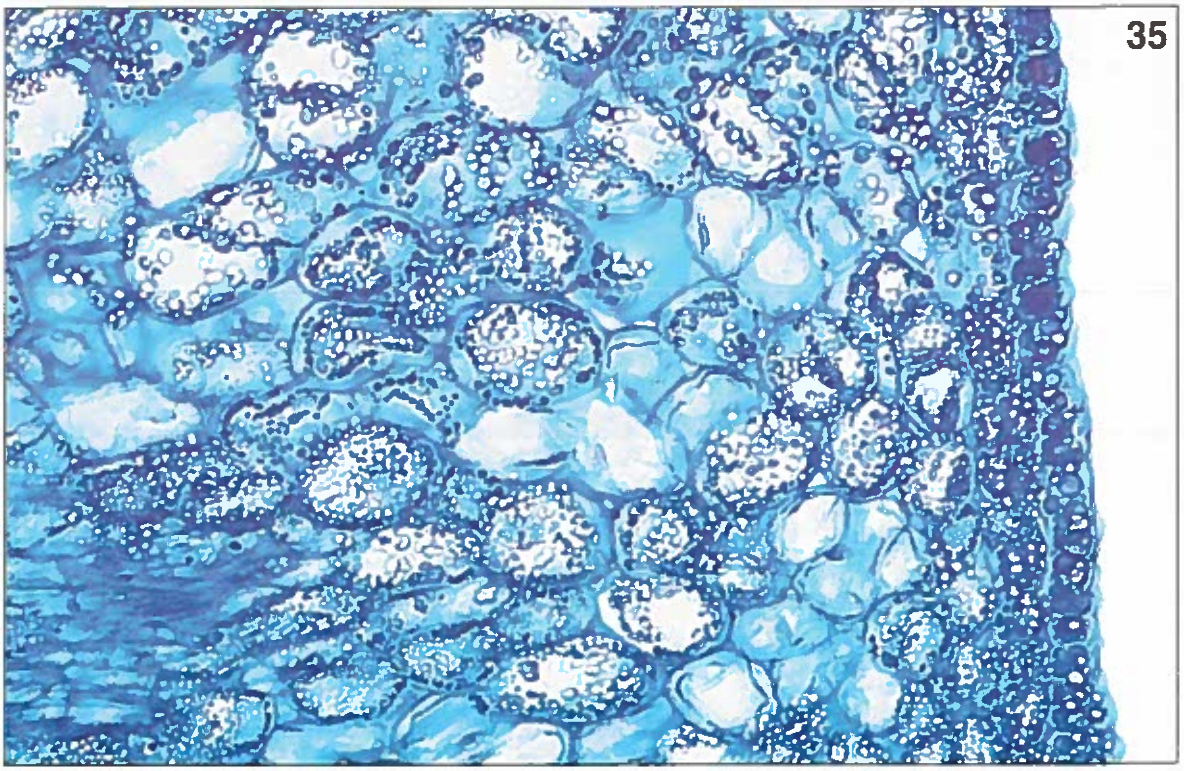

33

**34.** Células con cromoplastos (flechas). 100x.
**35.** Cromoplastos en un gran número de células. 40x.

En una primera aproximación a los plastos, se pueden establecer dos grupos: los plastos que proporcionan color (los cloroplastos y los cromoplatos) y aquellos que no lo proporcionan (los leucoplastos).

Los cromoplastos son plastos no fotosintetizadores que no contienen clorofilas, si no que sintetizan y almacenan pigmentos -no fotosintéticos- como carotenoides y otros. Es frecuente observar cromoplastos en grandes agrupaciones celulares, siendo los responsables de los colores no verdes de las plantas particularmente en frutos.


34

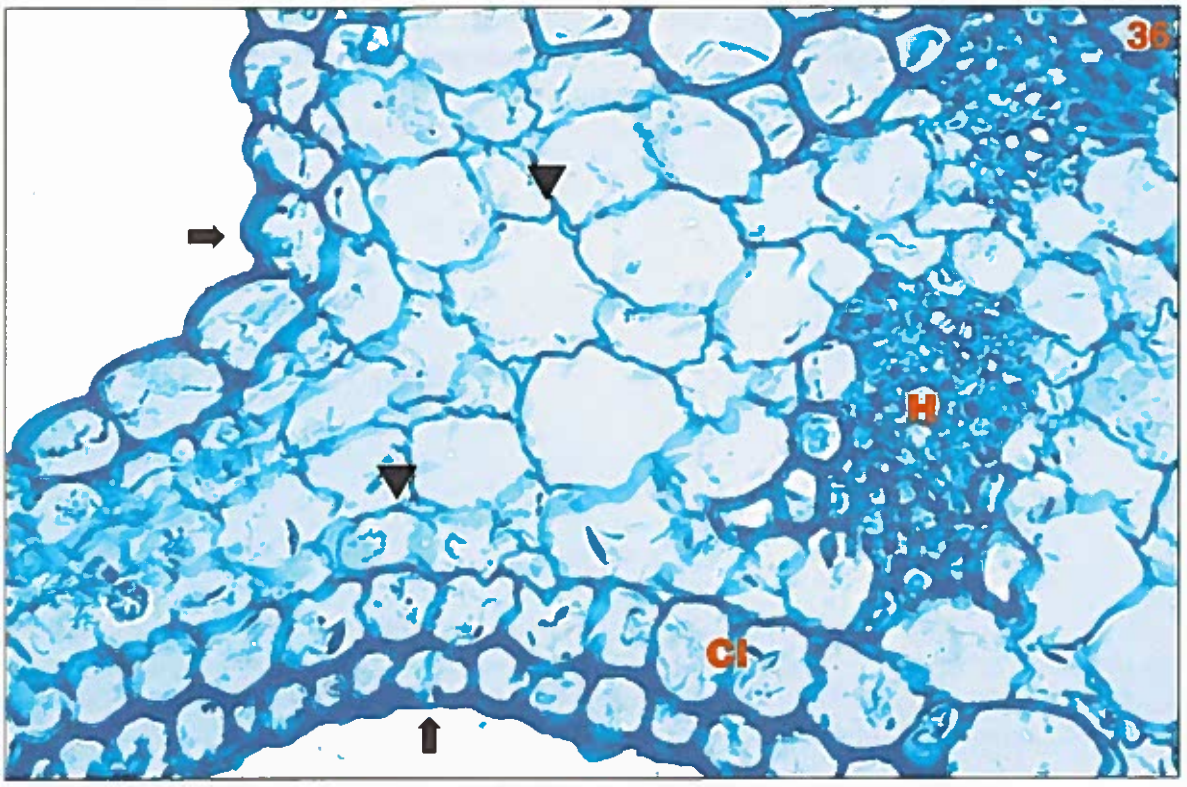

35

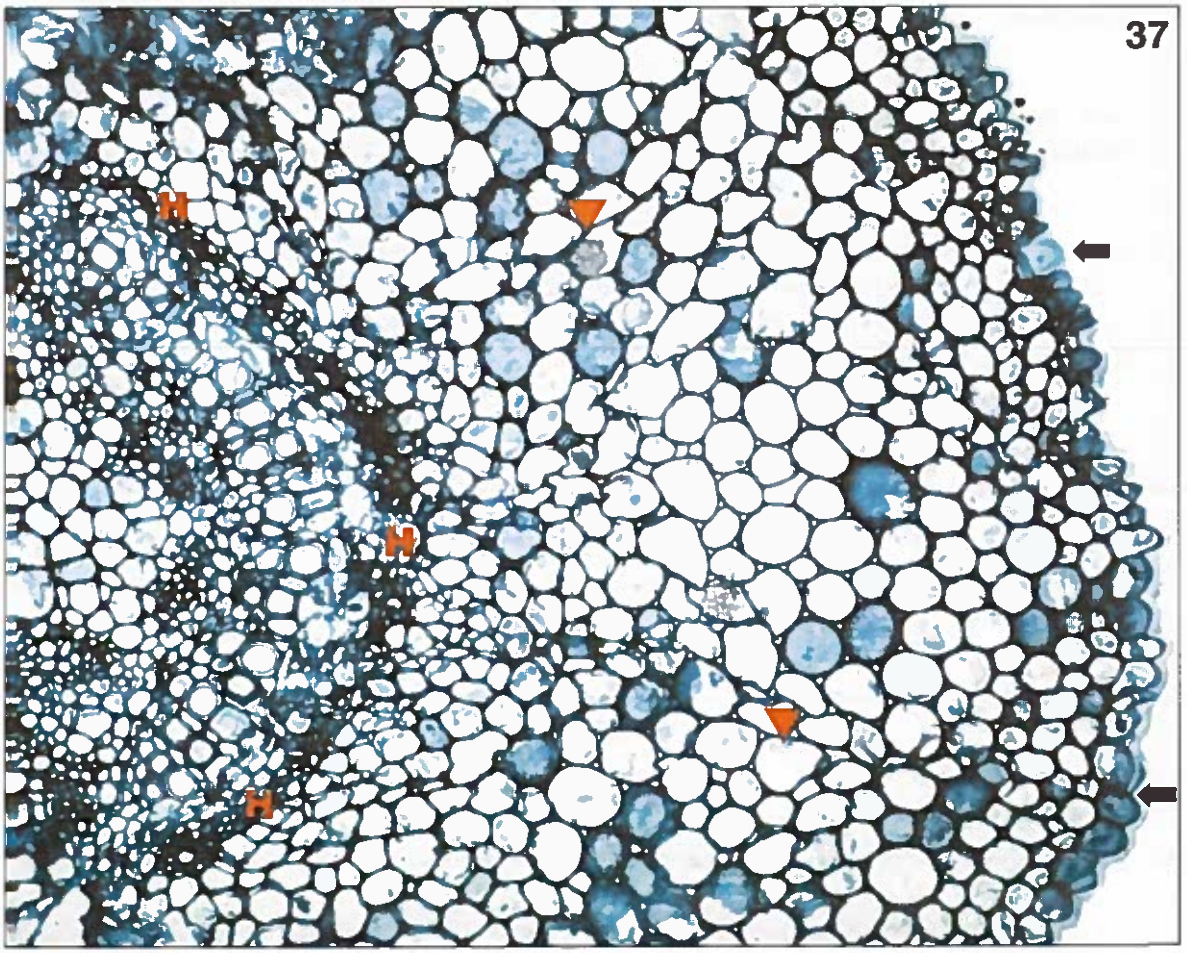
**36.** Parénquima de reserva (triángulos). Flechas: epidermis. H: haz vascular. Cl: colénquima laminar. 40x.

**37.** Parénquima de reserva (triángulos). Flechas: epidermis. H: haces vasculares. 20x.

Hay parénquimas especializados en realizar la fotosíntesis, otros especializados en permitir el transporte de aire, etc., y otros que se observan en órganos diversos, entre determinados tejidos o estructuras y que parecen estar solamente rellenando espacios. Es el parénquima de reserva (36, 37) que tiene materiales diversos aunque la miscroscopía óptica de rutina no permite detectarlos. Téngase en cuenta que las células parenquimáticas son células metabólicamente muy activas y por tanto muy ricas en contenido.

No se ha de olvidar que aunque existe un paréquima especializado en la acumulación de agua (el parénquima acuifero) todas las células parénquimáticas están altamente vacuolizadas, de tal manera que todas las células parenquimáticas representan una importante reserva hídrica de las plantas.


36
H
Cl


37
H
H
H

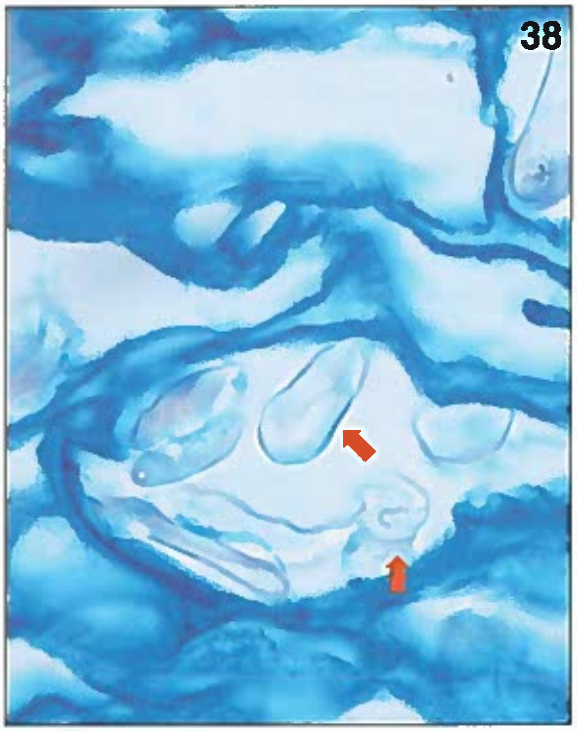
**38.** Parénquima de reserva. Amiloplastos (fechas). 100x.
**39.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.
**40.** Parénquima de reserva. Amiloplastos (fechas). 100x.
**41.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.

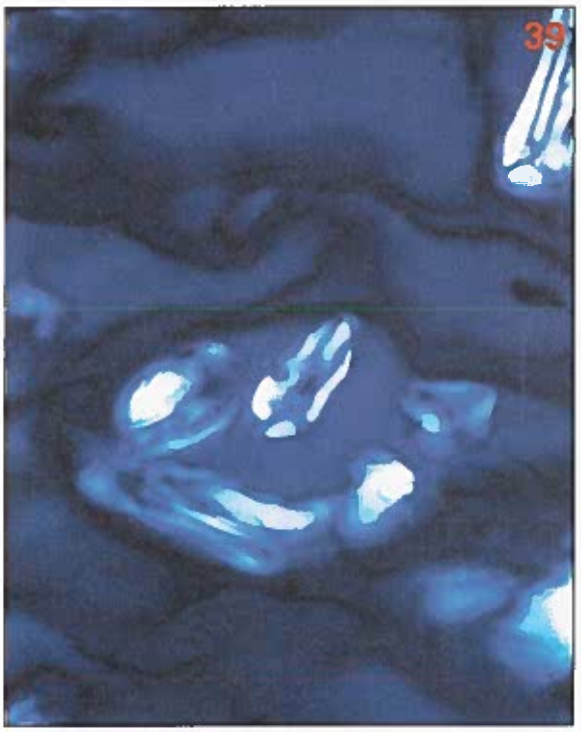
El parénquima acumulador de materiales energéticos es muy abundante en las plantas en general y en las raíces y semillas en particular. Al contrario que el parénquima de reserva observado en las imágenes anteriores, en este caso los materiales acumulados (el almidón en los amiloplastos) son conspicuos.

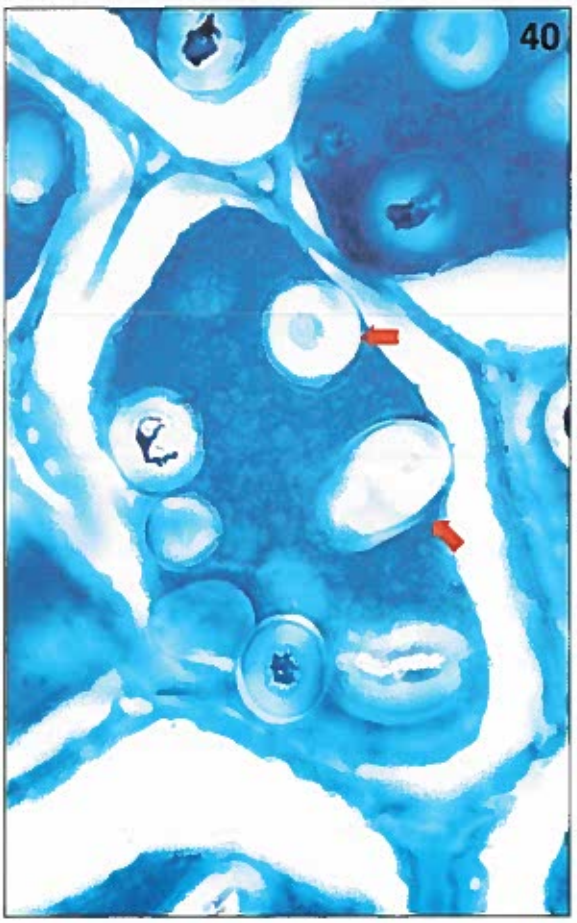
En las plantas el almidón se localiza exclusivamente en los cloroplastos (donde se sintetiza) y en los amiloplastos (38, 40) (donde se acumula), llamados por algunos autores granos de almidón.

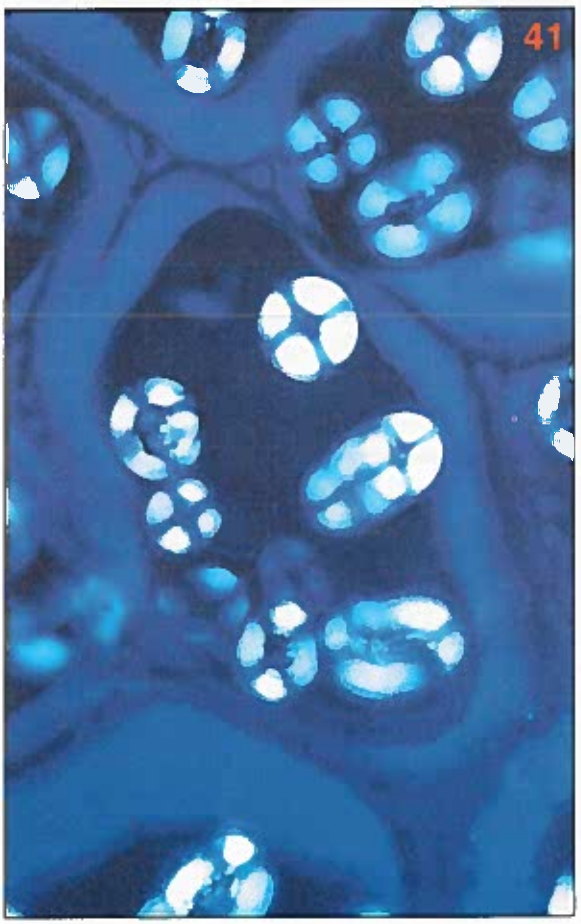
Habitualmente el almidón en los amiloplastos se acumula en capas concéntricas lo cual determina su actividad óptica y por tanto que sean visibles con el microscopio de polarización (39, 41).

La disposición del almidón de los amiloplastos en las citadas capas concéntricas respecto de un punto (el hilo) es característico de cada especie, o de cada grupo de especies, lo cual hace útiles a los amiloplastos en taxonomía. Obsérvese que los de la imagen 38 (correspondientes al fruto de *Musa* (plátano)), son distintos de los de la imagen 40 (correspondientes a la semilla de *Phaseolus* (alubia)).


38


39

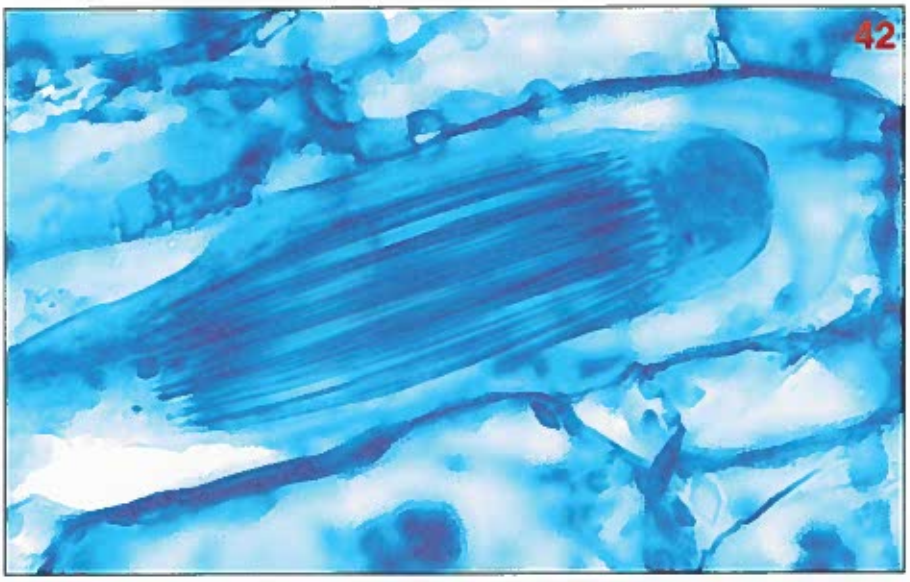

40

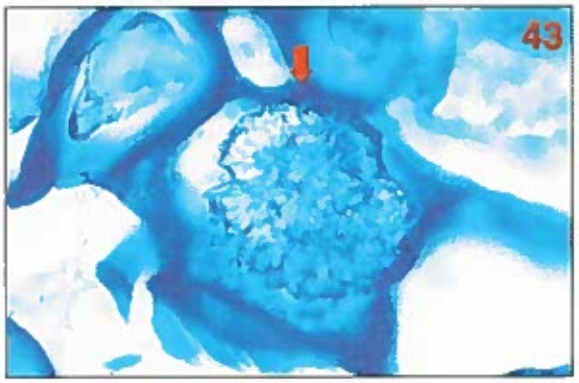

41

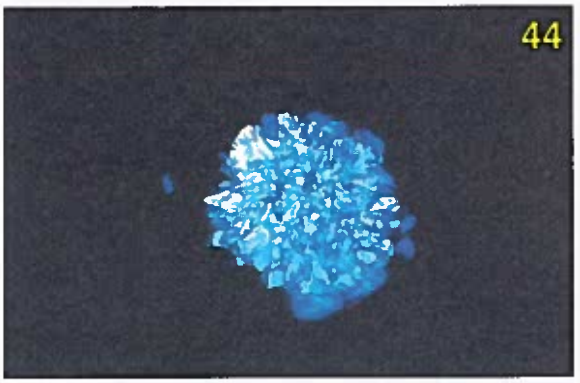
**42.** Idioblasto con ráfides. 100x.
**43.** Drusa (flecha). 100x.
**44.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.
**45.** Prismas (flecha). 100x.
**46.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.
**47.** Ráfides (flecha). 40x.
**48.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 40x.

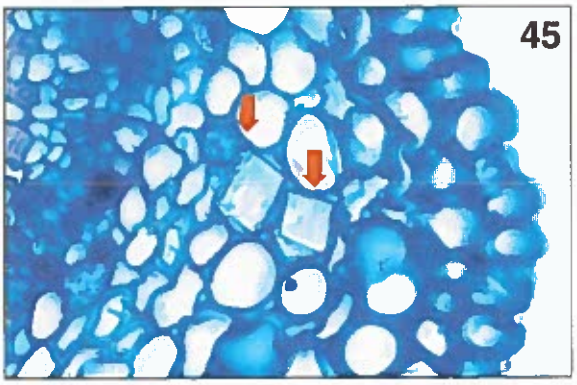
Un idioblasto es una célula o un conjunto pequeño de células de determinado tipo (en este caso una con ráfides (42)) rodeada de otras de distinto tipo que predominan. Los idioblastos cristalinos son frecuentes.

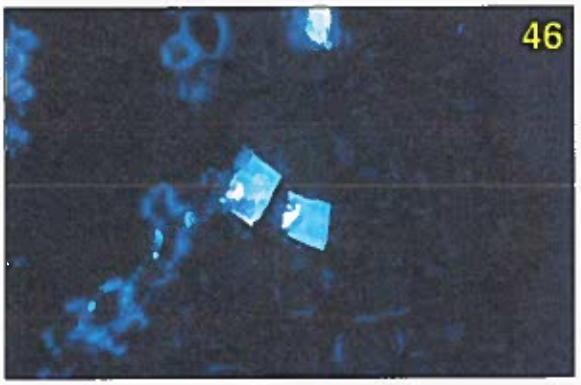
Drusas (43), prismas (47) y ráfides (42, 47) son inclusiones cristalinas de oxalato cálcico, especialmente abundantes en plantas con baja tolerancia al calcio (consiguen mantener bajos niveles de calcio al precipitar éste con oxalato dando lugar a los cristales de oxalato cálcico). Los cristales son anisótropos y por tanto fácilmente detectables con el microscopio de polarización (44, 46, 48).

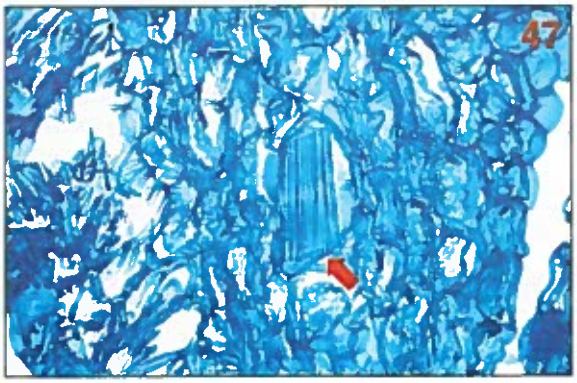

42

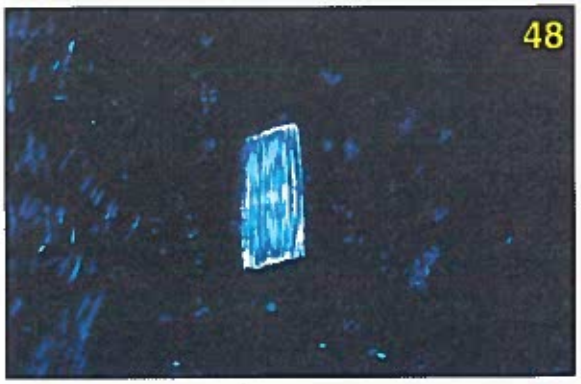

43


44


45

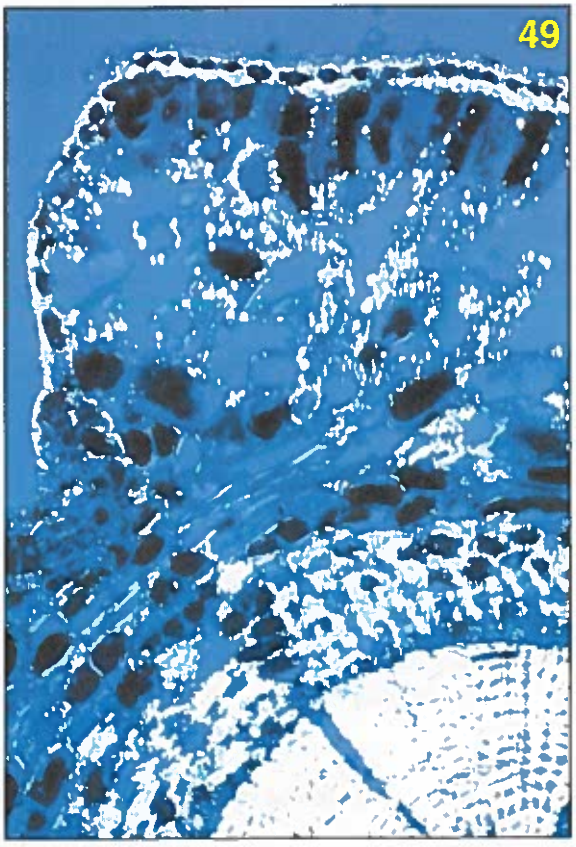

46

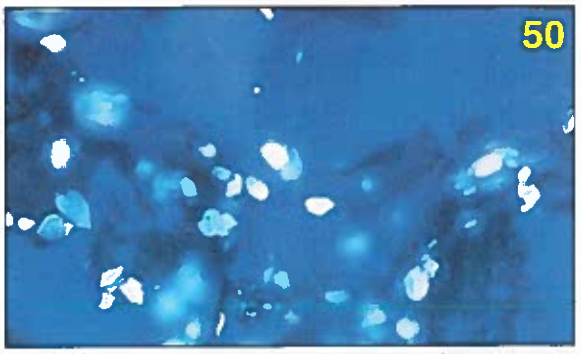

47


48

**49.** Microcristales dispersos. Microscopio de polarización. 40x.
**50.** Microcristales dispersos. Detalle de la anterior. Microscopio de polarización. 100x.
**51.** Microcristales agrupados (flechas). Microscopio de polarización. 20x.
**52.** Microcristales agrupados (flecha). Detalle de la anterior. 100x.
**53.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.
**54.** Cristales esféricos. 40x.
**55.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 40x.

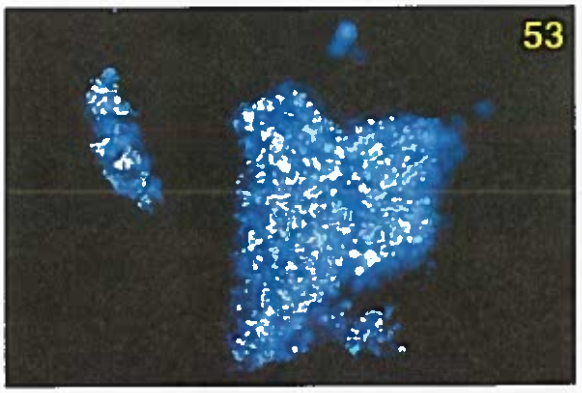
Los cristales de oxalato cálcico no se presentan en las plantas solamente en forma de drusas, prismas y ráfides. También se pueden observar como arenilla o microcristales dispersos (49, 50) (en este caso en hoja de *Cupressus* (ciprés)), como arenilla o microcristales agrupados en grandes masas (51, 52) (en este caso en tallo de *Solanum* (tomate)), o como cristales esféricos (54, 55).

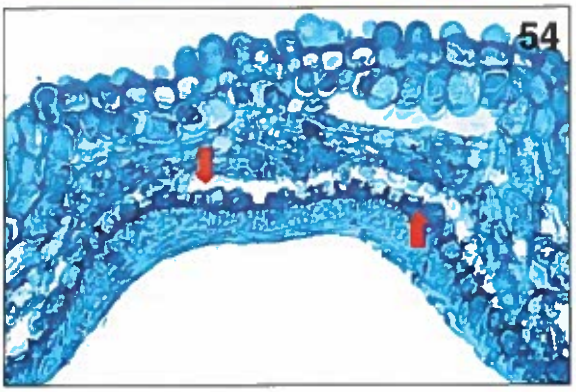

49

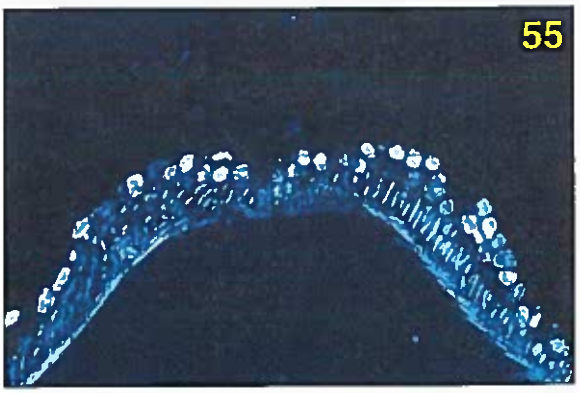

50


51


52


53

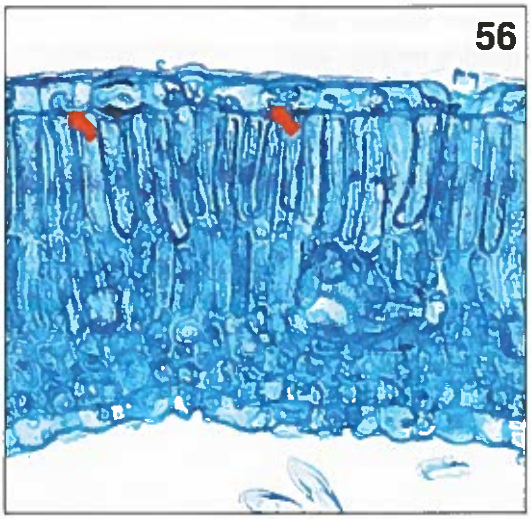

54


55

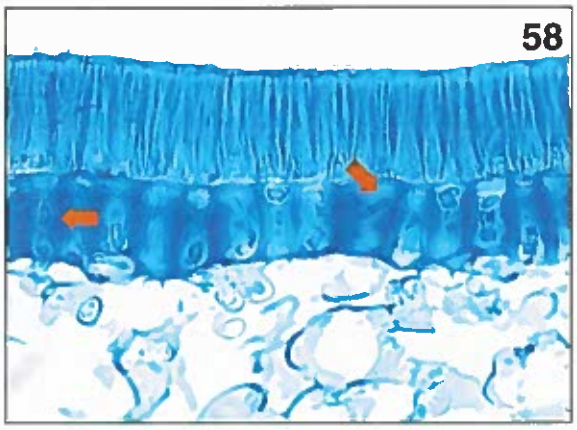
**56.** Cristales en el interior de células epidérmicas (flechas). 40x.
**57.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 40x.
**58.** Cristales en el interior de esclereidas (flechas). 40x.
**59.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 40x.
**60.** Cristales en el interior de células con cloroplastos (flechas). 100x.
**61.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.
**62.** Cristales en la pared de esclereidas (flechas). 40x.
**63.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 40x.

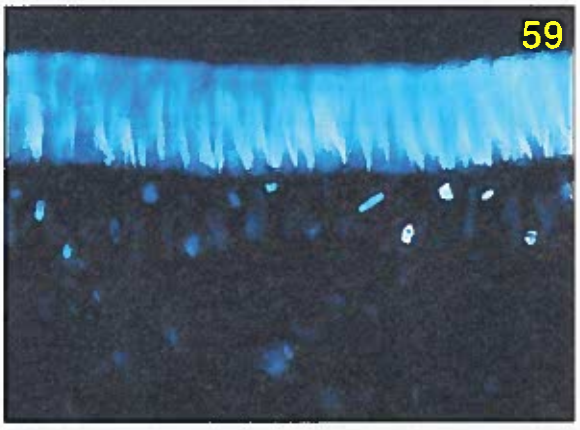
Los cristales de oxalato cálcico no solamente se observan como idioblastos en el parénquima, también se pueden localizar en otros lugares: en células epidérmicas (56), en el interior de osteoesclereidas (58), en el interior de células con cloroplastos (60) o en el exterior de la pared de astroesclereidas (62).

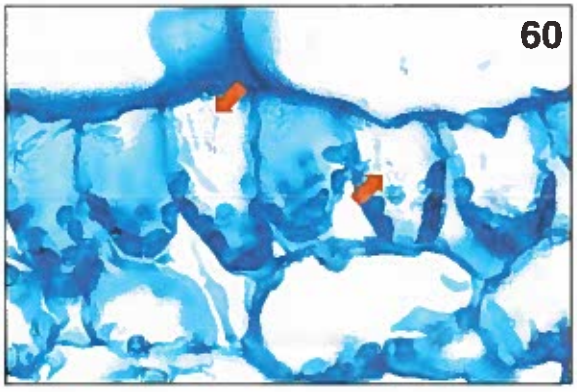
En determinadas células epidérmicas se localizan inclusiones de carbonato cálcico, los cistolitos, que se muestran en las imágenes 172, 173, 174.

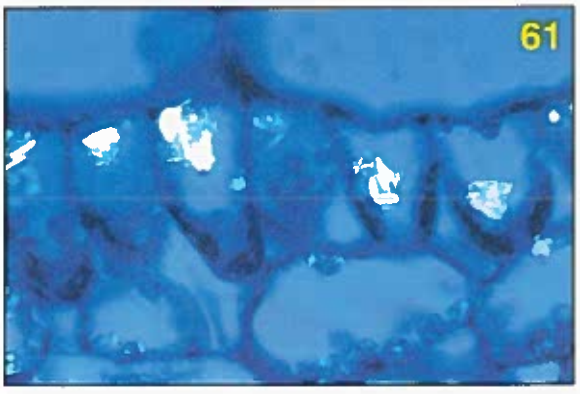

56

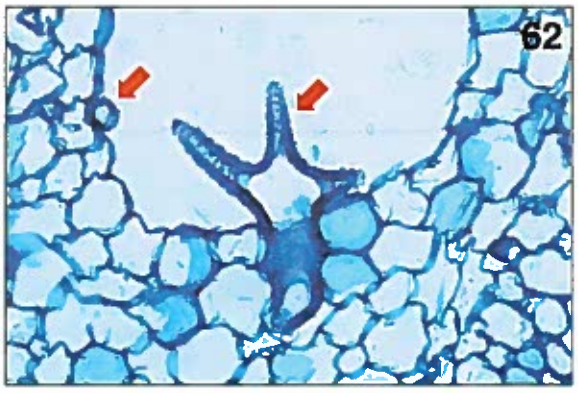

57


58


59


60


61

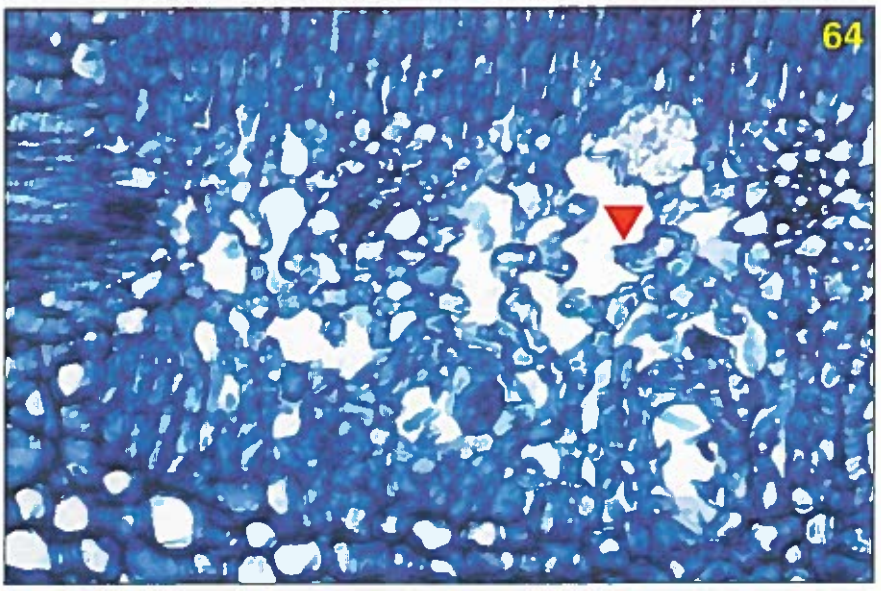

62

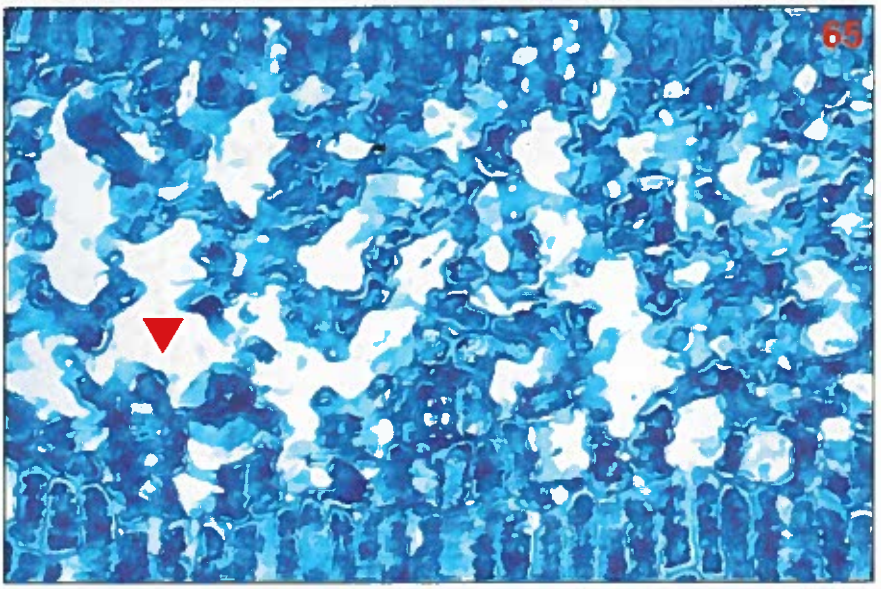

63

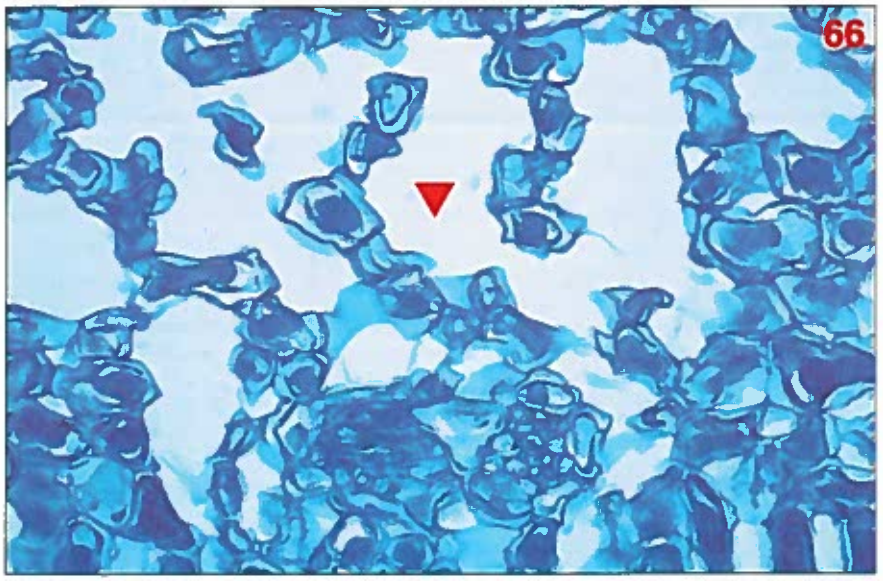
**64.** Parénquima aerífero. El triángulo indica los meatos. 40x.
**65.** Parénquima aerífero. El triángulo indica los meatos. 40x.
**66.** Parénquima aerífero. El triángulo indica los meatos. 40x.

El parénquima aerífero o aerénquima es un parénquima especializado en el transporte de aire, concretamente es un parénquima con meatos más o menos grandes por los que circula el aire. Es frecuente que sus células presenten cloroplastos.

En las imágenes se muestran distintos grados de desarrollo de dicho parénquima: de menos (64) a más desarrollado (66).


64

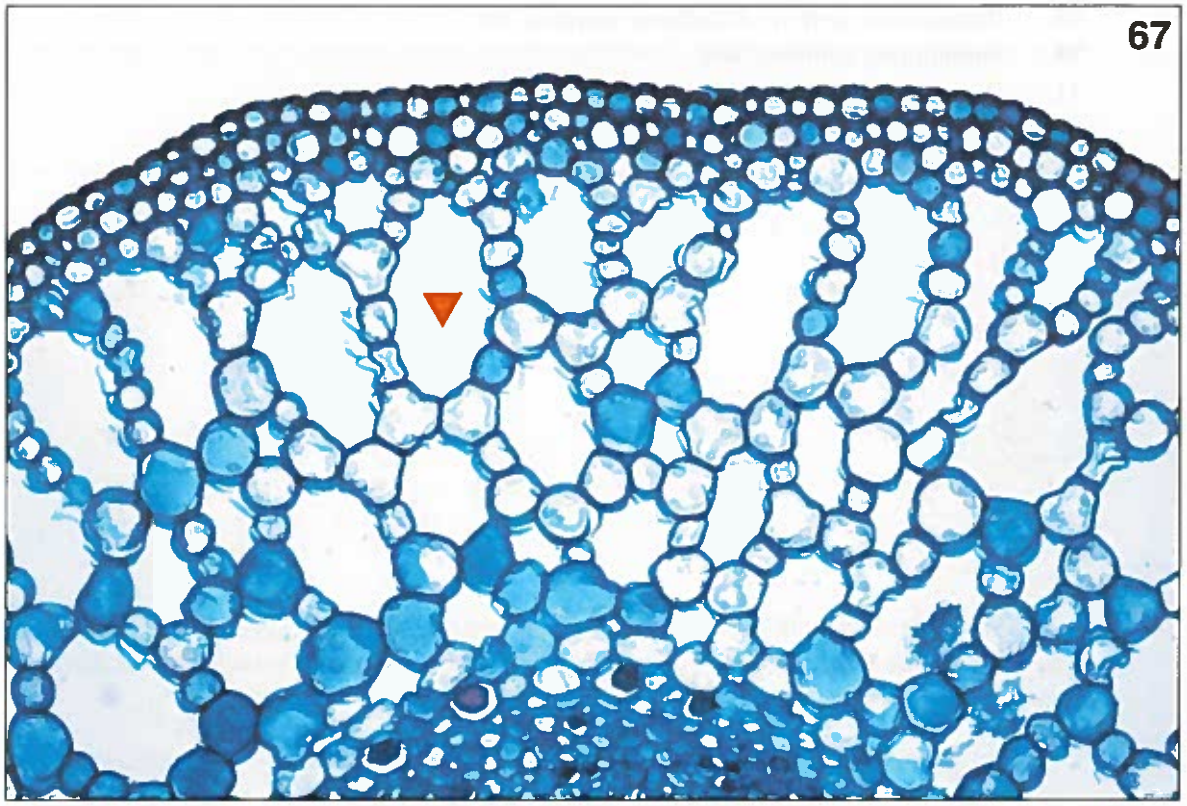

65

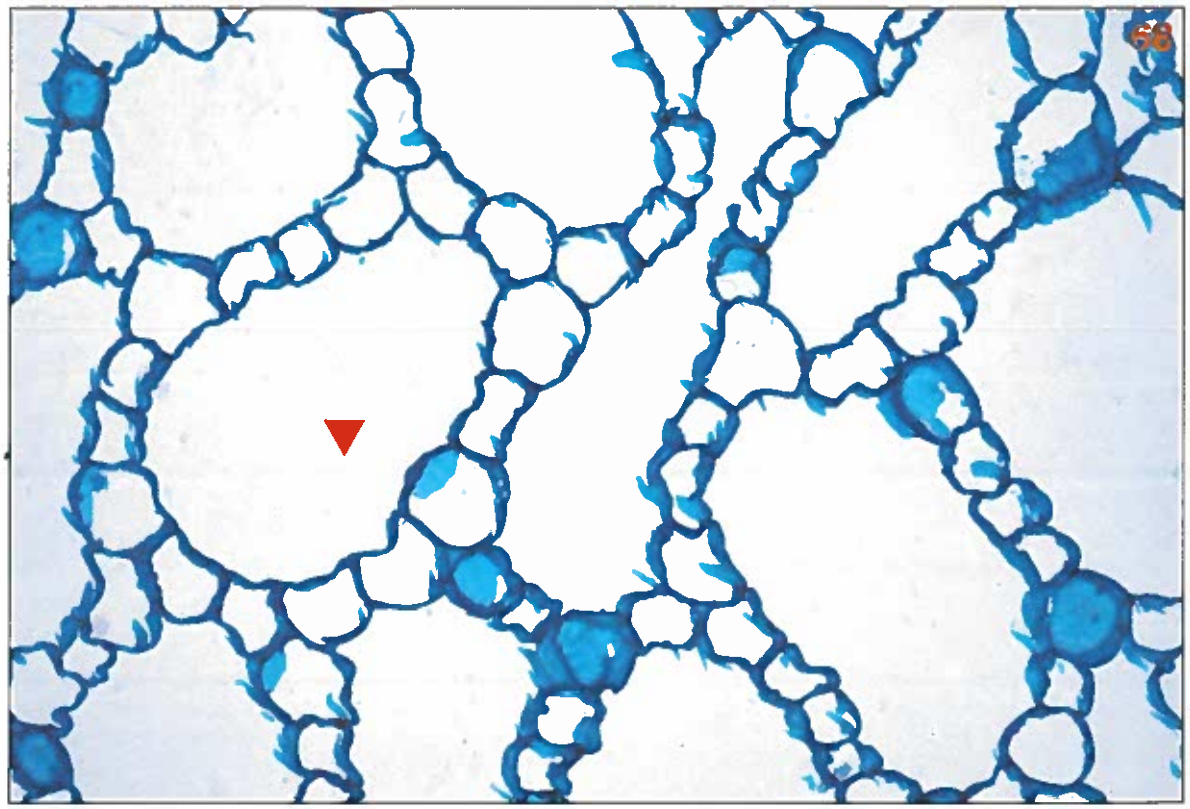

66

**67.** Parénquima aerífero. El triángulo indica los meatos. 20x.
**68.** Parénquima aerífero. El triángulo indica los meatos. 20x.

El parénquima aerífero está especialmente desarrollado en plantas hidrófitas (67 corresponde a *Polygonum* y 68 a *Mentha* (menta acuática)), permitiendo la aireación de los tejidos sumergidos.

Téngase en cuenta al comparar estas imágenes con las anteriores, el número de aumentos de todas ellas.

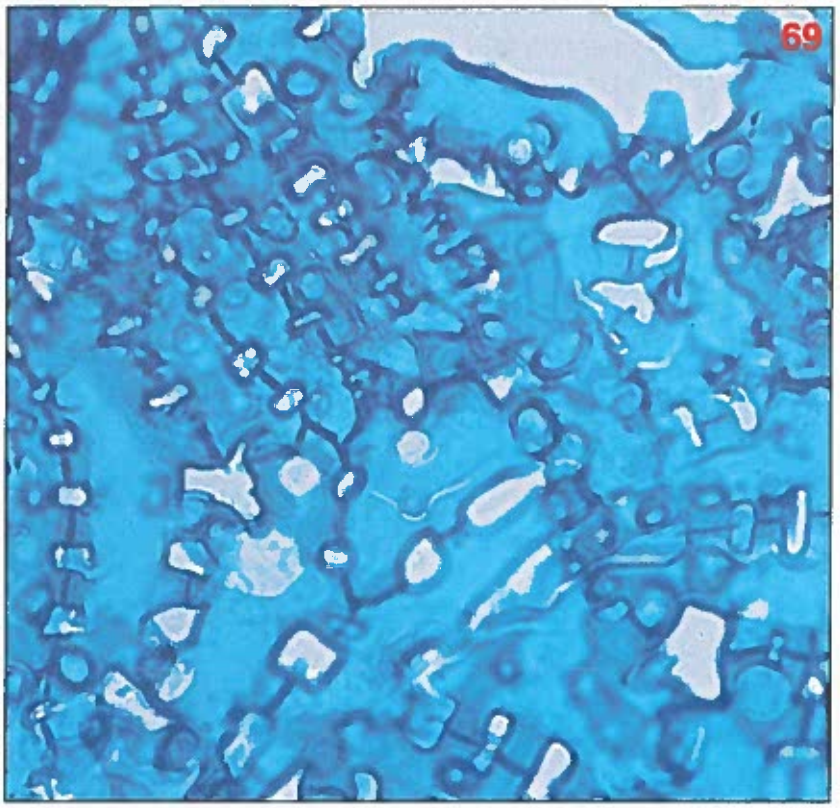

67


68

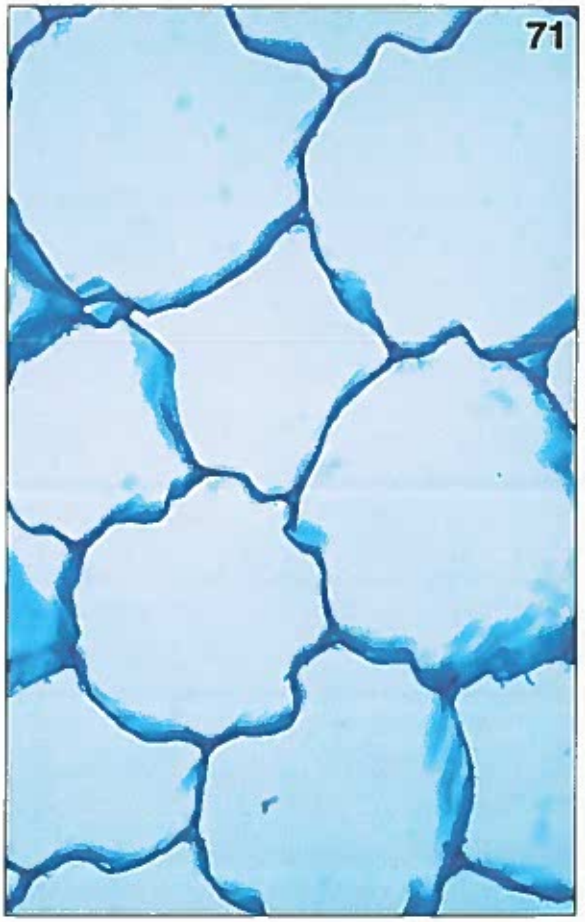
**69.** Parénquima aerífero. Células en estrella. 20x.
**70.** Parénquima acuífero. 40x.
**71.** Parénquima acuífero. 40x.

Las células en estrella constituyen un parénquima aerífero especial. Son células que se encuentran unidas unas a otras solamente por las expansiones, más o menos evidentes, que presentan.

El parenquima acuífero es un parenquima especializado en el almacenamiento de agua. Son células particularmente grandes (compárese el tamaño de sus células con el de los otros parénquimas) y con las paredes muy delgadas. Carece de cloroplastos.


69


70


71

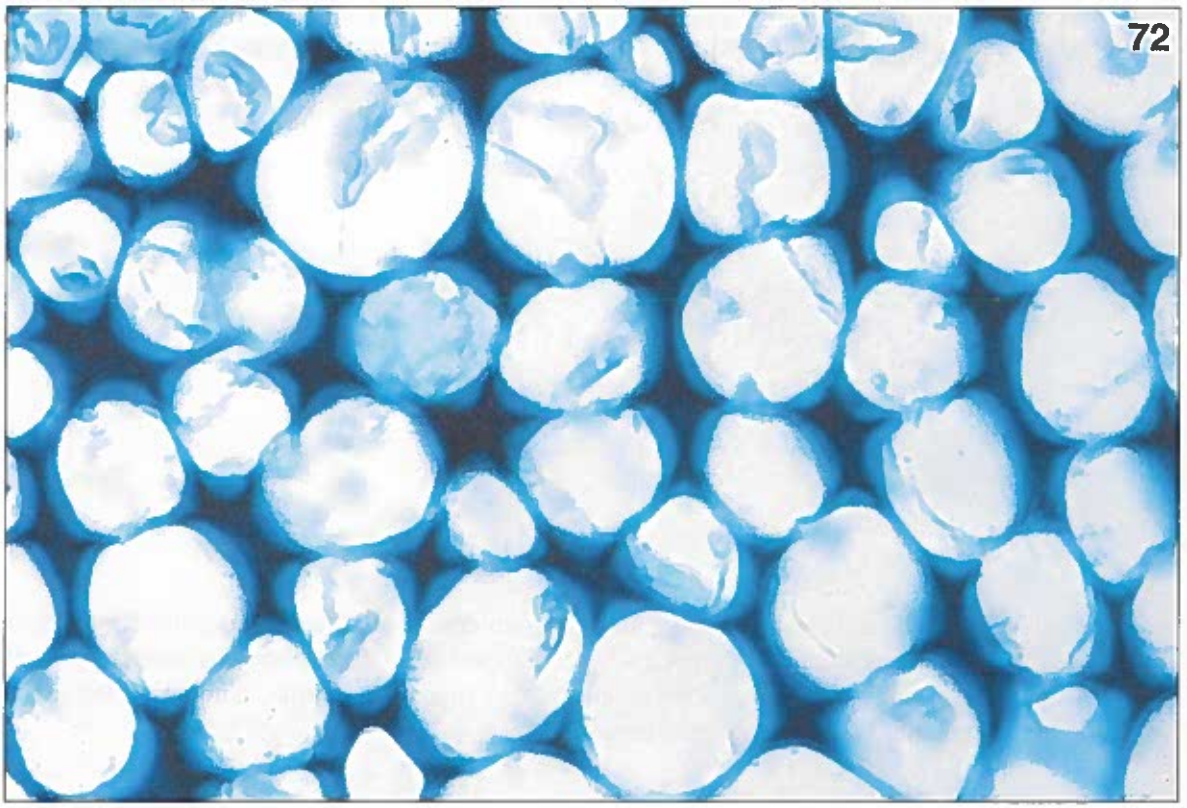
# COLÉNQUIMA

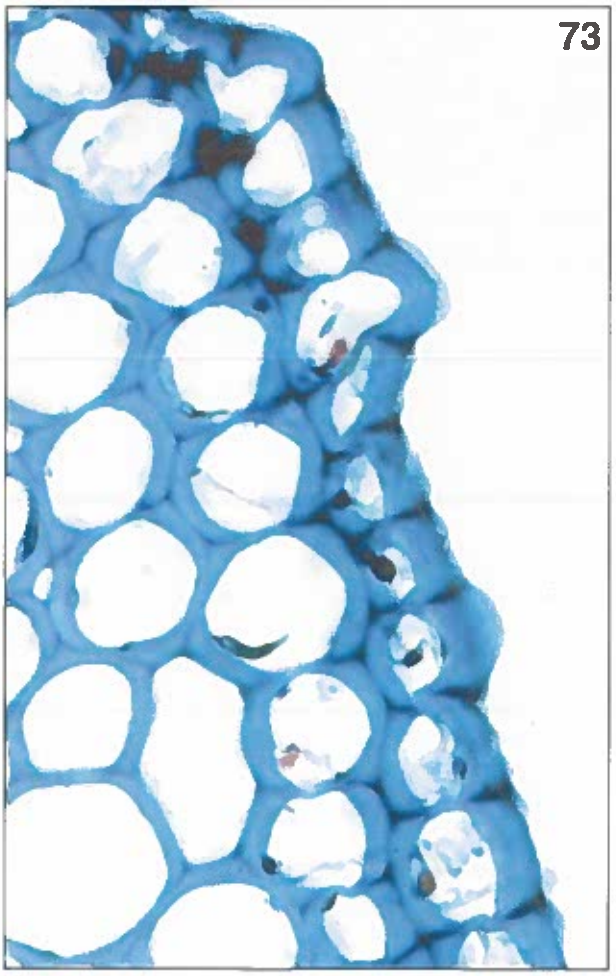
El colénquima es un tejido simple que consta de células vivas en su madurez y que presentan paredes primarias especialmente engrosadas. Es el tejido de sostén de, preferentemente, los órganos en crecimiento. Presenta junto con el parénquima la capacidad de desdiferenciarse convirtiéndose en ese caso en células meristemáticas que potencialmente se pueden diferenciar en cualquier tipo celular. En ocasiones sus células pueden presentar cloroplastos.

**72.** Colénquima angular. 100x.
**73.** Colénquima laminar. 100x.
**74.** Colénquima laminar en sección longitudinal. 100x.

El colénquima angular (72) presenta los engrosamientos de la pared en los puntos de contacto de tres o más células. El colénquima laminar (73, 74) presenta los engrosamientos en las paredes tangenciales, estando muy poco engrosadas las paredes radiales. Ambos tipos de colénquimas no suelen presentar espacios intercelulares.

El colénquima angular está particularmente desarrollado en las costillas de las labiadas (254). El colénquima laminar suele disponerse inmediatamente por debajo de la epidermis.


72

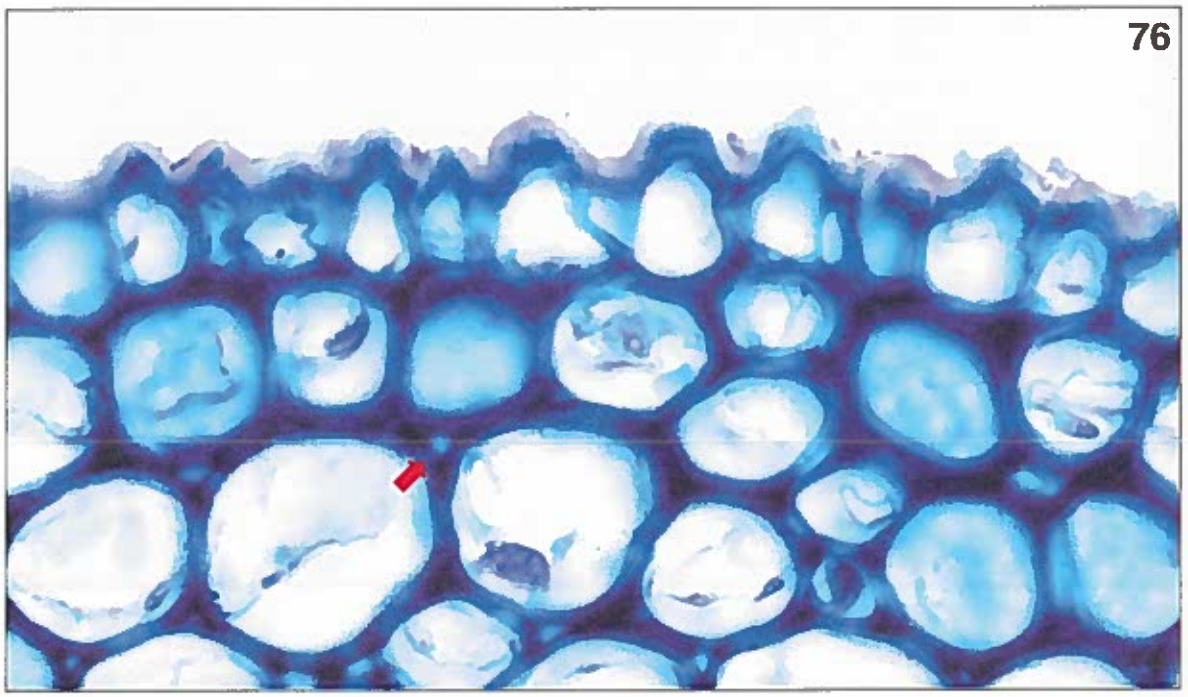

73


74

**75.** Colénquima lagunar. La flecha indica un espacio intercelular. 100x.
**76.** Colénquima anular. La flecha indica un espacio intercelular. 100x.

En el colénquima lagunar (75) el engrosamiento se produce en las zonas de la pared que están en contacto con los espacios intercelulares. En el colénquima anular (76) el engrosamiento es más o menos uniforme en toda la superficie celular. Ambos colénquimas presentan abundantes espacios intercelulares.


75


76

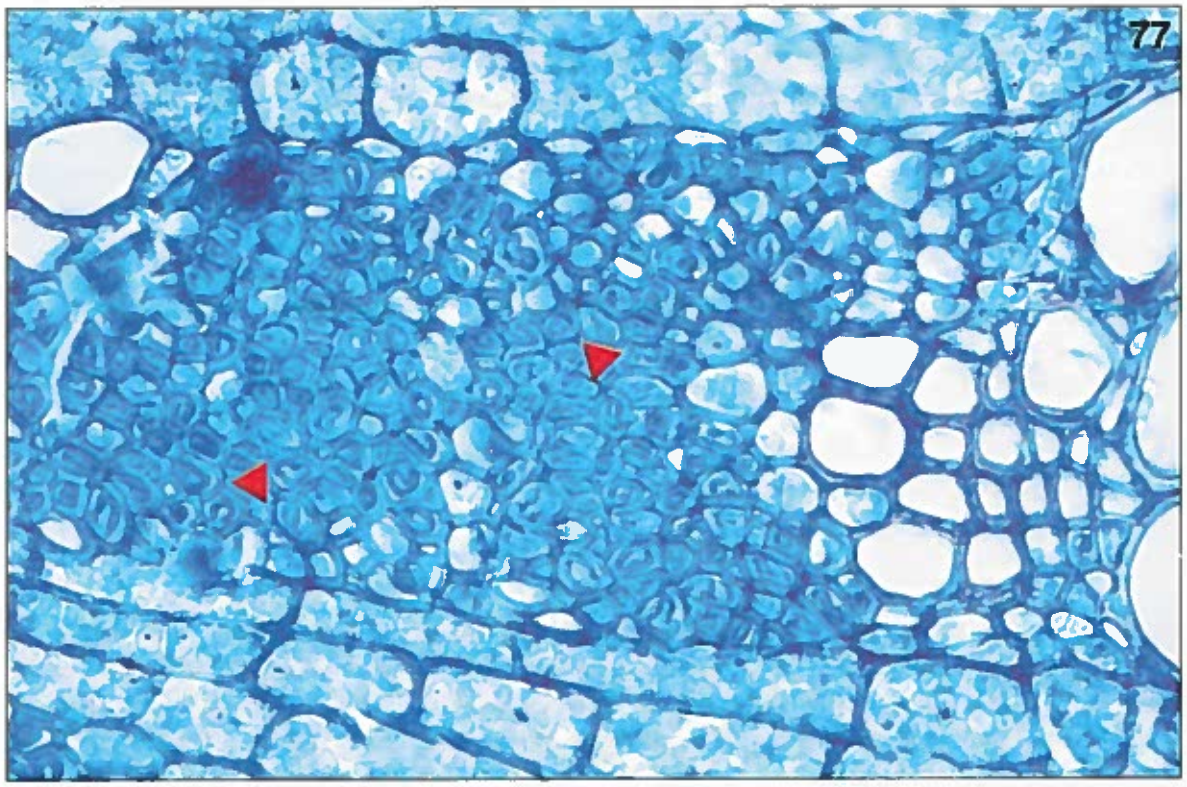
# ESCLERÉNQUIMA

El esclerénquima es un tejido que consta de células muertas en su madurez que presentan paredes secundarias muy engrosadas y lignificadas. Es el tejido de sostén de, preferentemente, los órganos que han cesado su crecimiento. Consta de dos tipos de células (fibras y esclereidas) no bien diferenciados. Sus células no presentan cloroplastos.

**72.** Fibras xilemáticas (triángulos). 40x.
**73.** Fibras xilemáticas (flechas). 40x.
**74.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 40x.

La clasificación de las fibras atendiendo a su localización y origen establece la existencia de dos tipos: las fibras extraxilemáticas y las xilemáticas (77, 78). Las segundas forman parte integrante del xilema junto con las células propiamente xilemáticas, presentando ambas las paredes secundarias con depósito de lignina. Este conjunto de células (las propiamente xilemáticas y las fibras) constituyen lo que comercialmente se conoce como madera.

Las células del esclerénquima presentan paredes secundarias siendo por tanto detectables con microscopía de polarización (79).

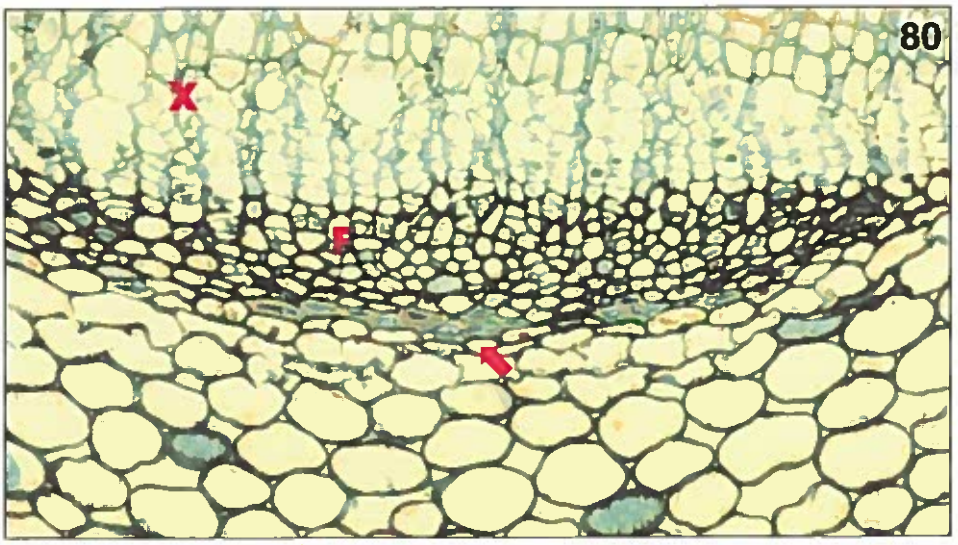

77

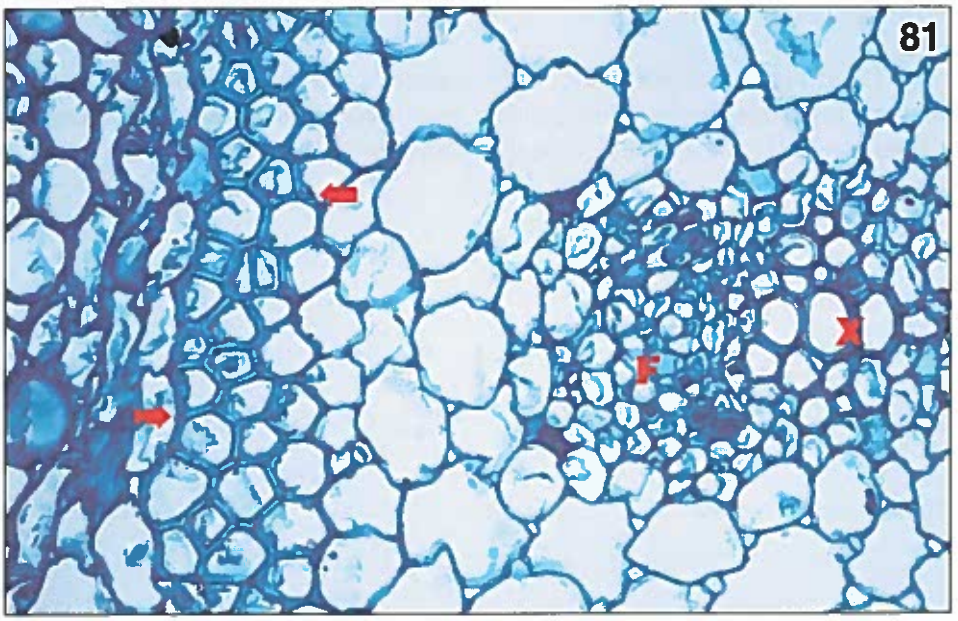

78

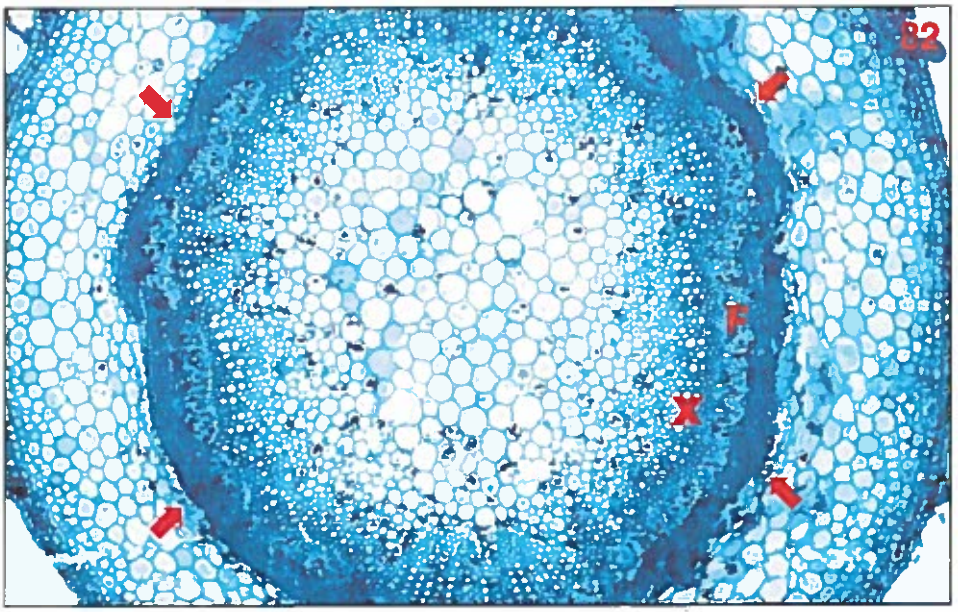

79

**80.** Fibras floemáticas (flecha). Xilema: X, floema: F. 40x.
**81.** Fibras corticales (flecha). Xilema: X, floema: F. 40x.
**82.** Fibras perivasculares (flecha). Xilema: X, floema: F. 40x.

Las fibras extraxilemáticas se clasifican el fibras floemáticas (80), corticales (81) y perivasculares o pericíclicas (82). Las floemáticas forman parte integrante del floema, las corticales se localizan en el cortex más o menos cerca de la epidermis o peridermis y alejadas del o los haces vasculares, y las perivasculares apoyadas en el floema y en muchas ocasiones acompañándolo totalmente.

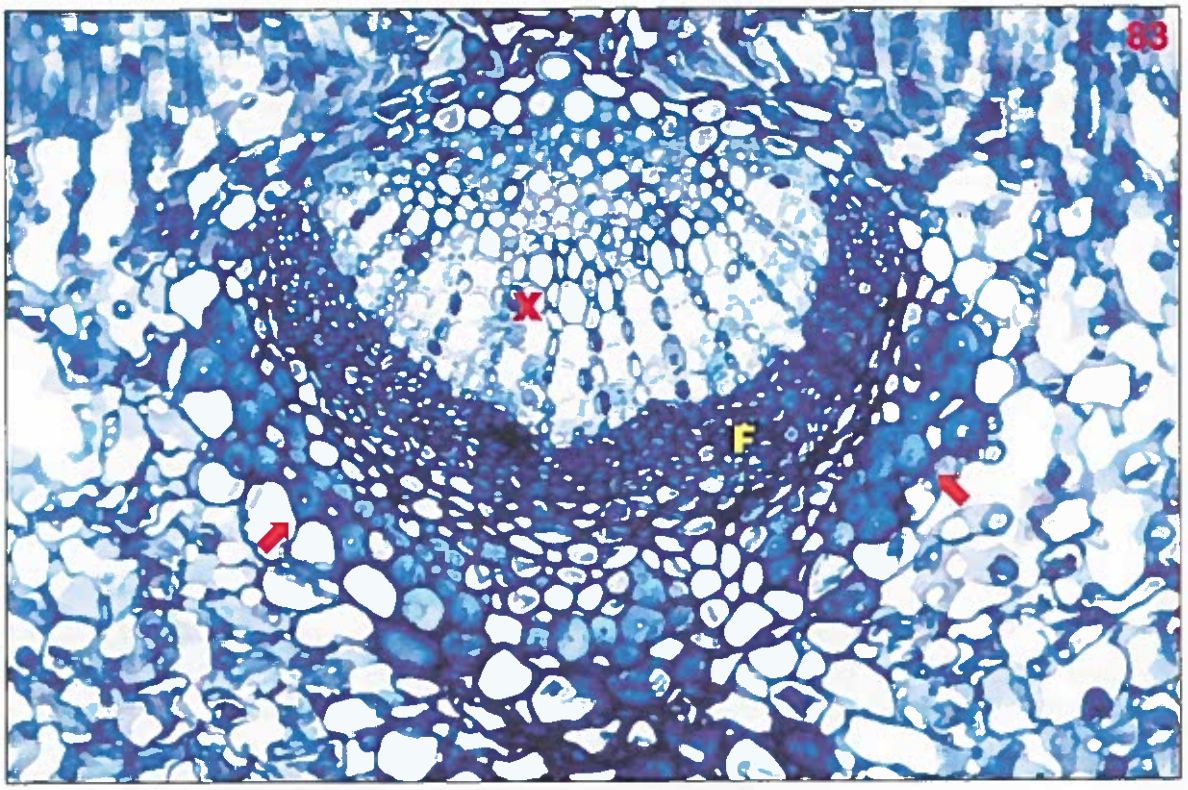

80
X
F

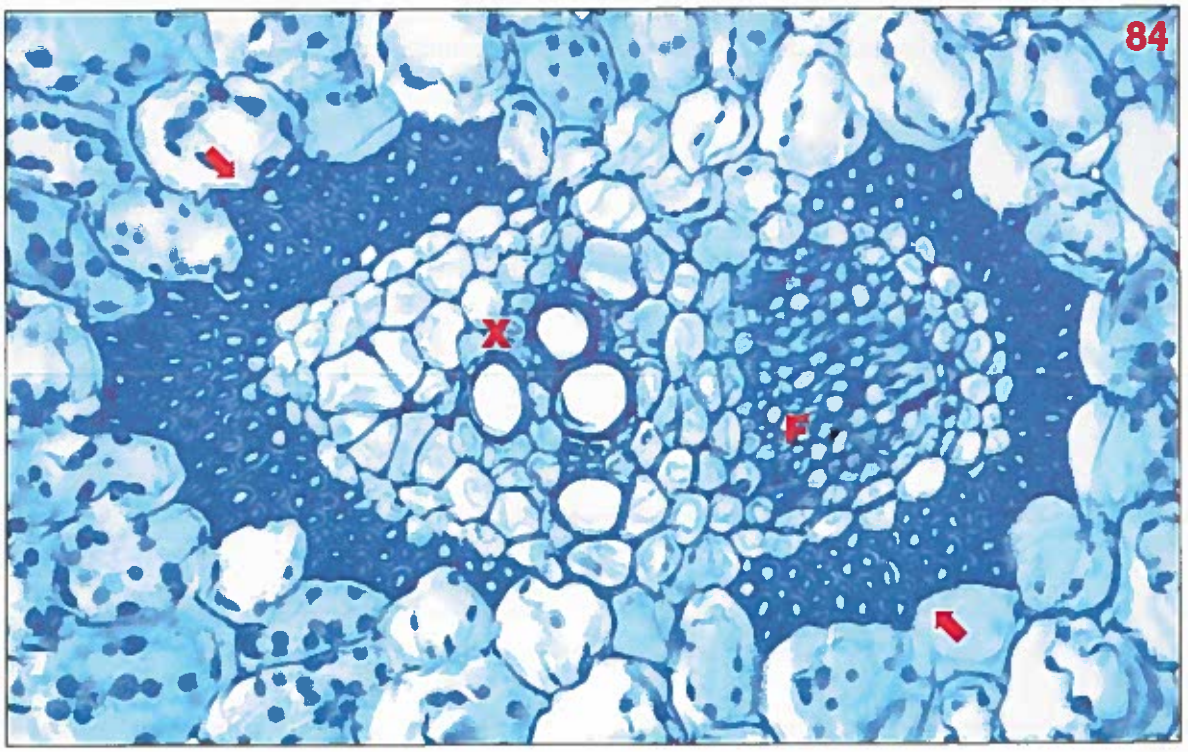

81
X
F


82
F
X

**83.** Vaina fascicular parcial (flechas). Xilema: X, floema: F. 20x.
**84.** Vaina fascicular (flechas). Xilema: X, floema: F.40x.

Las fibras frecuentemente están rodeando los haces vasculares (conformado la llamada vaina fascicular) como corresponde a tejidos especializados en el sostén. En ocasiones rodean al haz vascular por una parte (83) y en otras por las dos (84).


83
X
F


84
X
F

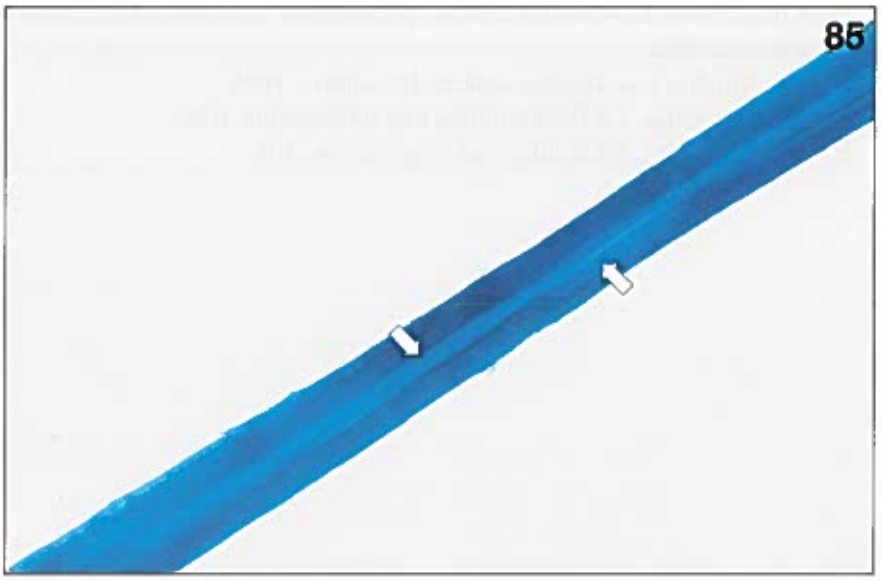
**85.** Fibra libriforme. Obtenida tras maceración. La flecha hueca indica el lumen celular. 100x.

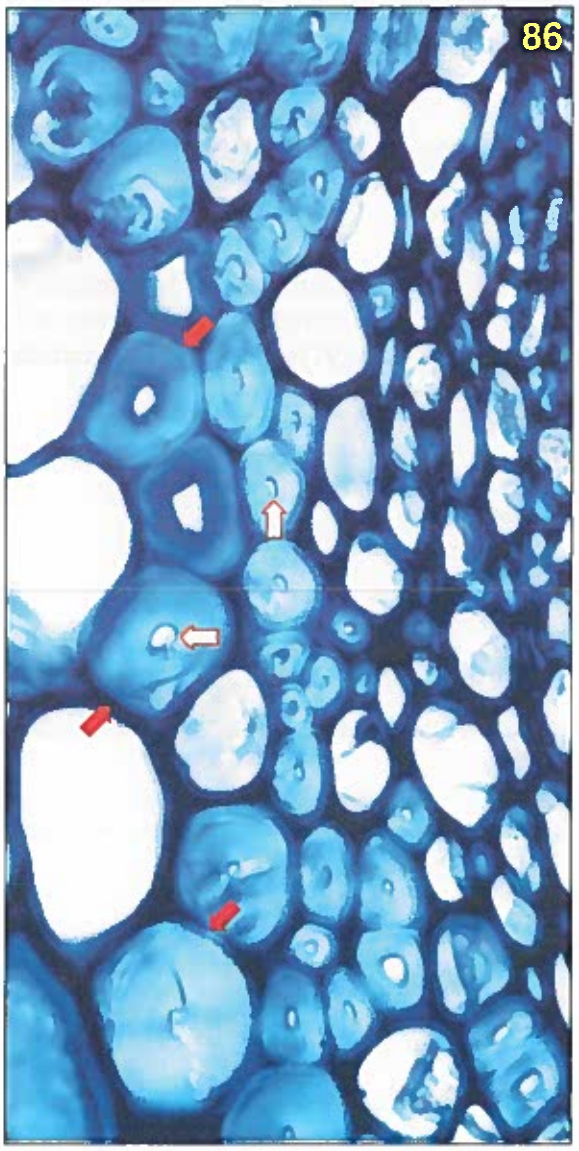
**86.** Fibras libriformes (flechas). Las flechas huecas indica el lumen celular. 100x.

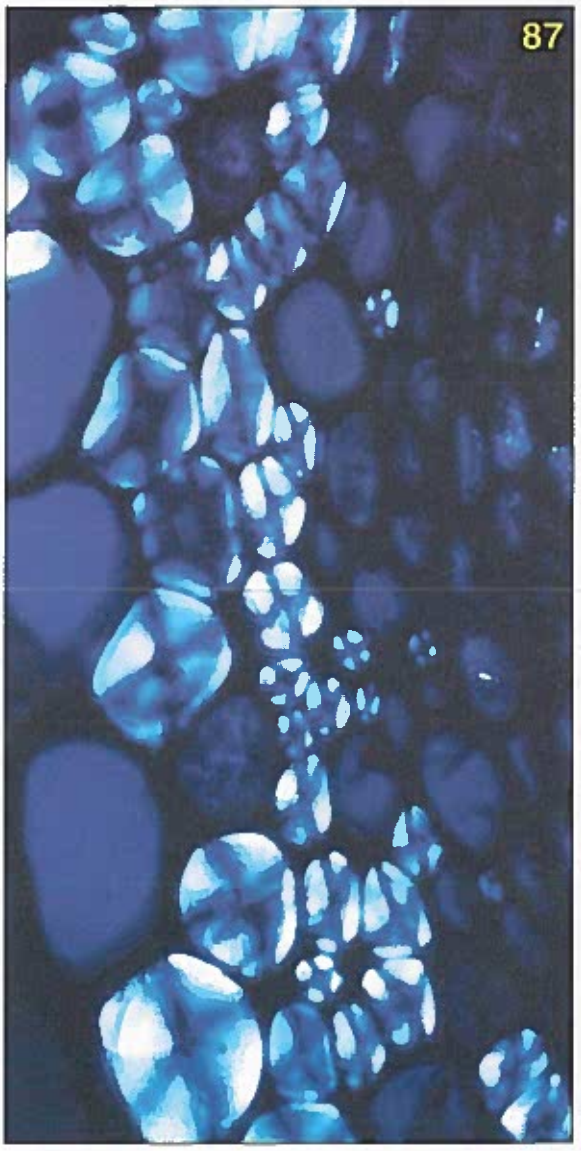
**87.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 100x.

Las fibras libriformes (85, 86) son, de todas las células de las plantas, las que pueden llegar a presentar las paredes más engrosadas, hasta el punto que incluso pueden llegar a presentar el lumen celular obliterado. Son las fibras utilizadas comercialmente.

La maceración de órganos de las plantas consiste en el tratamiento de fragmentos de los mismos con ácidos fuertes. La consecuencia de dicho tratamiento es que las paredes celulósicas desaparecen en el proceso, permaneciendo exclusivamente las estructuras con paredes lignificadas, tales como las células del esclerénquima y del xilema.


85


86

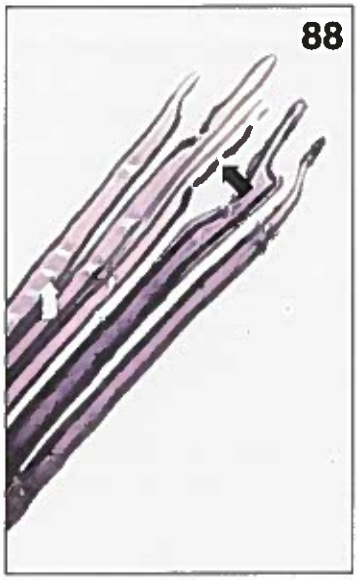

87

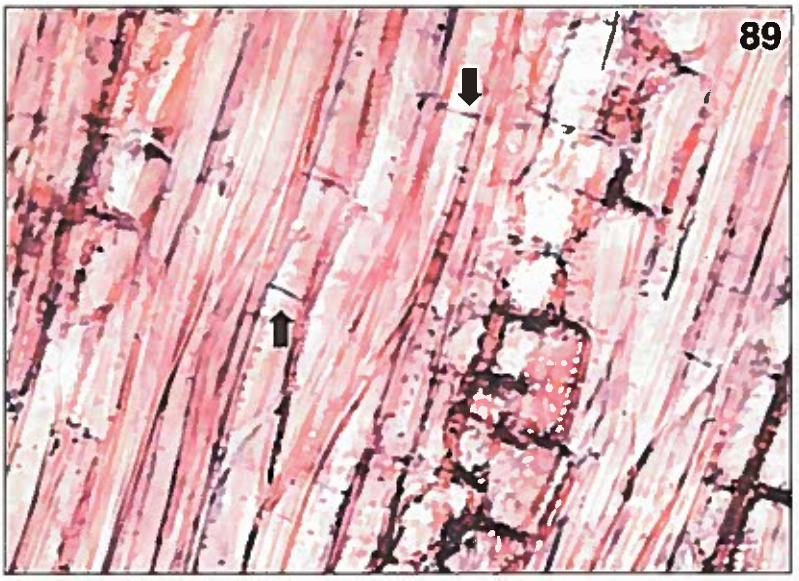
**88.** Fibrotraqueidas. Las flechas indican punteaduras areoladas. Obtenidas tras maceración. 40x.
**89.** Fibras septadas. Las flechas indican los septos. 100x.
**90.** Braquiesclereidas. La flecha indica una punteadura. 100x.
**91.** Braquiesclereidas. Obtenidas tras maceración. 40x.

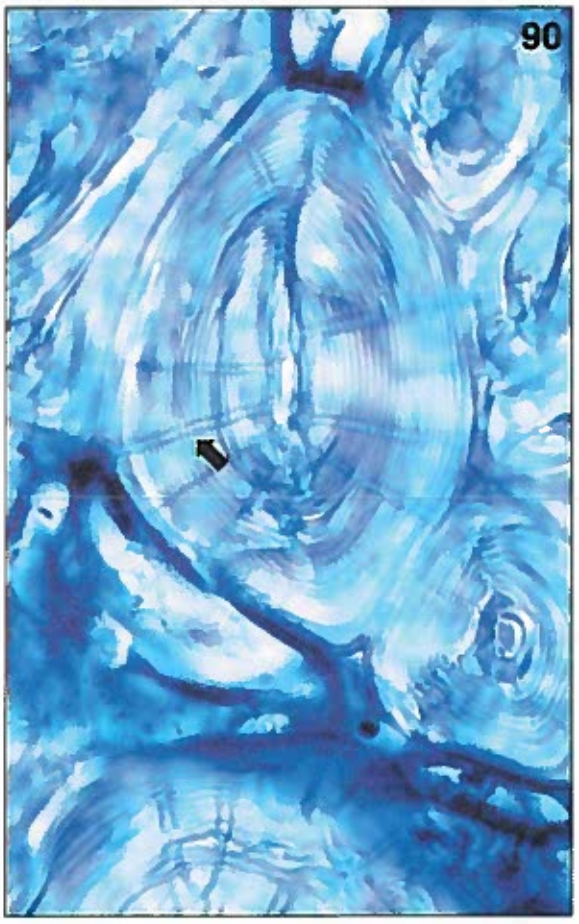
Las fibrotraqueidas (88) son células que representan formas de transición entre las fibras libriformes y las traqueidas del xilema. Es muy característico que presentan punteaduras areoladas.

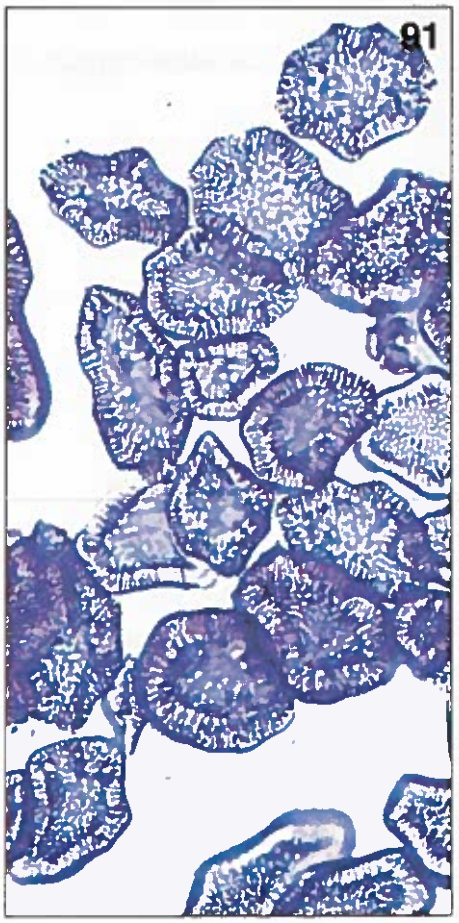
Las fibras septadas (89) (que pueden ser tanto fibras libriformes como fibrotraqueidas) presentan septos que representan las paredes primarias que separan a células hijas procedentes de una célula madre con cubierta dura.

Las braquiesclereidas o células pétreas (90, 91) son esclereidas que típicamente se encuentran como idioblastos en el mesocarpo de ciertos frutos (de *Pyrus* (pera) en la imagen 4) o formando cubiertas duras (endocarpo de *Prunus* (melocotón) (91)). Presentan punteaduras abundantes y evidentes (90).


88


89


90

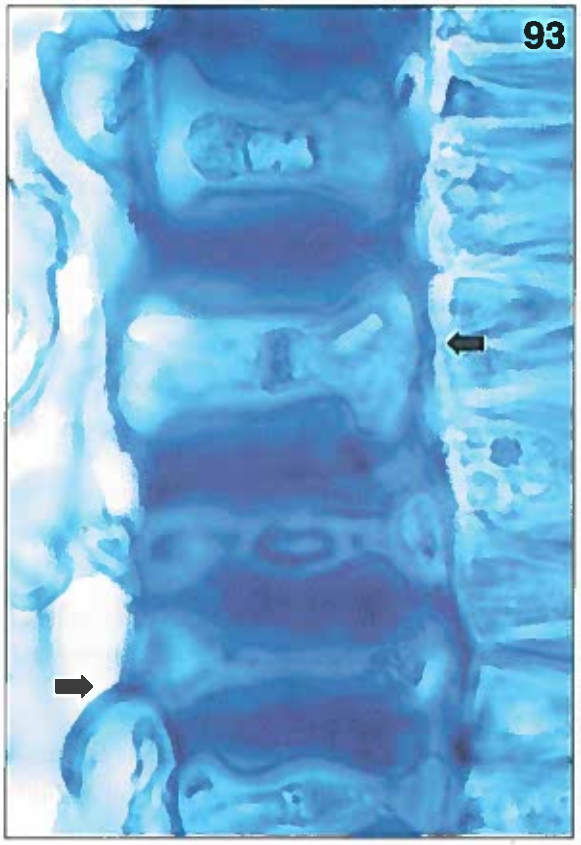

91

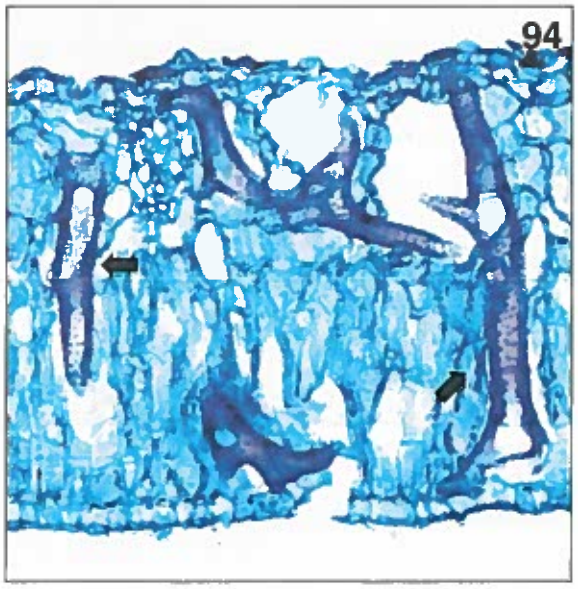
**92.** Macroesclereidas (flechas). 100x.
**93.** Osteoesclereidas (flechas). 100x.
**94.** Astroesclereidas (flechas). 20x.
**95.** Astroesclereida (flecha). 40x.

Las macroesclereidas (92) y las osteoesclereidas (93) suelen estar presente en las cubiertas seminales procediendo de células epidermicas y subepidérmicas que desarrollan paredes secundarias.

Las astroesclereidas (94) son especialmente abundantes en las hojas.


92


93

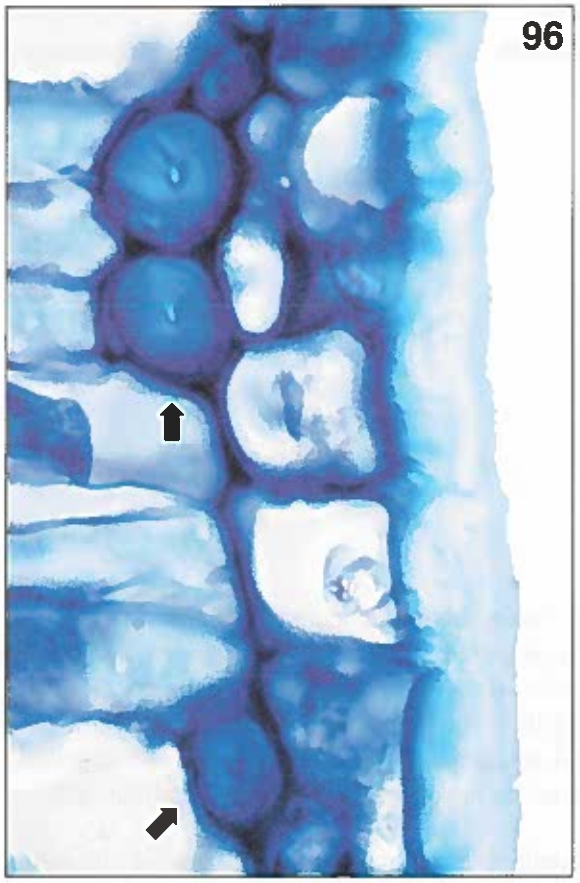

94

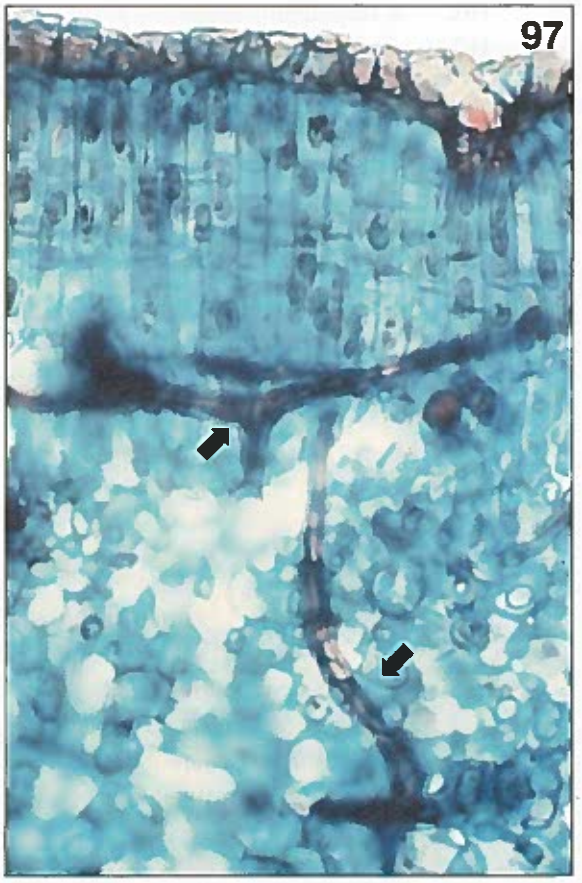

95

**96.** Tricoesclereidas (flechas). 100x.
**97.** Tricoesclereidas (flechas). 40x.
**98.** Esclereidas (flechas). Obtenidas tras maceración y observadas con microscopio de polarización.10x.
**99.** Esclereidas (flechas). Obtenidas tras maceración. 20x.
**100.** Esclereida. Obtenidas tras maceración. 20x.

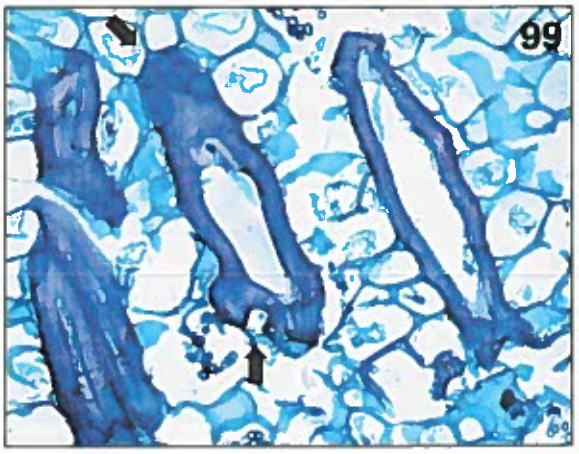
Las tricoesclereidas, que suelen localizarse en las hojas (97), aprovechan para crecer los huecos intercelulares (96). Su nombre hace referencia a la similitud existente entre ellas y ciertos tricomas pluricelulares.

Las esclereidas pueden presentar además de las formas típicas mostradas, otras que difícilmente podrían encuadrarse en alguno de las grupos indicados (98, 99, 100).


96


97


98


99

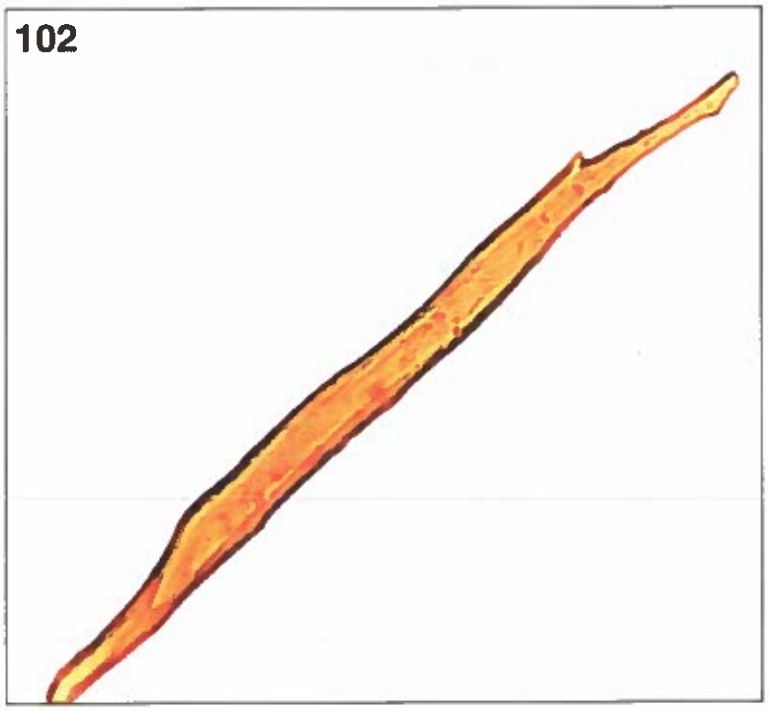

100

**101.** Crecimiento intrusivo. Fibras libriformes. 100x.
**102.** Crecimiento intrusivo. Fibrotraqueida. 20x.

Las células de las plantas solamente crecen cuando tienen paredes primarias, si bien después del crecimiento puede ser que sinteticen pared secundaria y depositen lignina. El crecimiento puede ocurrir coordinadamente, esto es, una célula o determinada parte de una célula (por ejemplo la región central de las fibras) crece al mismo ritmo que la vecina y entre ambas se establecen conexiones (las punteaduras), de tal manera que la célula con pared secundaria denotará crecimiento coordinado en aquellas partes en las que se observen punteaduras (90).

Otro tipo de crecimiento es el crecimiento intrusivo: una célula o parte de una célula (por ejemplo las porciones distales de las fibras) crece por los espacios intercelulares (o atraviesa paredes blandas) y cuando encuentran un obstáculo (una pared lignificada por ejemplo) se curva o bifurca. Imágenes como las mostradas en la que se observa un conjunto de células con tamaños diferentes y lúmenes con diámetros también distintos (101) o células con el ápice curvado o bifurcado (102) indican crecimiento intrusivo.


101


102

# XILEMA

El xilema es el tejido que transporta fundamentalmente el agua. Es un tejido compuesto que consta de varios tipos celulares. Los elementos propiamente xilemáticos son células muertas en su madurez que presentan particulares engrosamientos de la pared secundaria. El resto de los componentes celulares del xilema son células vivas unas y muertas otras.

**103.** Xilema en sección longitudinal. Las flechas indican la superposición de unos elementos con otros. 40x.

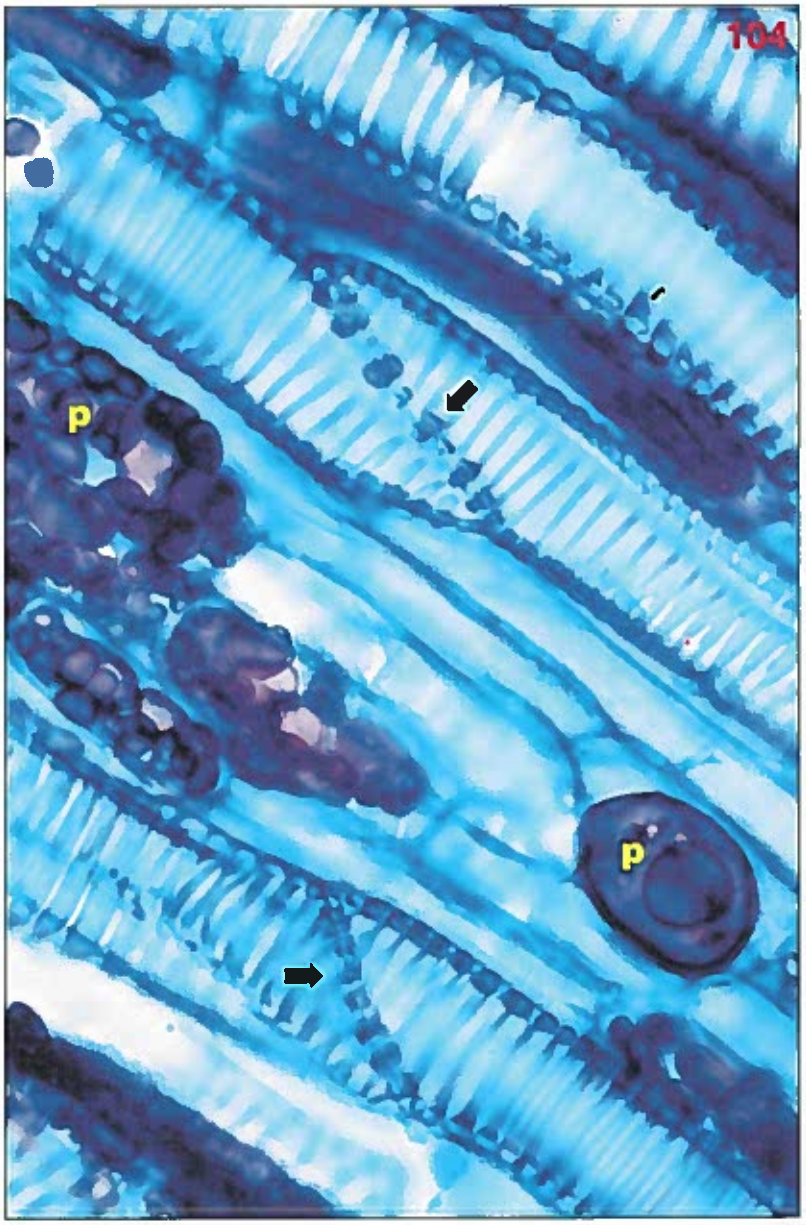
**104.** Xilema en sección longitudinal. Las flechas indican el ensamblaje de unos elementos con otros. p: células parenquimáticas. 40x.

**105.** Elemento de una traquea. 20x.

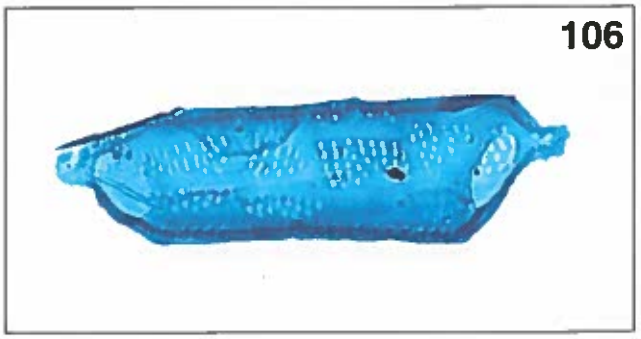
**106.** Elemento de una traquea. 40x.

El xilema es fundamentalmente un conjunto de vasos capilares formados por células muertas (105, 106) que se superponen unas a otras (103) y que encajan perfectamente entre sí (104).


103

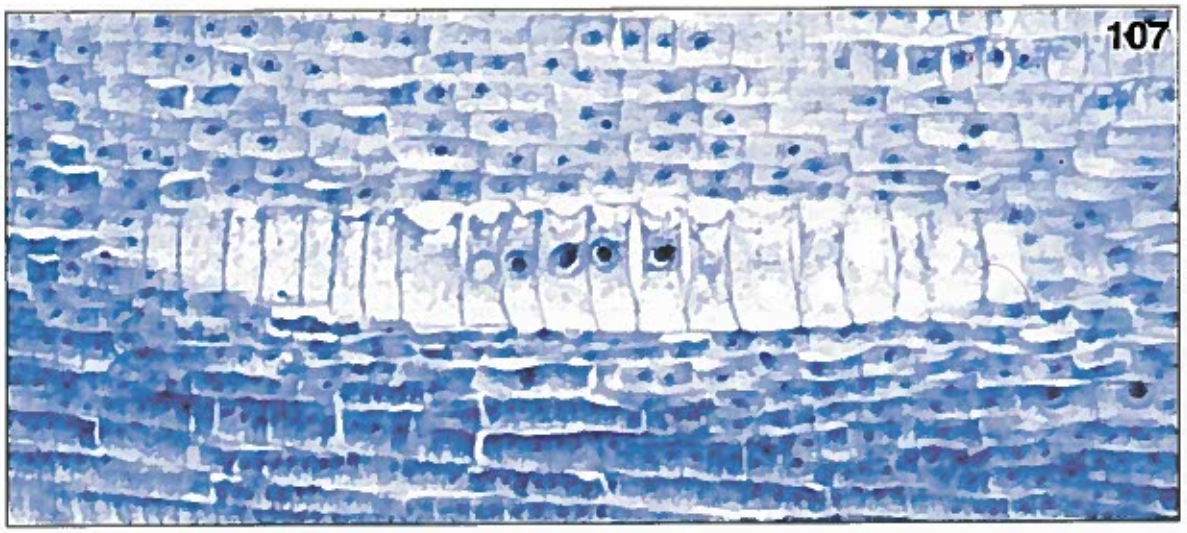

104
p
p

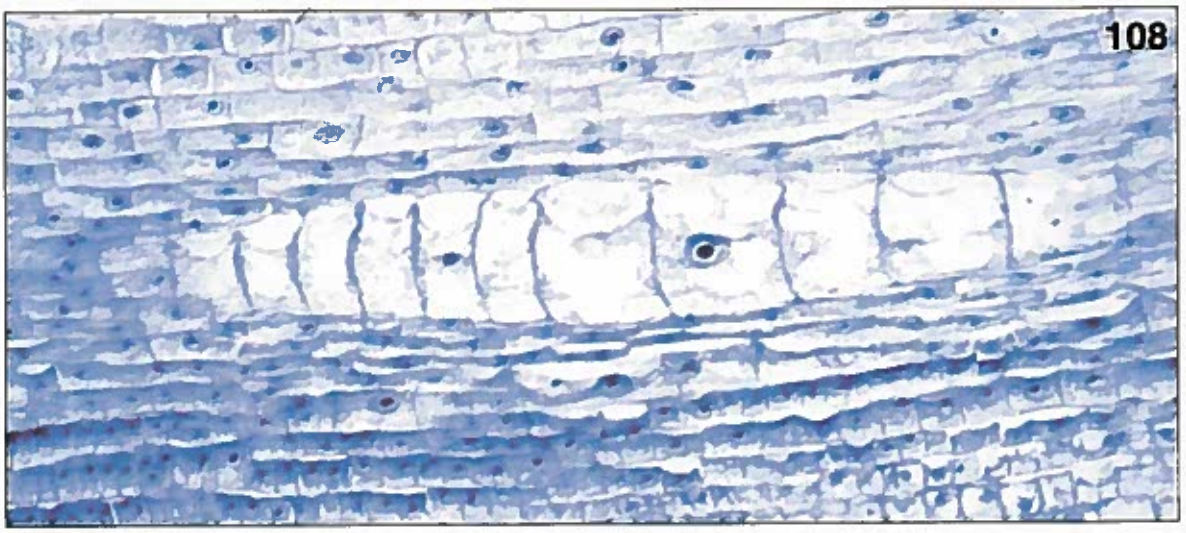

105

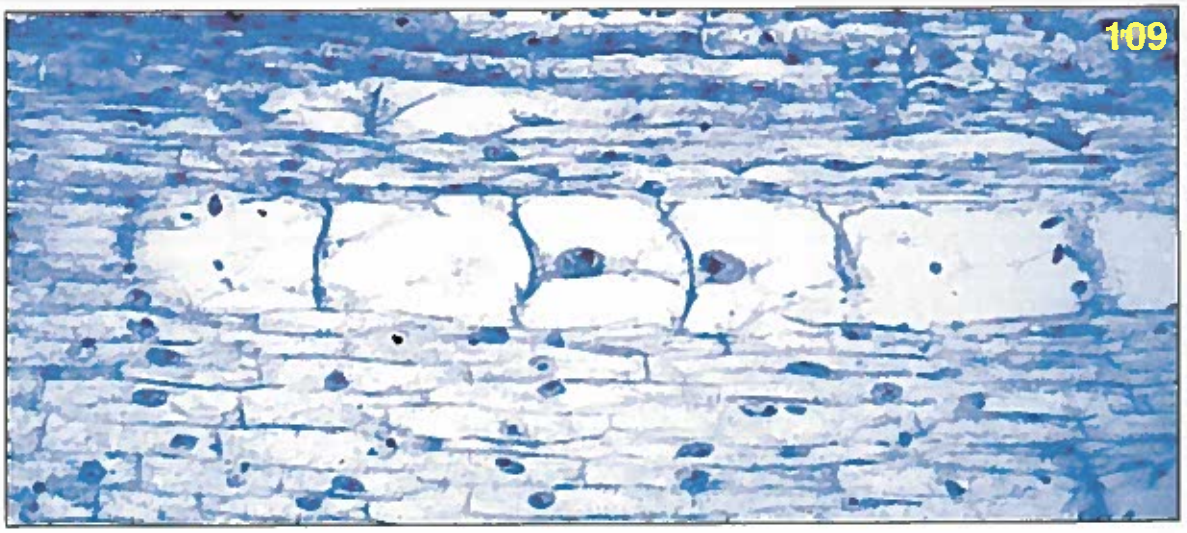

106

**107.** Formación de un elemento conductor en una fase inicial. 40x.
**108.** Formación de un elemento conductor en una fase intermedia. 40x
**109.** Formación de un elemento conductor en una fase tardía. 40x

En la formación de los elementos conductores del xilema, las células superpuestas se van alargado progresivamente al tiempo que el citoplasma se va condensando.


107


108


109

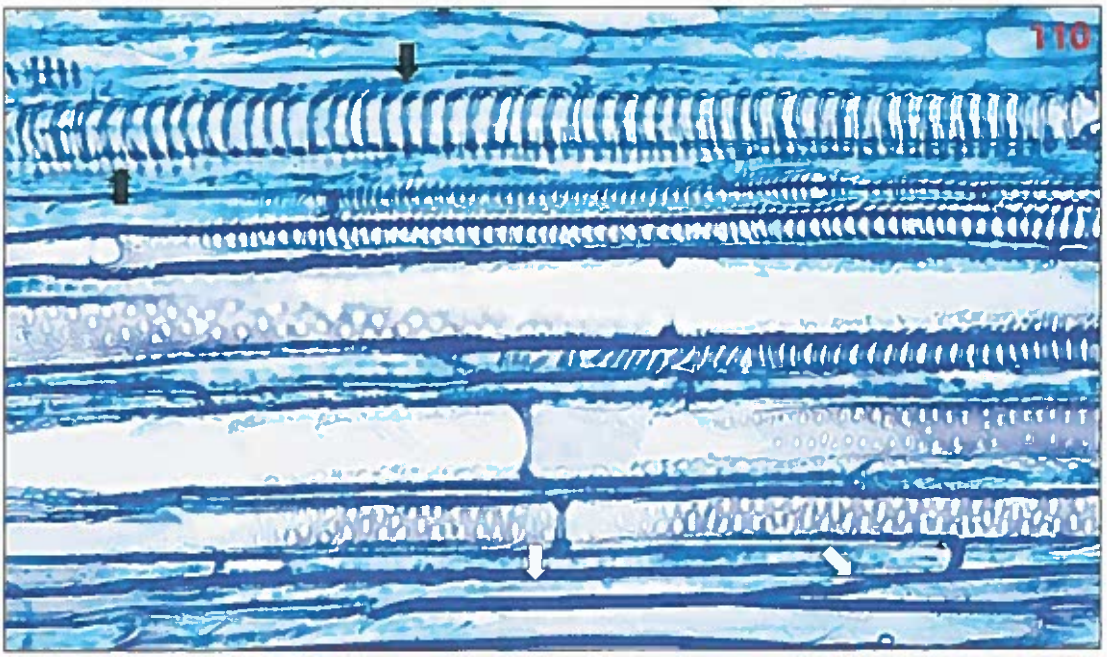
**110.** Xilema en sección longitudinal. Tráqueas con engrosamiento anular (flecha). Las flechas huecas indican fibras. 20x.

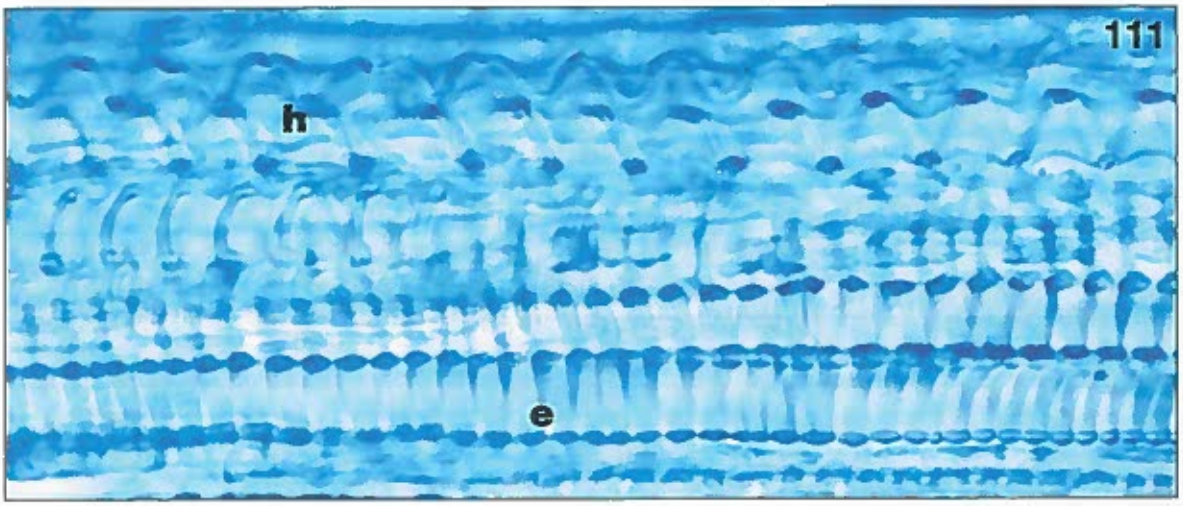
**111.** Xilema en sección longitudinal. Tráqueas con engrosamiento helicado (h) y escaleriforme (e). 100x.

**112.** Xilema en sección longitudinal. Tráqueas con engrosamiento reticulado (r). 100x.

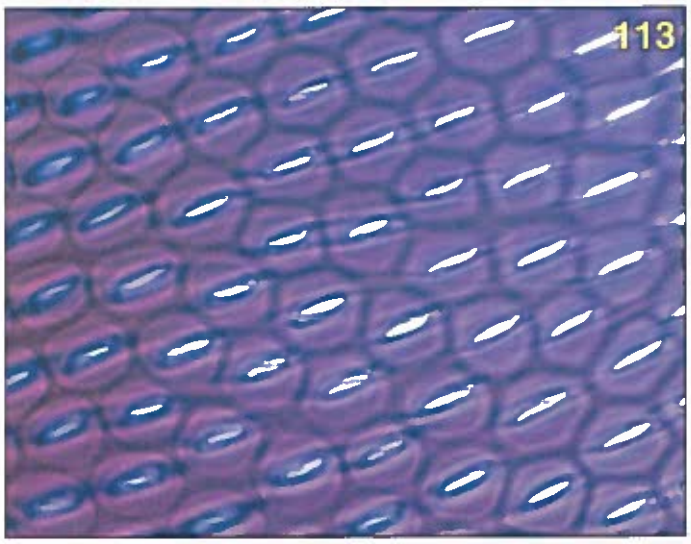
**113.** Tráquea. Engrosamiento punteado. 100x.

Los elementos conductores del xilema conforme van madurando, van depositando cada vez más lignina. Inicialmente, en el protoxilema, son engrosamientos anulares (110) y helicados (111). Posteriormente, en el metaxilema y en el xilema secundario, se deposita más pared secundaria lignificada entre los anillos y espirales dando lugar a engrosamientos escaleriformes (111), reticulados (112) y punteados (113).


110


111
h
e


112
r

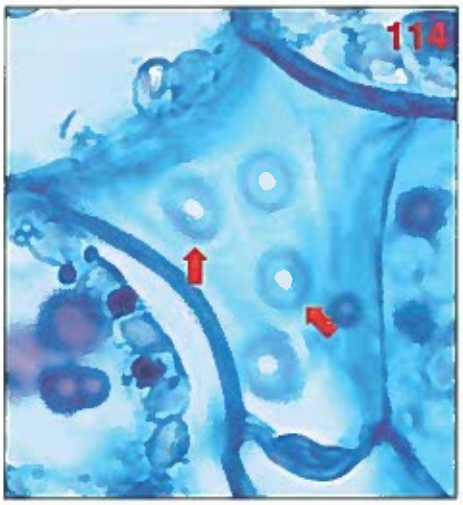

113

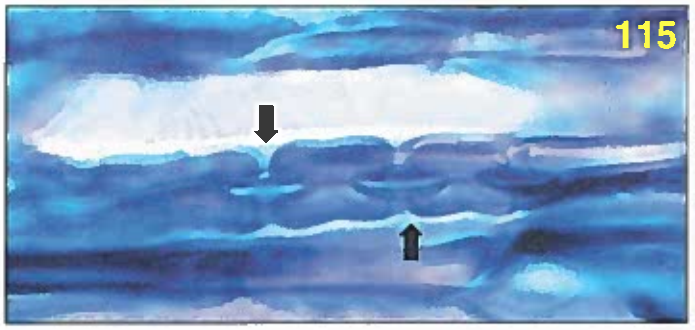
**114.** Traqueida. Punteaduras areoladas (flechas) en vista superficial. 100x.
**115.** Traqueida. Punteaduras areoladas (flechas) en sección transversal. 100x.
**116.** Xilema en sección transversal (X) con células parenquimáticas del parénquima horizontal del xilema (p). 20x.
**117.** Tílides (flechas). 100x.

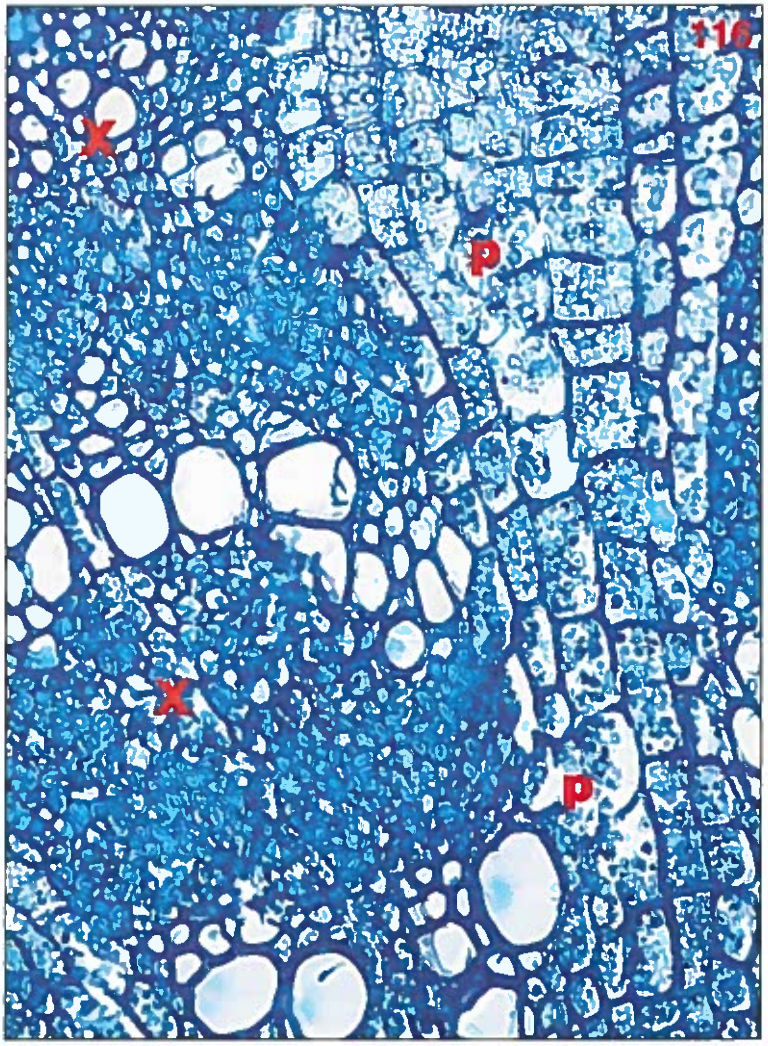
Las traqueidas se caracterizan porque no presentan perforaciones en las paredes basales y tienen punteaduras areoladas en las paredes laterales (114, 115).

El xilema además de constar de elementos conductores presenta fibras (67, 68, 69, 110) y células parenquimáticas (104) que en el caso del xilema secundario se organizan en el sistema vertical y el sistema horizontal (116), el cual usualmente se continúa con el parénquima horizontal del floema (134) constituyendo ambos, los radios medulares (135).

Cuando las tráqueas y las traqueidas dejan de ser activas, las células parenquimáticas vecinas que continúan creciendo, ejercen fuertes presiones sobre ellas y en ocasiones llegan a introducirse parcialmente dentro de las mismas o incluso obstruirlas. Dichas proyecciones son las tílides (117) y suelen formarse además en respuesta a una herida para obstruir los vasos y evitar que entren agentes patógenos.


114

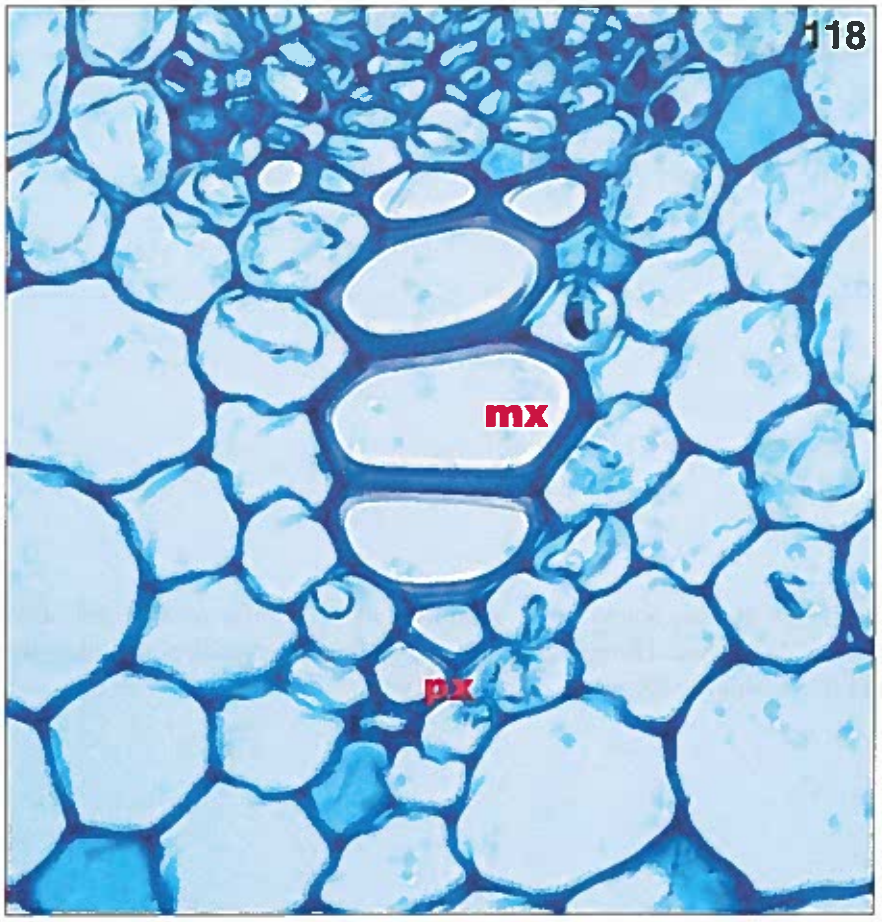

115

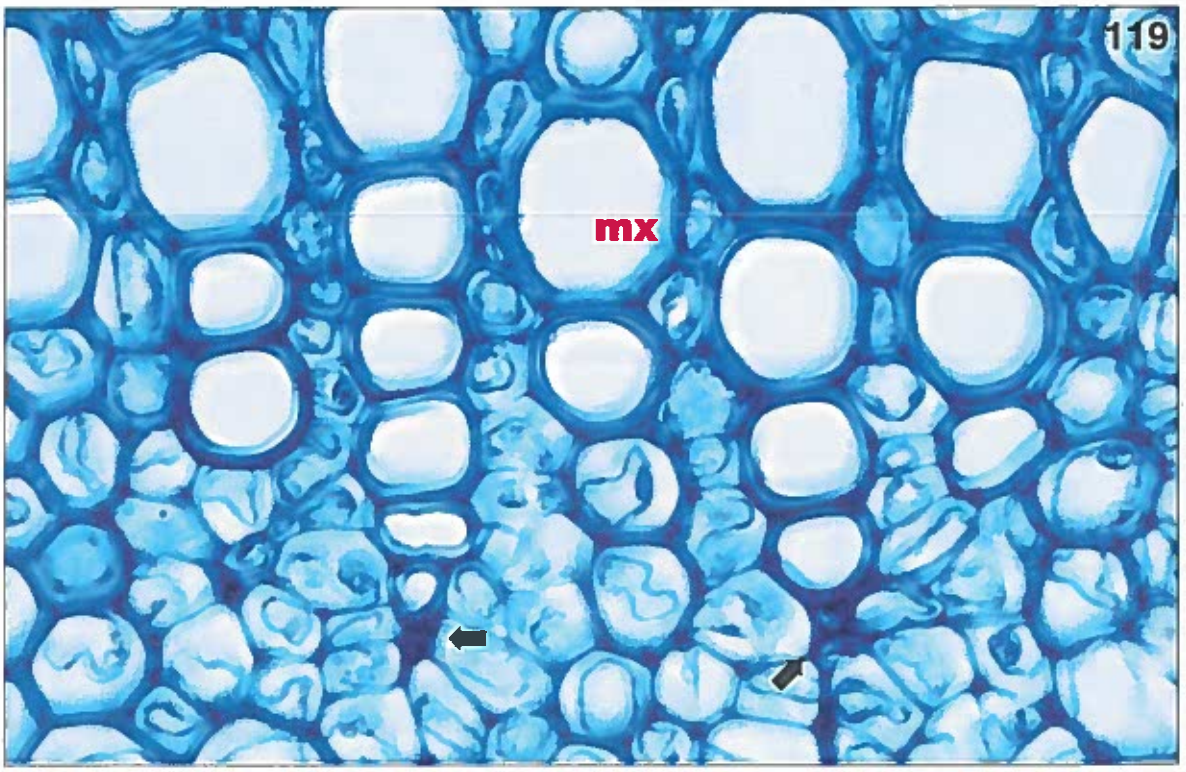

116
X
P
X
P


117

**118.** Protoxilema (px) y metaxilema (mx). 40x.
**119.** Protoxilema (flechas) y metaxilema (mx). 100x

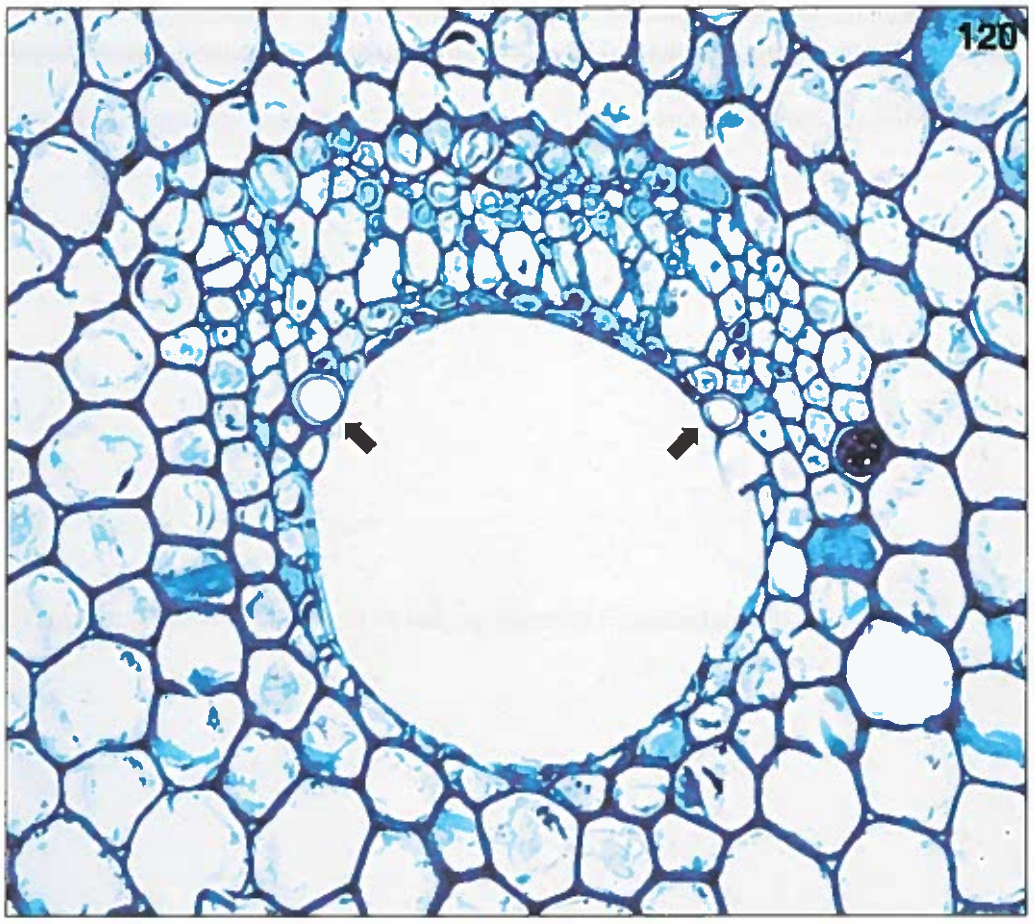
El protoxilema es el primer xilema que se forma, aunque enseguida deja de ser funcional, permaneciendo bien como células literalmente aplastadas o bien íntegras como células pequeñas en comparación con las del metaxilema.

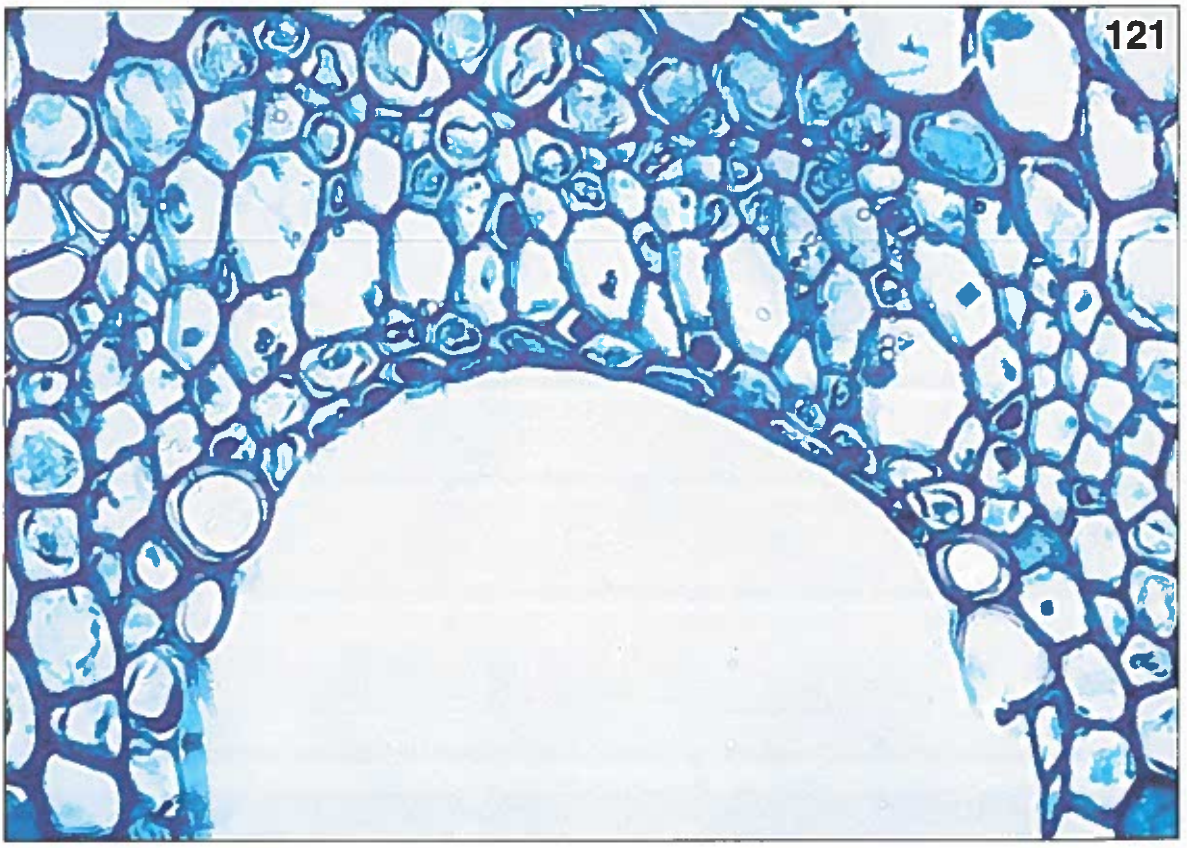

118
mx
px


119
mx

**120.** Xilema de hidrófita. Las flechas indican elementos conductores. 20x.
**121.** Xilema de hidrófita. Detalle de la anterior. 40x.

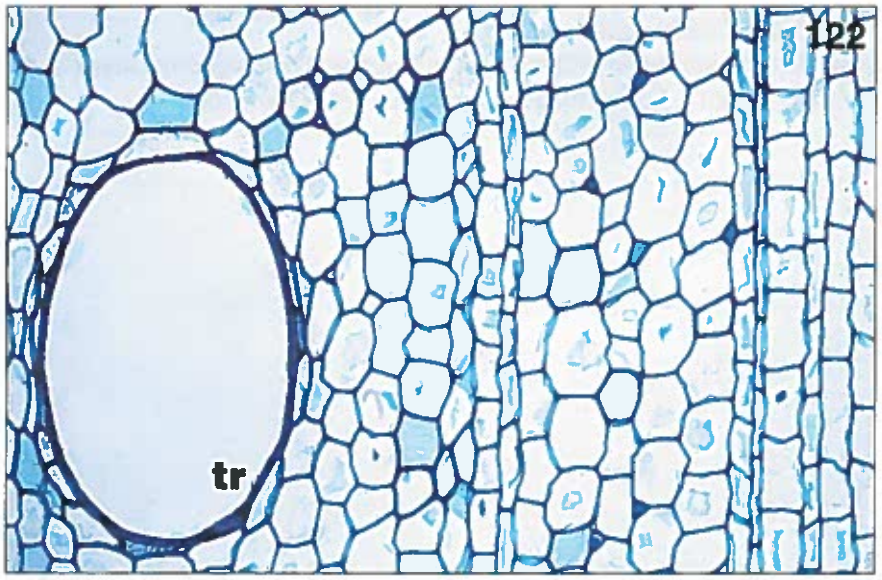
En las plantas acuáticas se produce una reducción notable del sistema vascular, particularmente del xilema. La región central normalmente ocupada por células del xilema o por una médula de sistema fundamental, se observa vacía.

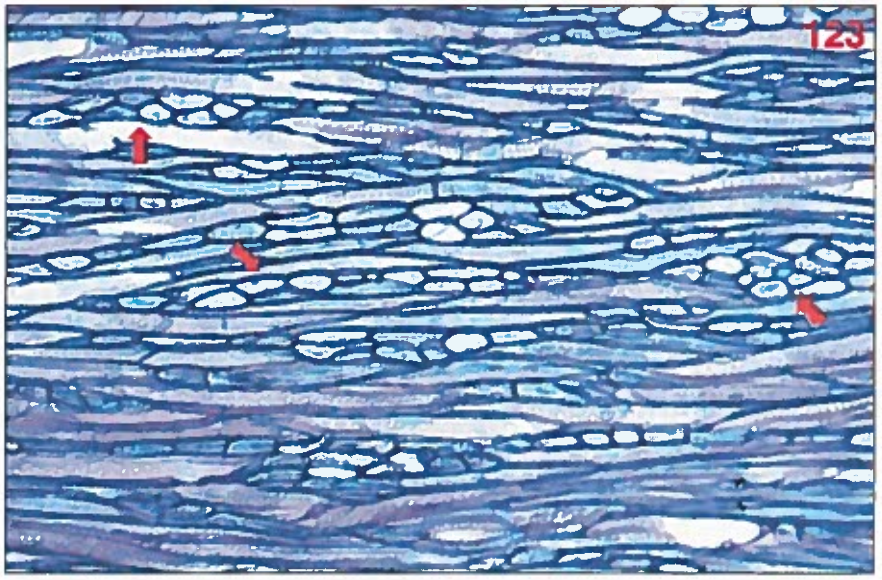

120


121

**122.** Madera. Xilema secundario en sección transversal. tr: tráquea. 20x.
**123.** Madera. Xilema secundario en sección tangencial. Las flechas indican los radios. 20x.
**124.** Madera. Xilema secundario en sección radial. Las flechas indican los radios. 20x.

La madera utilizada comercialmente es, desde el punto de vista histológico, xilema secundario.


122
tr

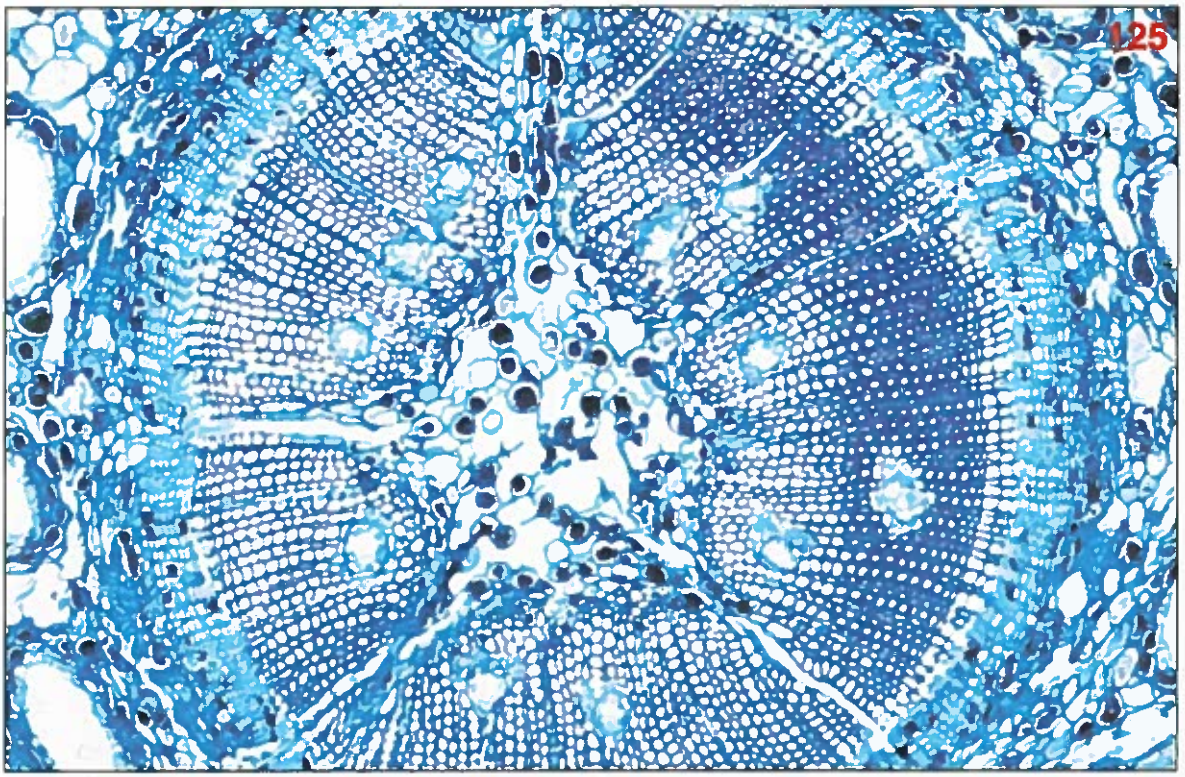

123

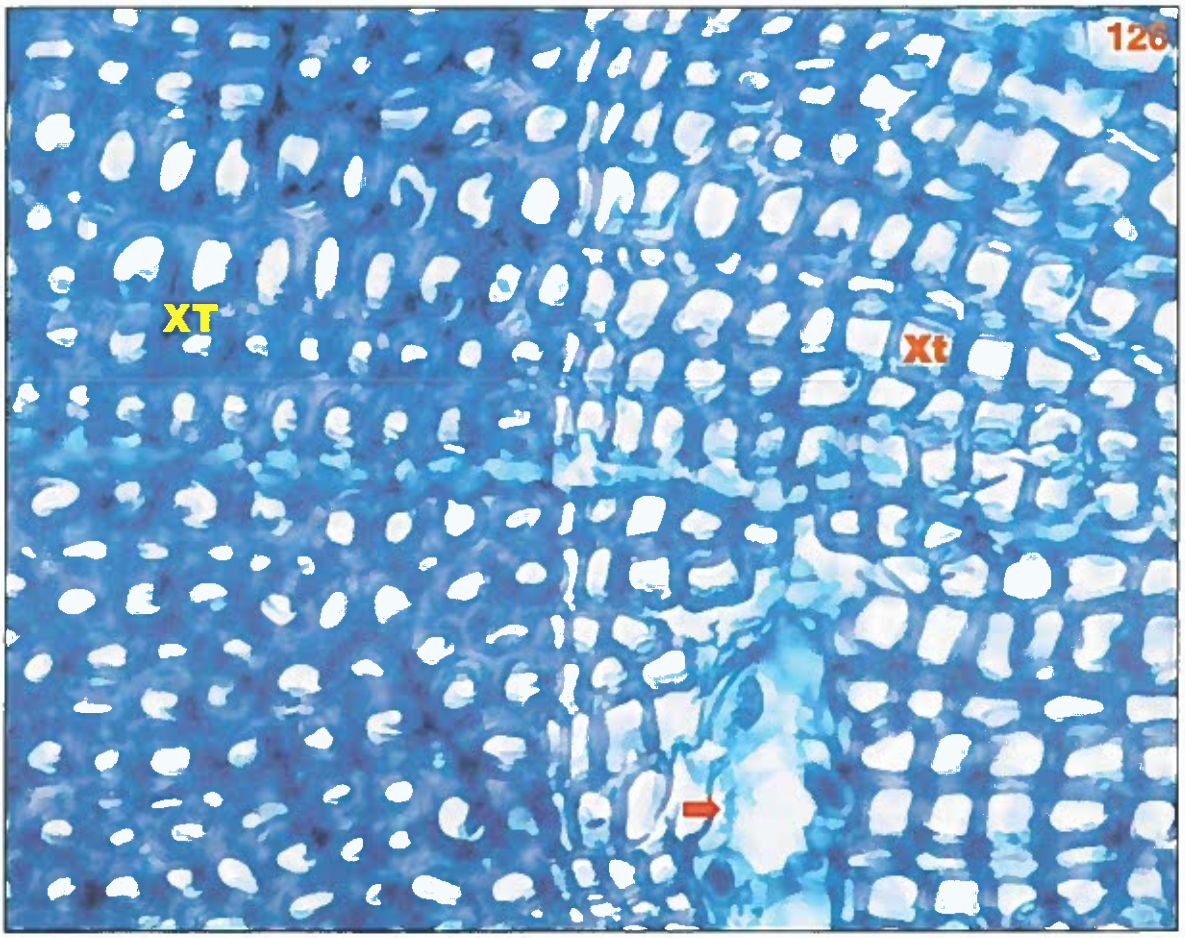

124

**125.** Anillo de crecimiento. 10x.

**126.** Anillo de crecimiento. Detalle de la anterior. Obsérvese el xilema temprano (Xt) y el tardío (XT). La flecha indica un canal resinífero. 40x.

Las secciones transversales de tallos (y raíces) de ciertas plantas permiten conocer su edad porque presentan anillos de crecimiento (125, 126). Dichos anillos son la consecuencia de la actividad periódica del cambium vascular: el xilema temprano es menos denso (porque tiene vasos de diámetro mayor) que el xilema tardío (que tiene vasos de menor diámetro). En cada temporada se produce un estrato de xilema menos denso nuevo y otro de xilema más denso también nuevo, correspondientes a cada año de edad del árbol.


125

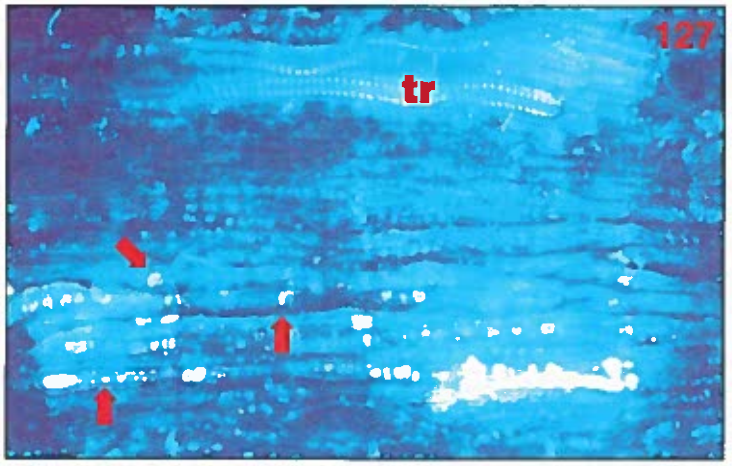

126
XT
Xt

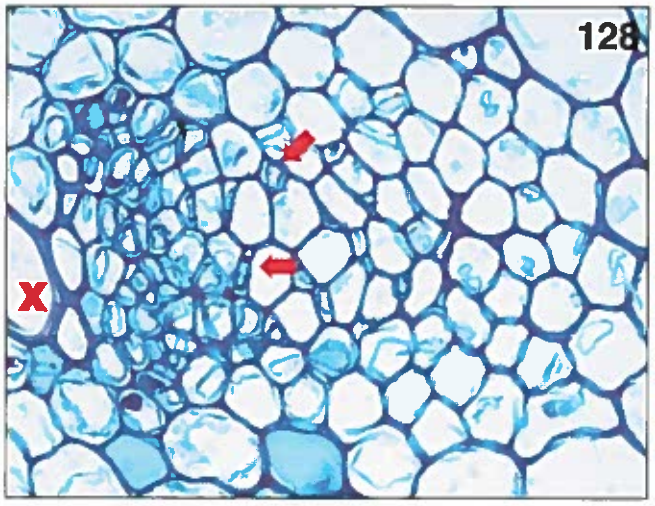
# FLOEMA

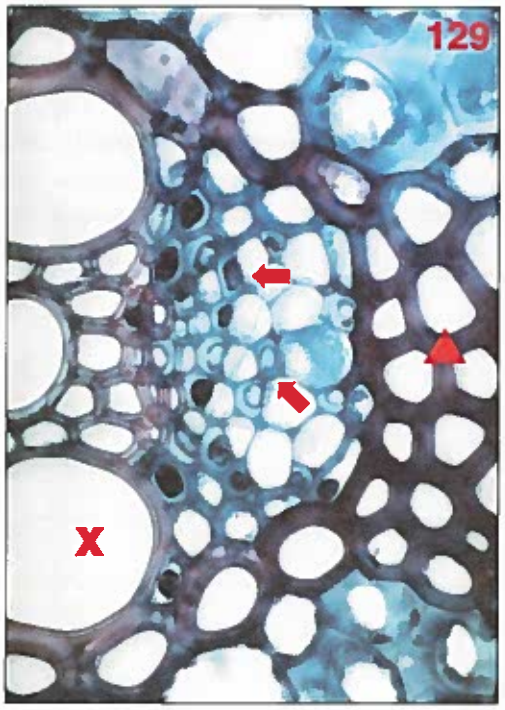
El floema es un tejido complejo. Las células propiamente conductoras son células vivas tan especializadas que no presentan núcleo; el resto son mayoritariamente células vivas que, como aquellas, presentan paredes primarias. El floema transporta fundamentalmente sacarosa.

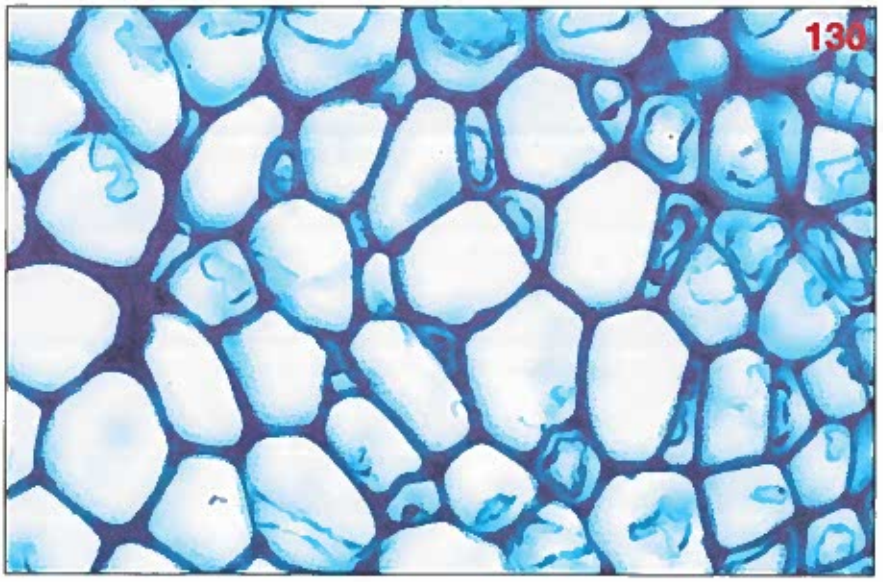
**127.** Sección longitudinal de xilema y floema. Microscopio de fluorescencia. Las flechas indican la calosa de los elementos cribosos. tr: tráqueas. 40x.
**128.** Células acompañantes del floema (fechas). X: xilema. 40x.
**129.** Células acompañantes del floema (flechas). X: xilema, triángulo: fibras. 100x.
**130.** Células acompañantes del floema. Detalle de la 128. 100x.

Las células conductoras del floema tienen característicamente calosa en las zonas en las que entran en contacto unas células con otras, la cual se puede poner de manifiesto con una tinción fluorescente específica (127). El floema presenta además una serie de células acompañantes de las que destacan ciertas células parenquimáticas especializadas (128, 129, 130) que gobiernan los elementos cribosos.


127
tr


128
x

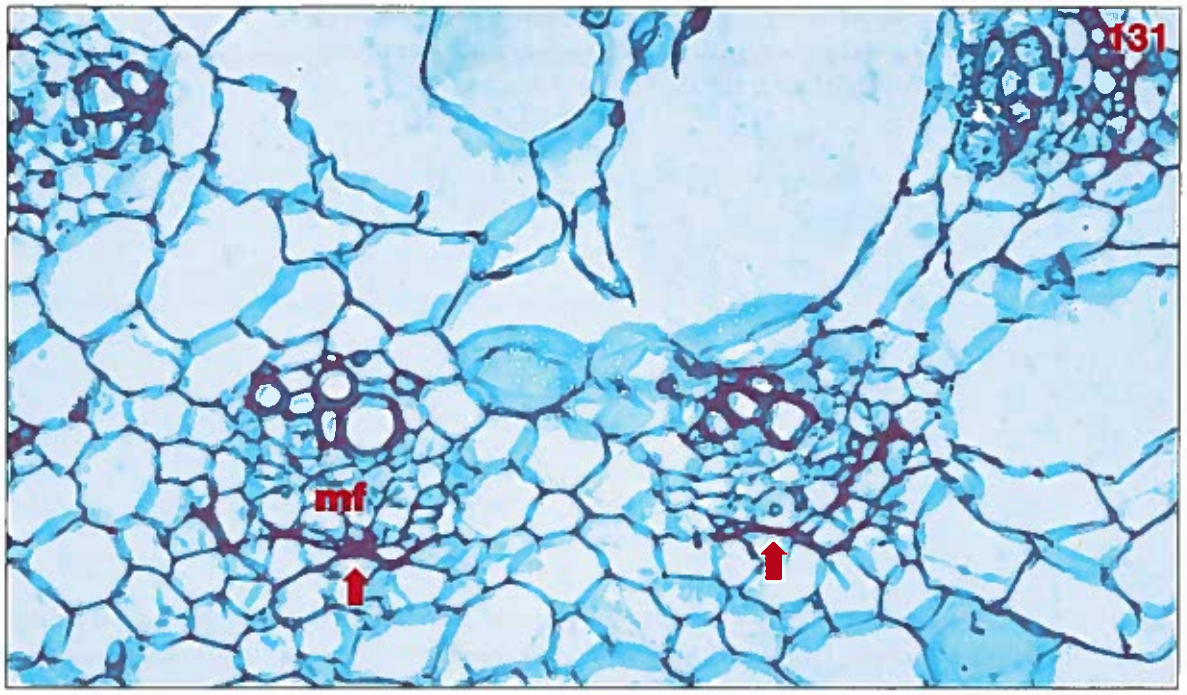

129
x

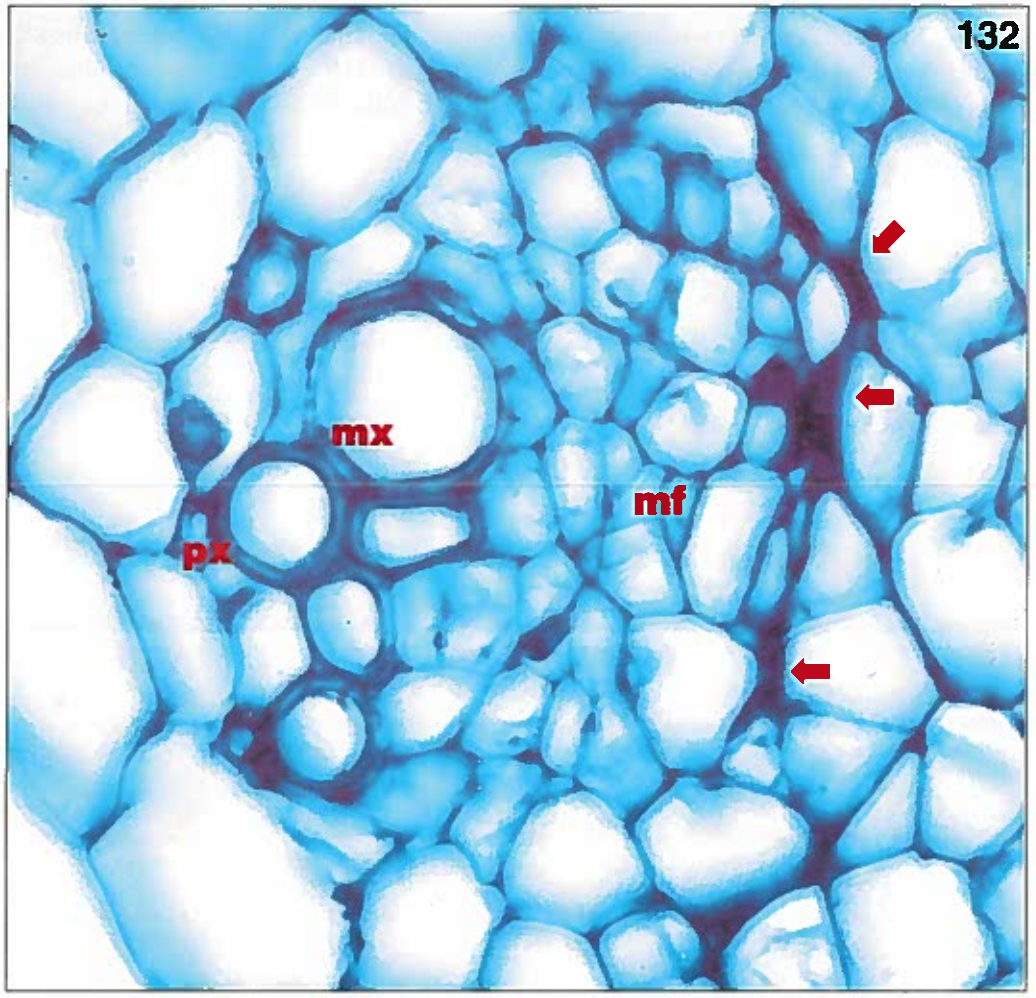

130

**131.** Protofloema (flechas) y metafloema (mf). 40x.

**132.** Protofloema (flechas) y metafloema (mf). Detalle de la anterior. mx: metaxilema. px: protoxilema. 100x.

Durante el desarrollo de los órganos, el protofloema pronto es destruido por las tensiones de elongación, siendo reemplazado funcionalmente por el metafloema. En las secciones histológicas el protofloema se reconoce como un conjunto de células aplastadas (130, 131).


131
mf

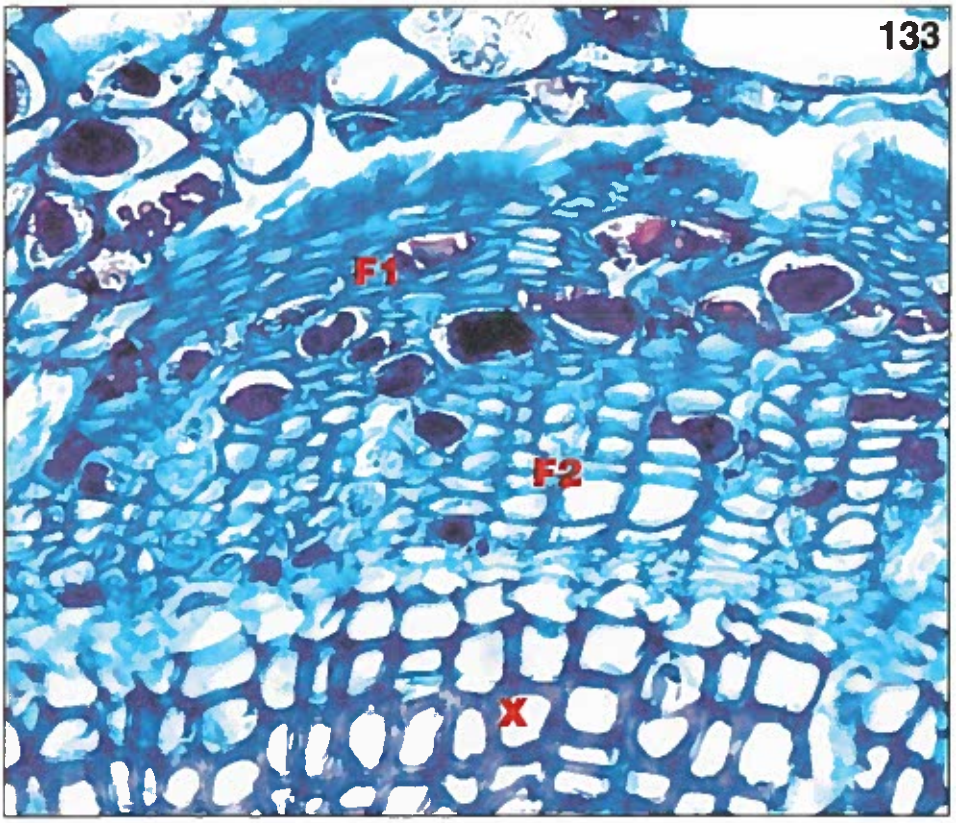

132
mx
px
mf

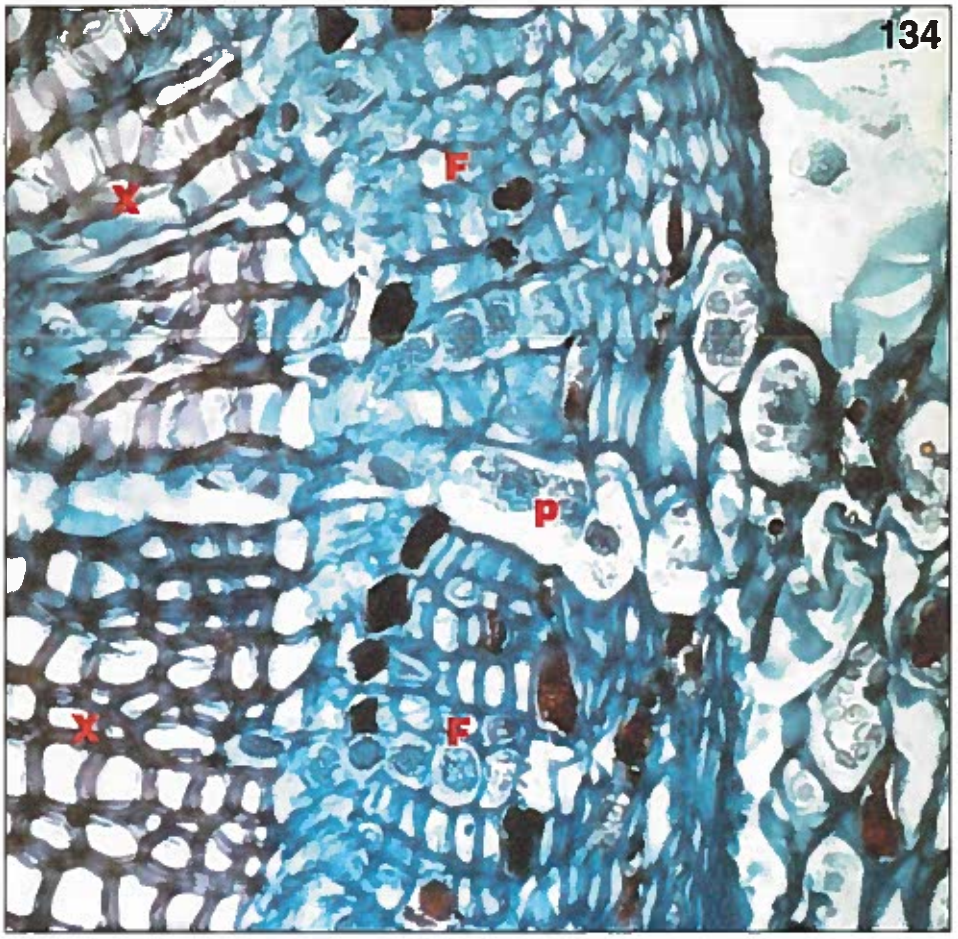
**133.** Floema secundario (F2). F1: floema primario, X: xilema. 40x.

**134.** Floema en sección transversal (F) y células parenquimáticas del parénquima horizontal del floema (p). X: xilema. 40x.

El floema secundario (133), al contrario que el xilema secundario, no presenta anillos de crecimiento porque el floema formado en primavera es similar en todos los sentidos al formado en otoño.

Las células del parénquima horizontal del floema (134) suelen disponerse a continuación de las del parénquima horizontal del xilema (116), constituyendo ambas los radios medulares (135), que permiten una comunicación de células vivas entre la médula y el cortex.


133
F1
F2
X


134
X
F
P
X
F

# HACES VASCULARES

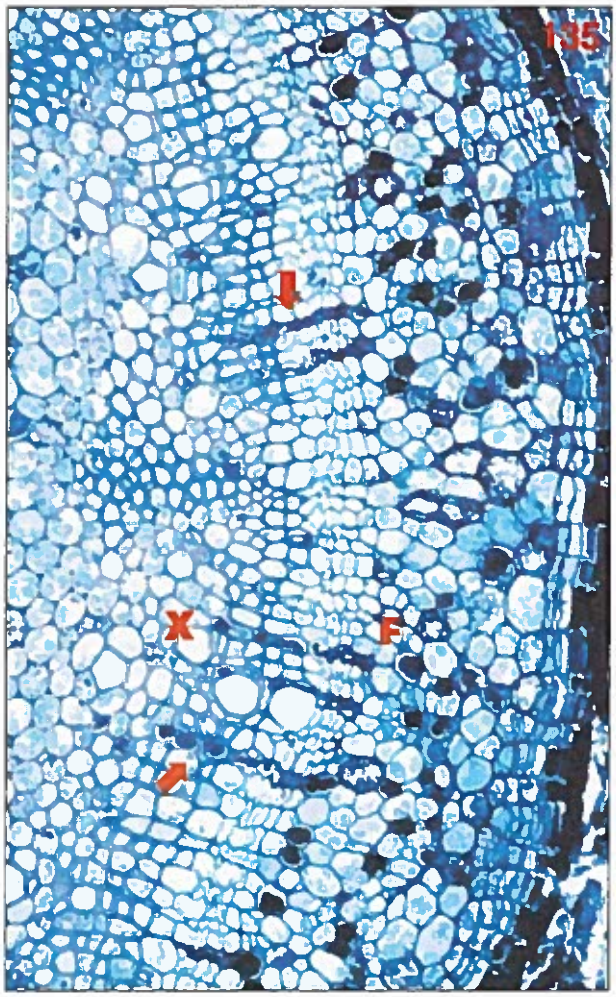
Los haces vasculares están constituidos por el xilema y el floema que, inevitablemente, están juntos en todas las estructuras de las plantas. En las hojas constituyen la venación y en el tallo y en la raíz se disponen entre la médula (si existe) y el cortex.

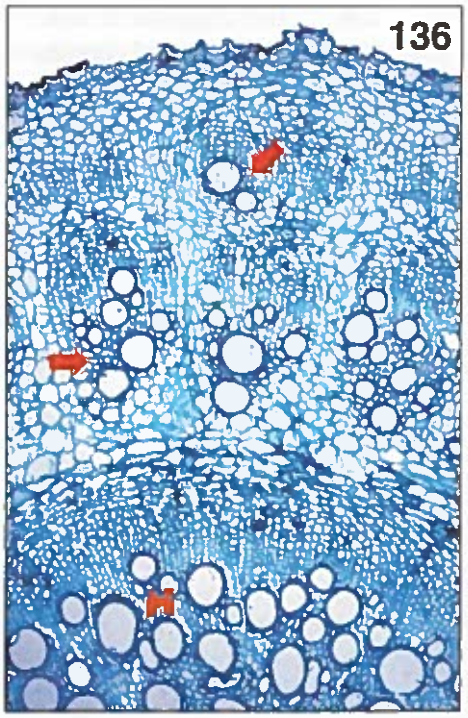
135. Radios medulares (flechas). X: xilema, F: floema. 20x.
136. Haces vasculares supernumerarios (flechas). H: haz vascular central. 10x.
137. Haz radial o alterno. X: xilema, F: floema. 100x.

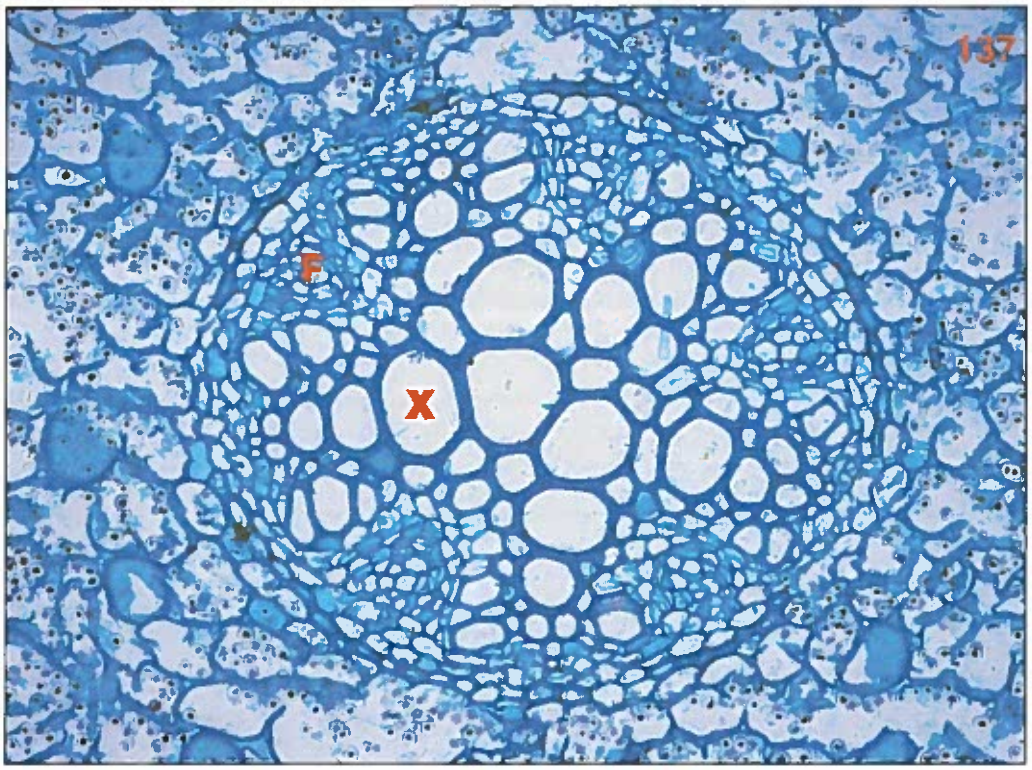
Los radios medulares (135) no solamente permiten la comunicación entre el cortex y la médula, sino que además están conectados con las células de los parénquimas verticales del xilema y del floema, constituyendo todas ellas una red de células vivas que recorre los haces vasculares tanto en sentido horizontal como vertical.

Los haces vasculares supernumerarios son la consecuencia de la formación de un cambium supernumerario que se desarrolla especialmente en ciertas raíces almacenadoras (raíz de *Beta* (remolacha) en la imagen 136) que origina xilema y floema por fuera del haz central y sobre todo parénquima de reserva.

El haz radial (137) es característico de las raíces.

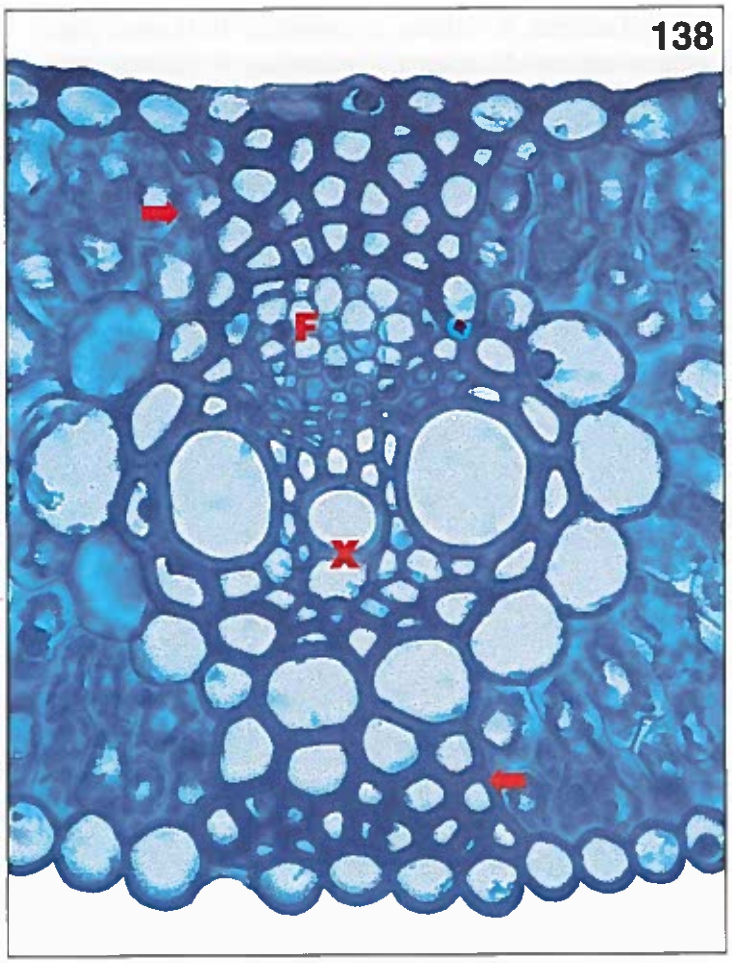

135
X
F

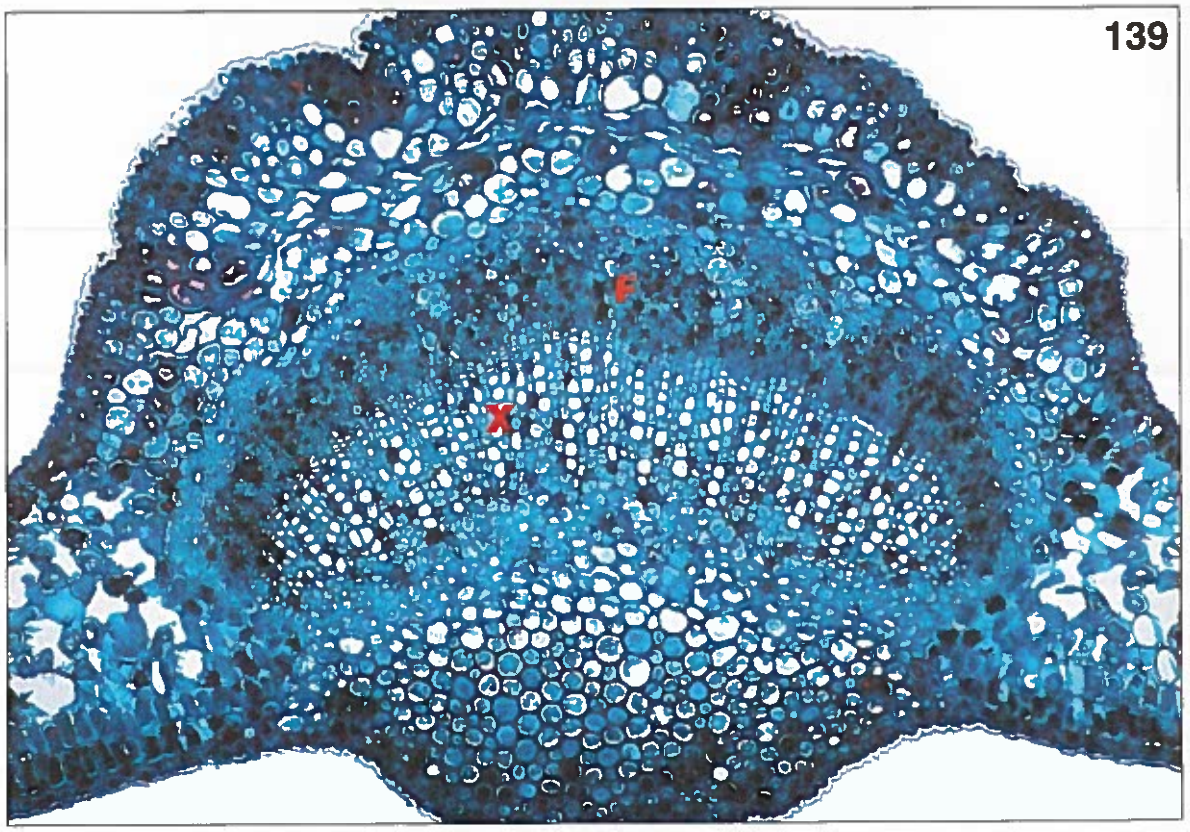

136
H


137
F
X

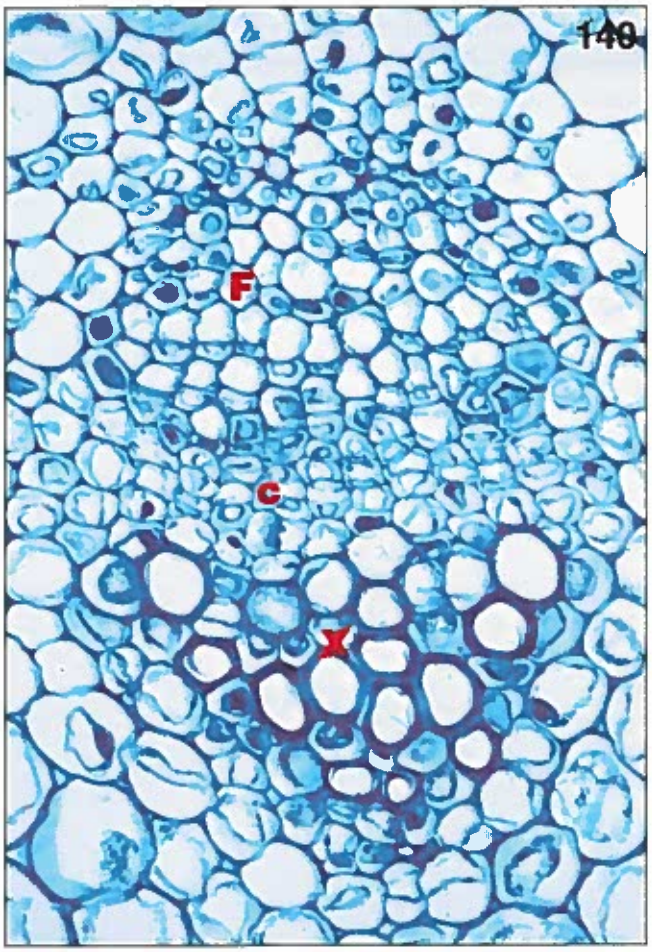
**138.** Haz colateral cerrado. X: xilema, F: floema. Las flechas indican fibras. 40x.
**139.** Haz colateral cerrado. X: xilema, F: floema. 10x.

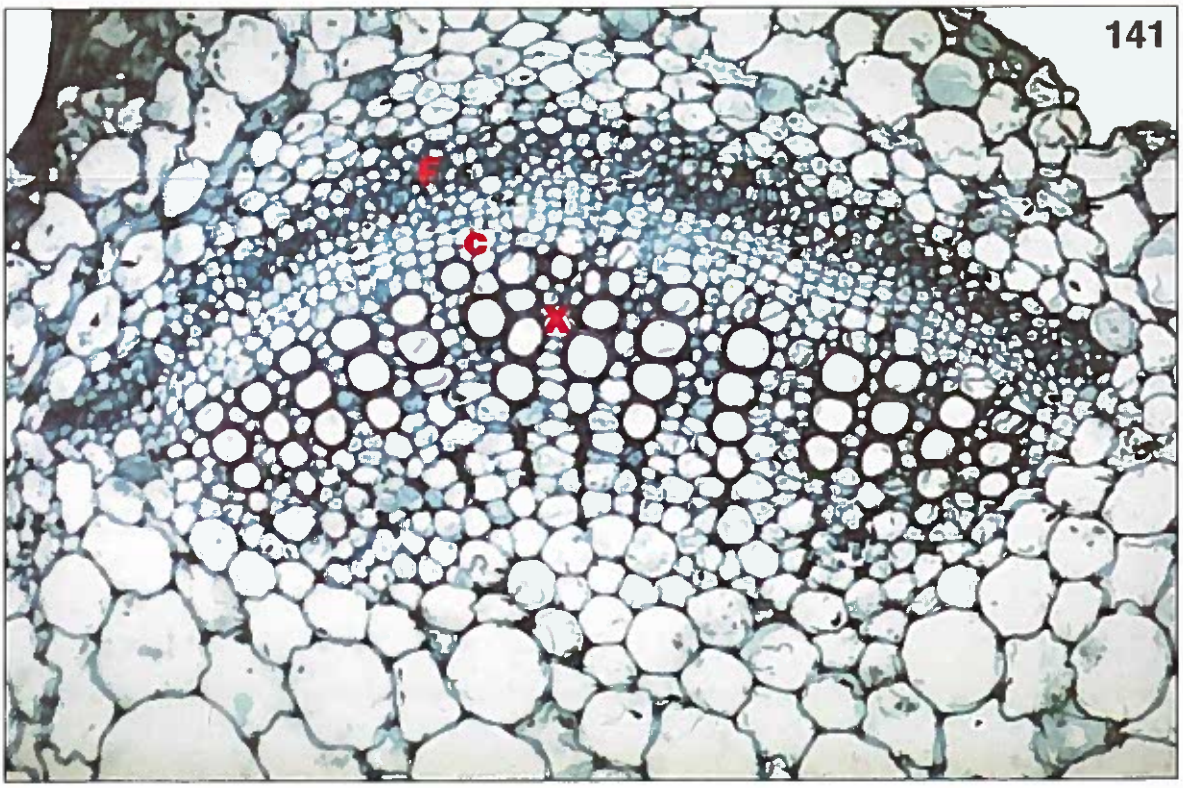
En los haces colaterales el xilema se dispone en posición interna y el floema externamente a él. Son cerrados si entre xilema y floema no hay cambium (138, 139) y abiertos si sí lo hay (140, 141).


138
F
X

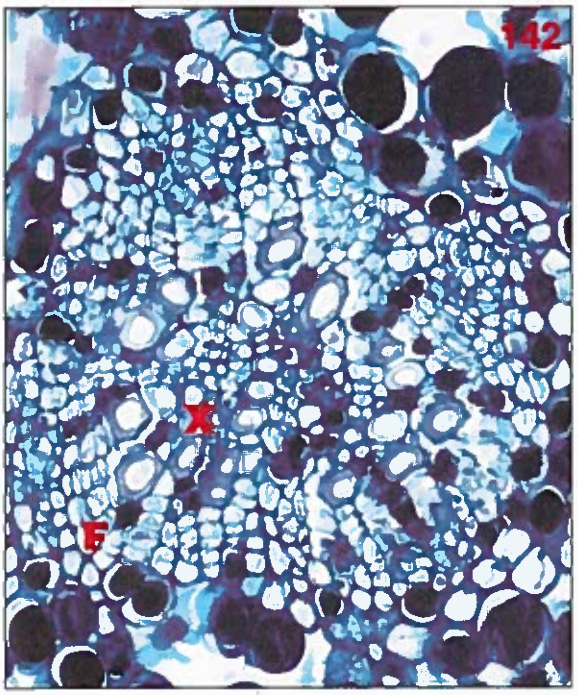

139
F
X

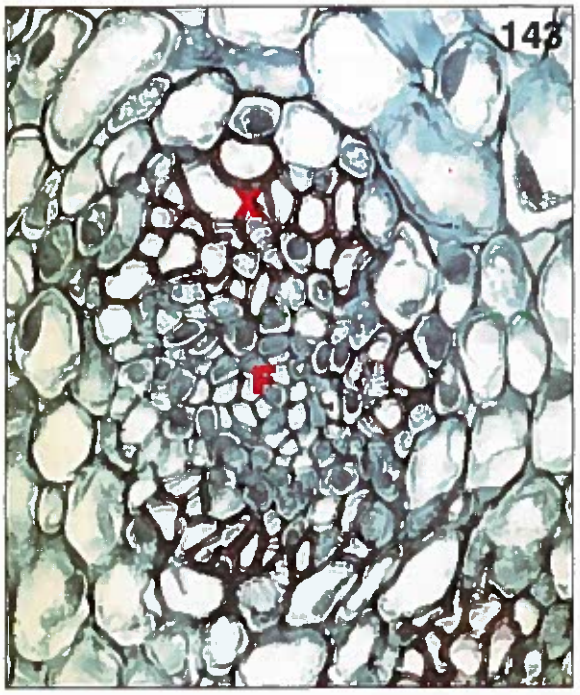
**140.** Haz colateral abierto. X: xilema, c: cambium, F: floema. 20x.
**141.** Haz colateral abierto. X: xilema, c: cambium, F: floema. 20x.

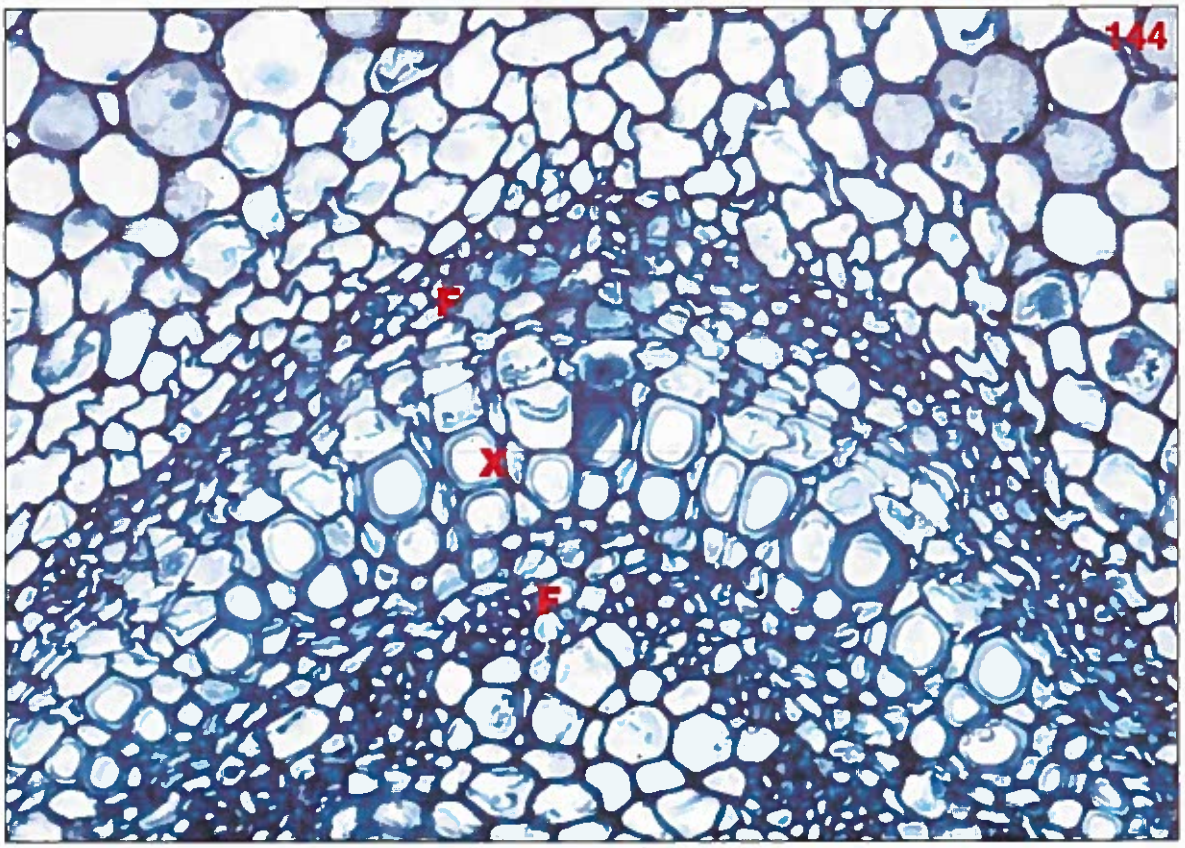

140
F
C
X


141
F
C
X

**142.** Haz concéntrico perifloemático o anficribal. X: xilema, F: floema. 40x.
**143.** Haz concéntrico perixilemático o anfivasal. X: xilema, F: floema. 40x.
**144.** Haz bicolateral. X: xilema, F: floema. 40x.


142
X
F


143
X
F

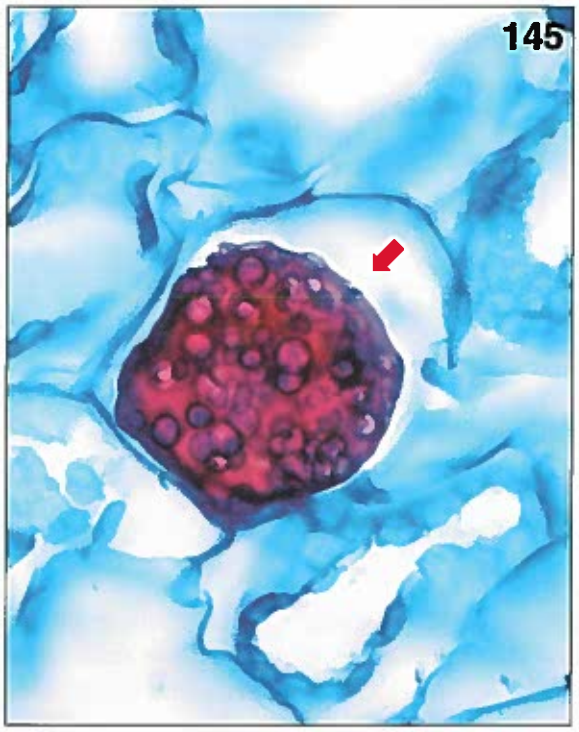

144
F
X
F

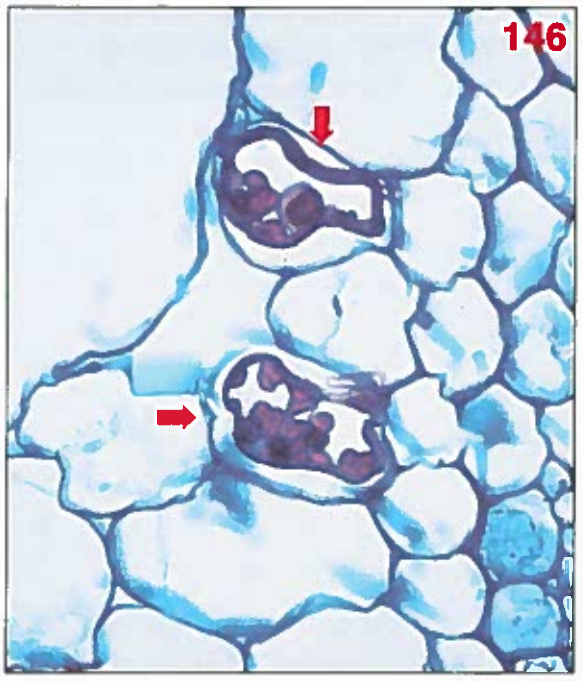
# TEJIDOS SECRETORES

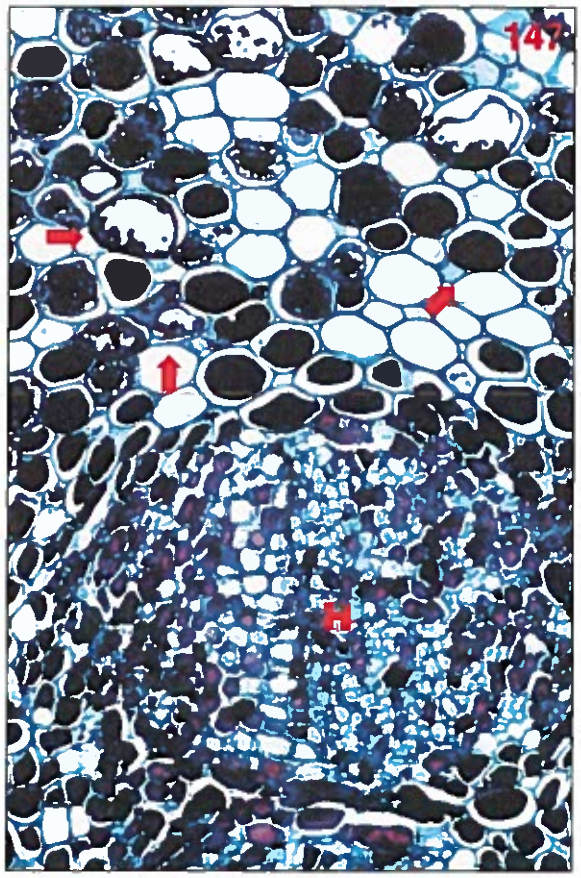
Los tejidos secretores constan en general de células con paredes primarias, vivas unas, muertas otras y todas relacionadas con la síntesis o la acumulación de sustancias de naturaleza muy diversa.

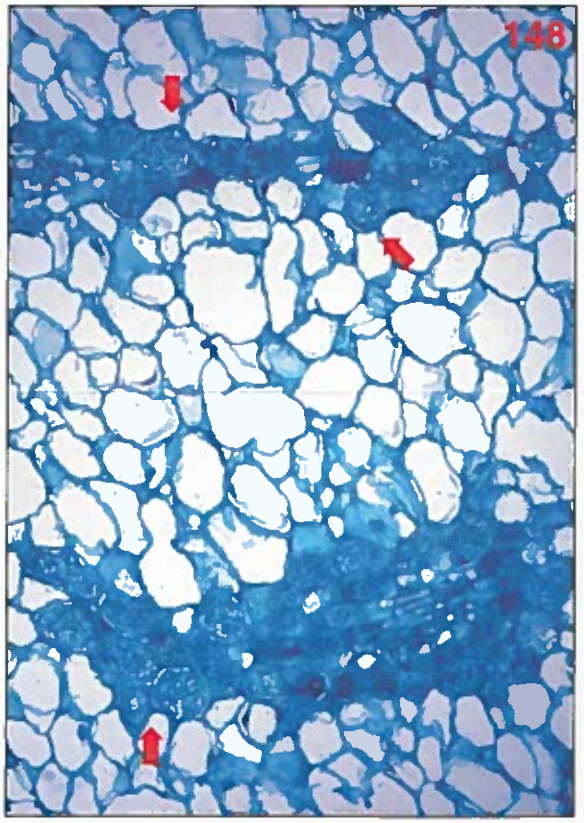
**145.** Célula secretora (flecha). 100x.
**146.** Células secretoras (flechas). 40x.
**147.** Células secretoras (flechas). H: haz vascular. 20x.
**148.** Células secretoras (flechas). 10x.

Teniendo en cuenta que muchas estructuras secretoras contienen mezclas muy heterogéneas de diferentes sustancias, que otras contienen sustancias puras y que en muchos casos los contenidos no han sido identificados, no es posible realizar una clasificación atendiendo a los productos de secreción.


145

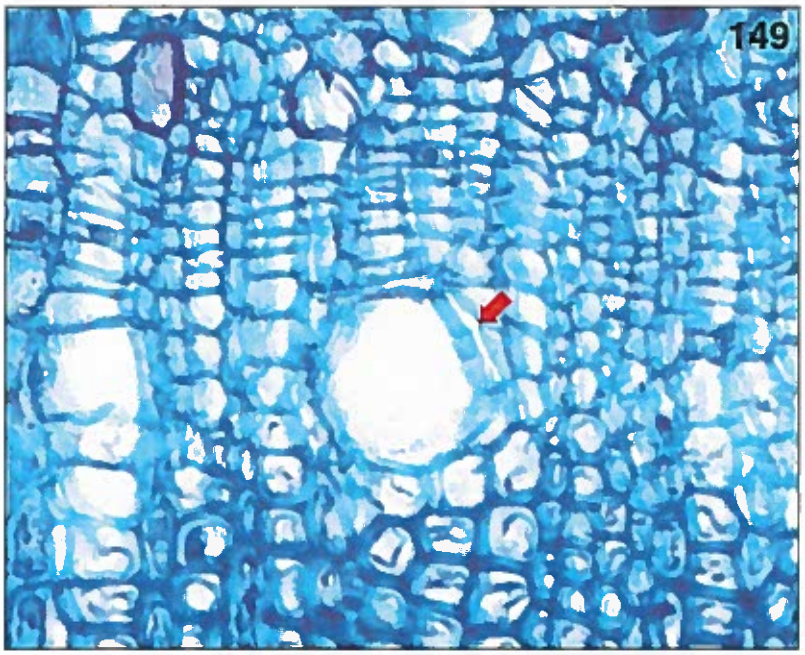

146

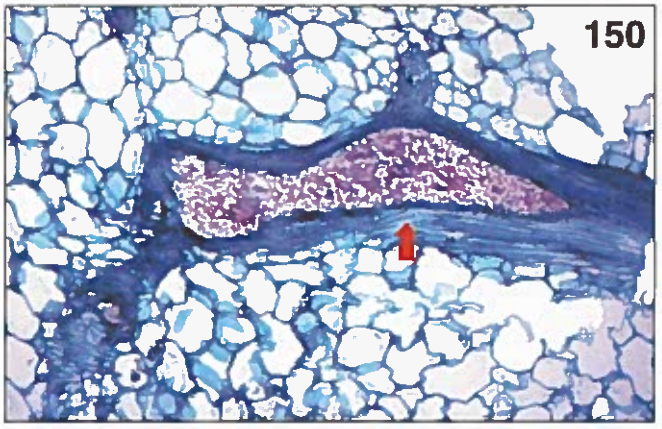

147
H

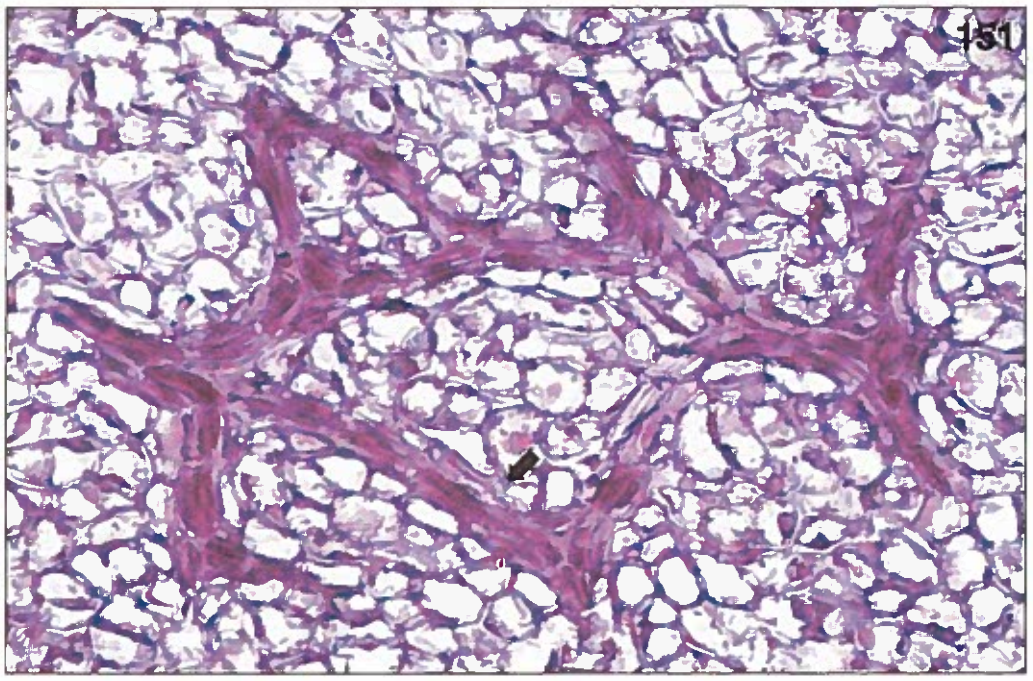

148

**149.** Cavidad en el floema (flecha). 40x.
**150.** Tubo secretor (flecha). 10x
**151.** Tubos secretores (flecha). 40x.

De igual forma que para las células secretoras aisladas, la clasificación de los conductos secretores atendiendo a los productos de secreción no es posible por tratarse de sustancias muy heterogéneas: látex, taninos, gomas, resinas, etc. Los tubos secretores pueden estar asociados a los haces conductores o no.


149

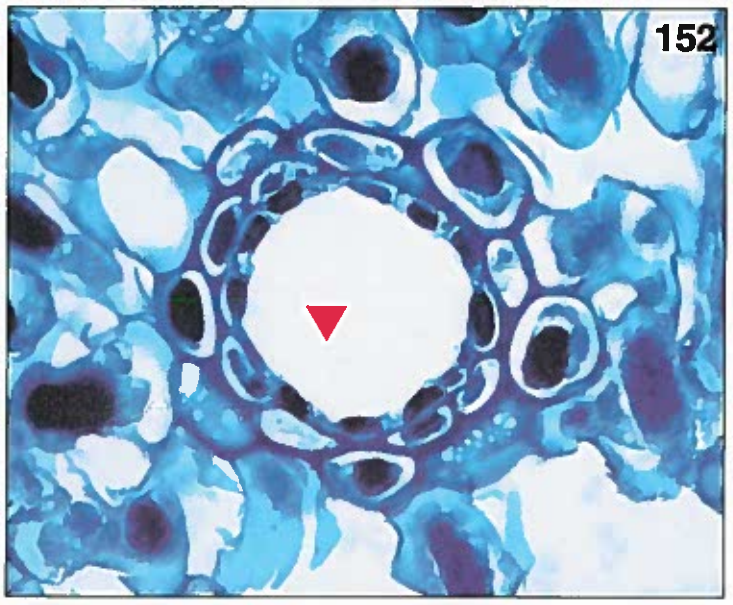

150

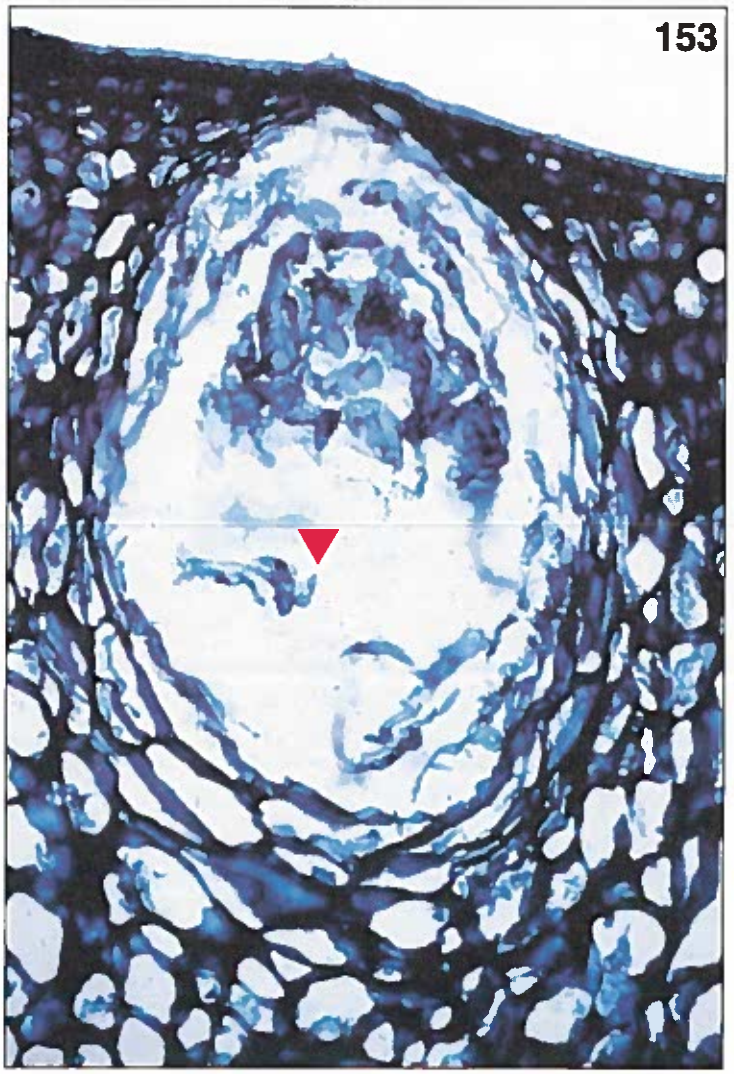

151

**152.** Conducto esquizógeno. Canal resinífero (triángulo). 40x.
**153.** Conducto lisogénico (triángulo). 20x.

Los conductos lisogénicos (153) proceden de la lisis de determinadas células que previamente sintetizan determinadas sustancias hasta que literalmente explotan, reconociéndose en los cortes histológicos los restos celulares.

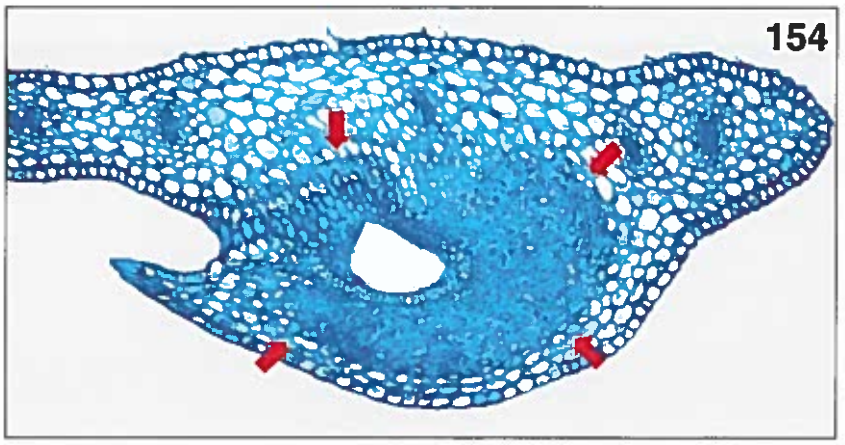
Por otra parte las cavidades esquizógenas (152) son el resultado de un progresivo agrandamiento de un espacio intercelular inicial. Los productos elaborados por las propias células que tapizan el hueco vierten su contenido al mismo.

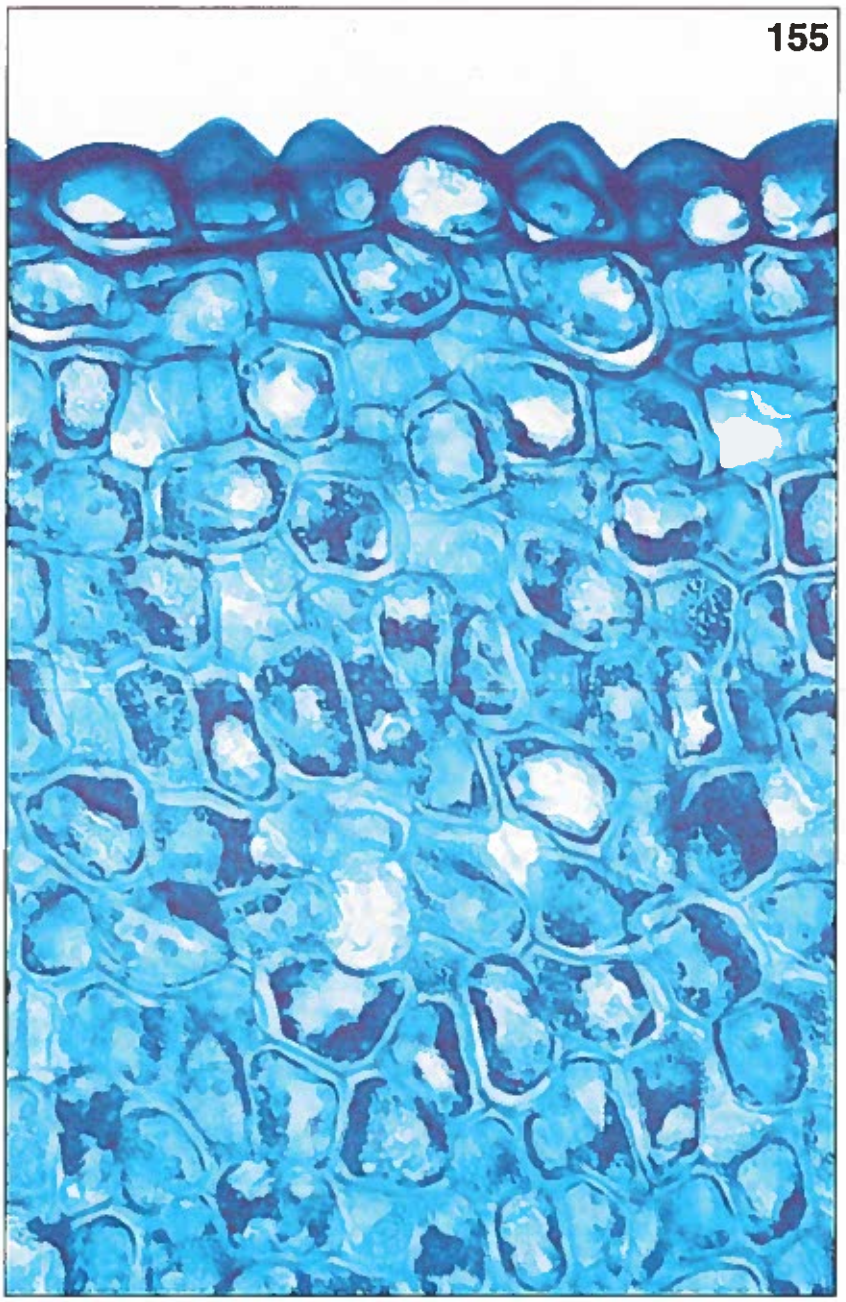

152


153

**154.** Nectario (flechas). 10x
**155.** Nectario. Detalle de la anterior. 40x.

Los nectarios son estructuras secretoras (de diversa morfología e histología) de néctar. En este caso se trata de un nectario floral asociado al pétalo de *Ranunculus*.


154

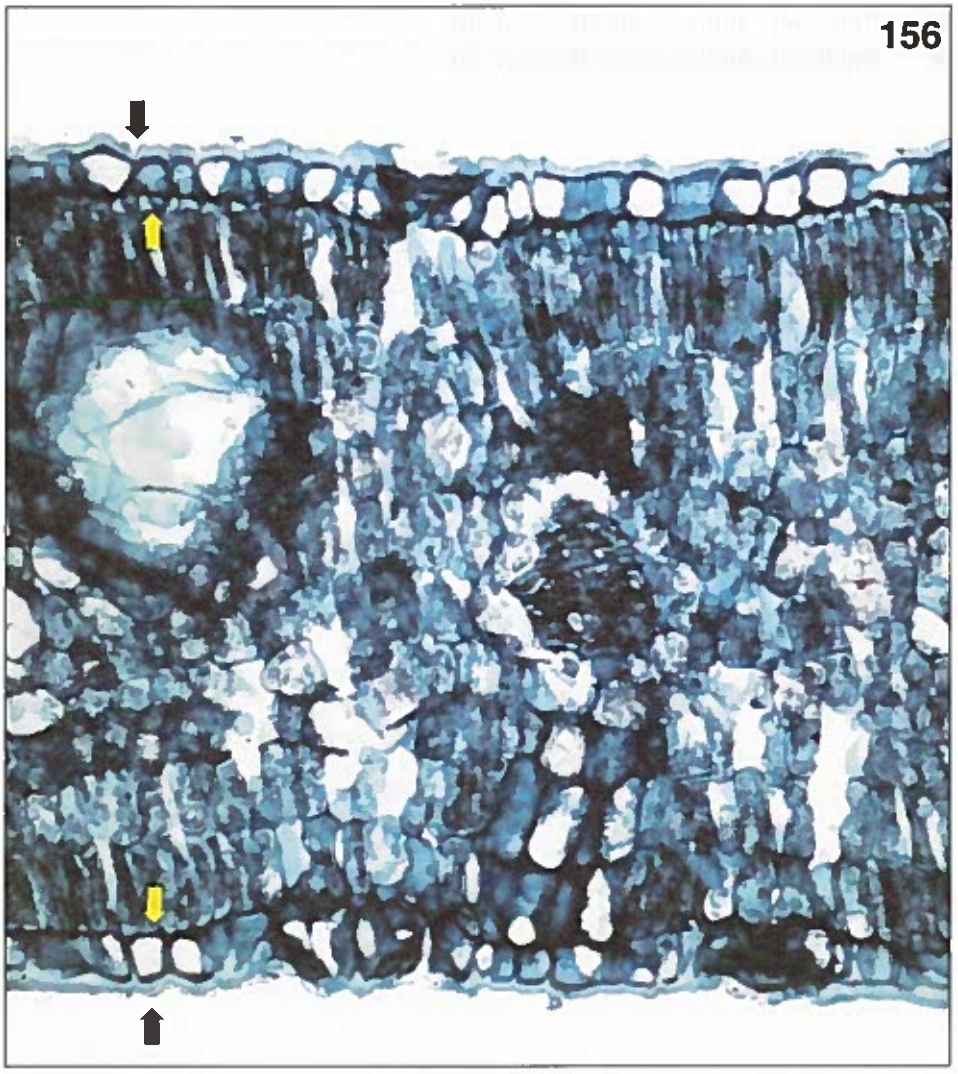

155

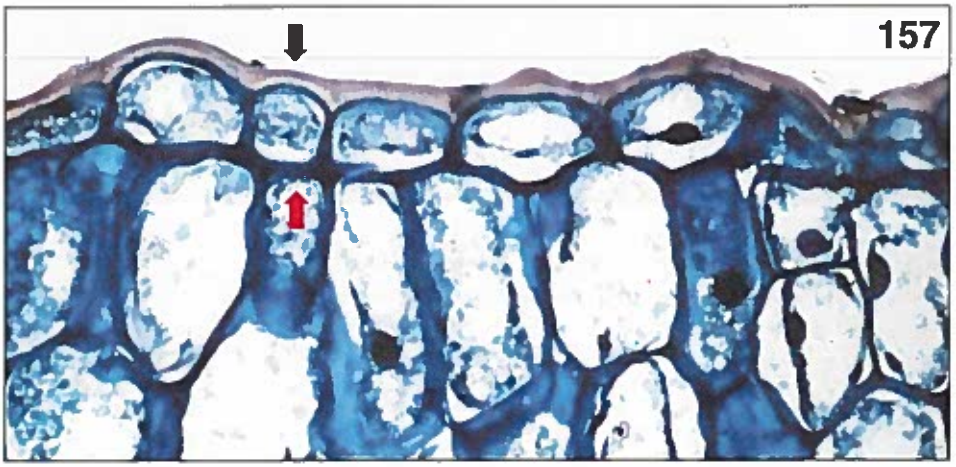
# EPIDERMIS

La epidermis es el tejido en contacto con el medio, presente en las partes de la planta con crecimiento primario. Es un tejido complejo que consta de las células epidérmicas propiamente dichas, las células oclusivas de los estomas y las células que conforman los tricomas o pelos epidérmicos. En su mayoría son células vivas con paredes primarias.

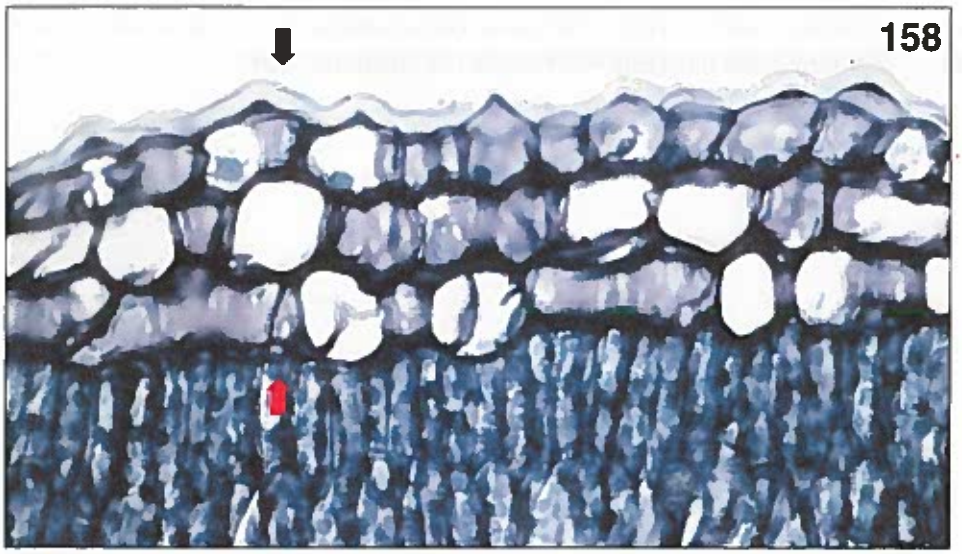
**156.** Epidermis uniseriadas (flechas). 20x.
**157.** Epidermis uniseriada (flechas). 20x.

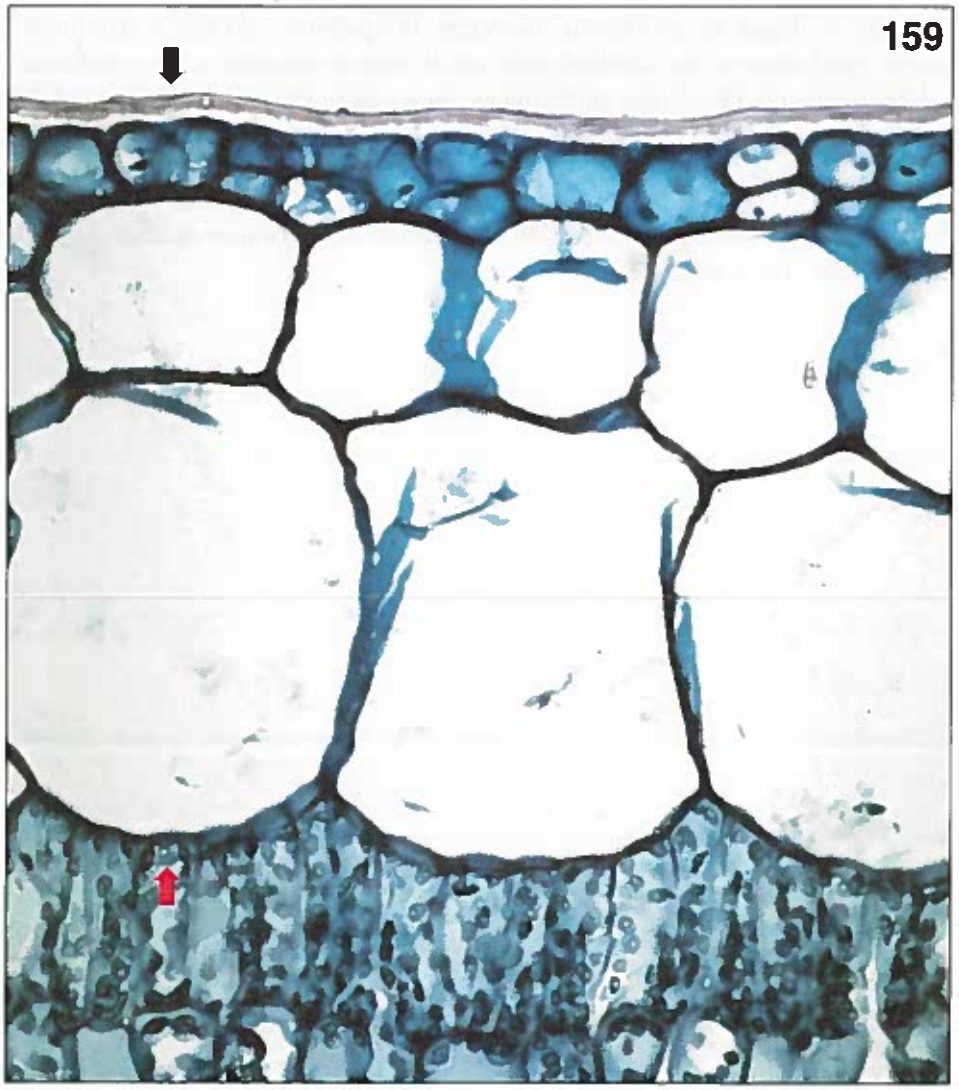
La epidermis comúnmente es uniseriada (156, 157). En la imagen 156 se observa que las células epidérmicas del haz y las del envés de la hoja de *Eucaliptus* son similares.


156


157

**158.** Epidermis multiseriada (flechas). 40x.
**159.** Epidermis multiseriada (flechas). 40x.

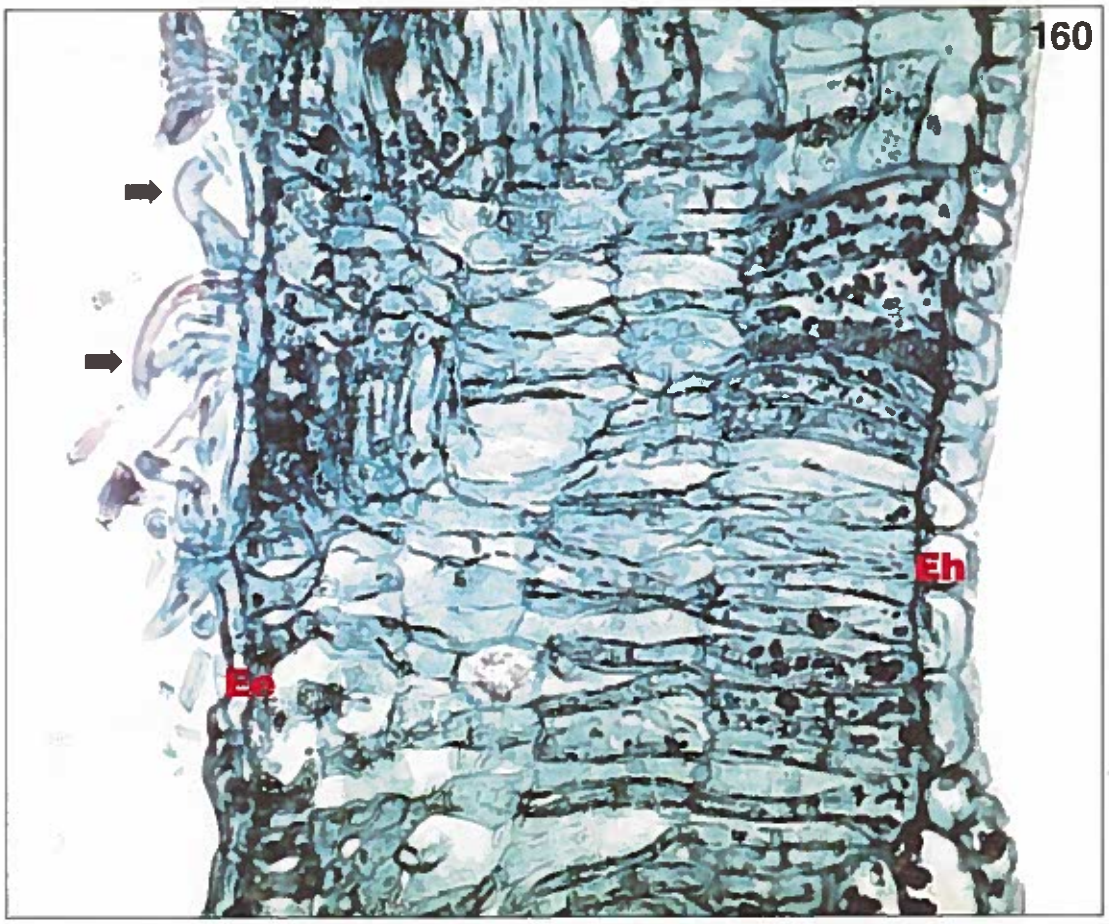

158

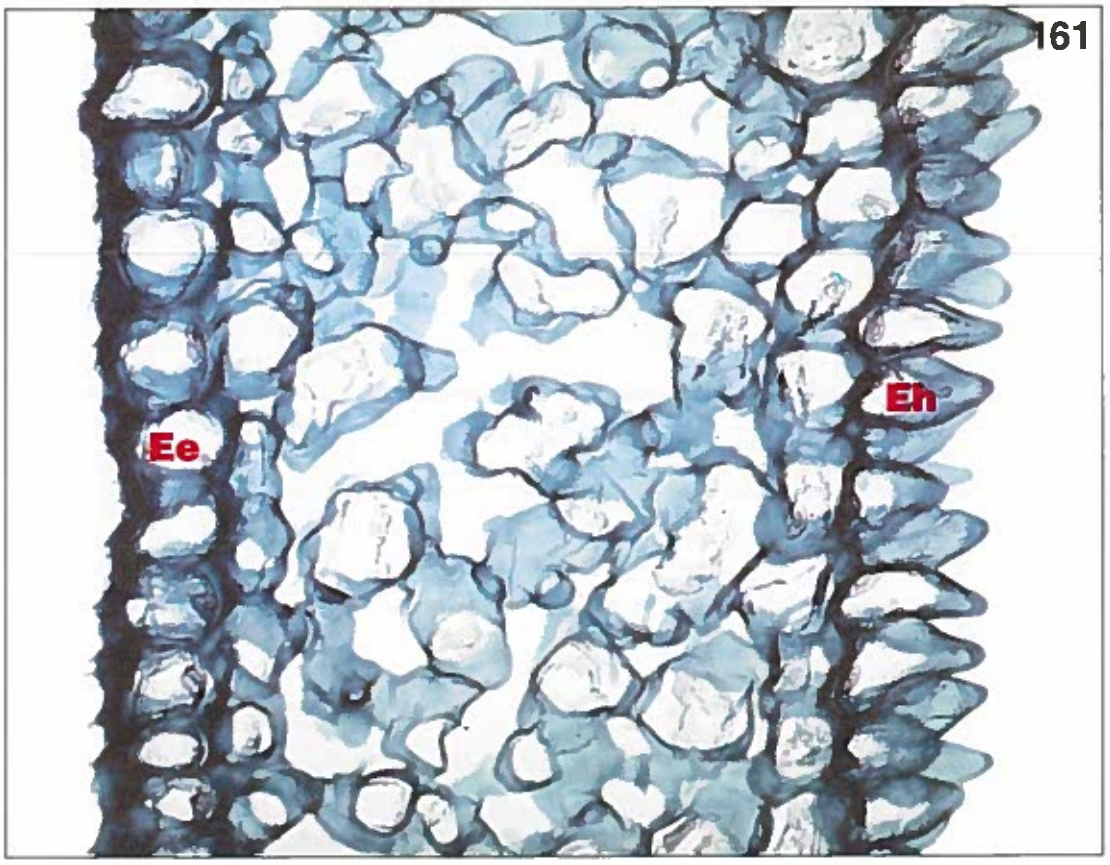

159

**160.** Epidermis del haz (Eh) y del envés (Ee) distintas. Las flechas indican tricomas. 40x.
**161.** Epidermis del haz (Eh) y del envés (Ee) distintas. 40x

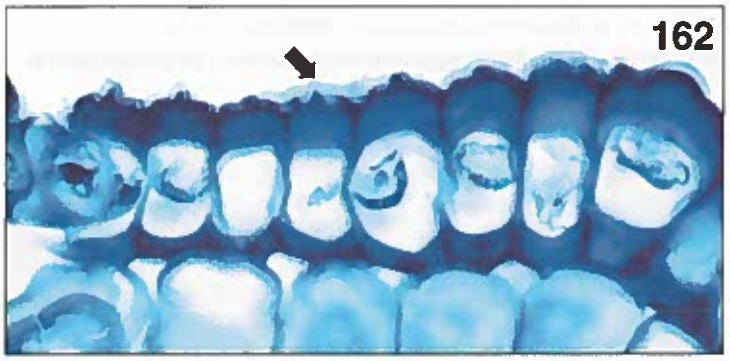
En las hojas de las plantas mesófitas, la epidermis del haz y del envés suelen ser distintas (de igual manera que también suele ser distinto el mesófilo correspondiente al haz y al envés). Concretamente las células epidérmicas del envés (en este caso de *Quercus* (alcornoque) (160)) suelen ser más aplanadas. Además en el envés se localizan más tricomas y estomas que en la epidermis del haz (160).

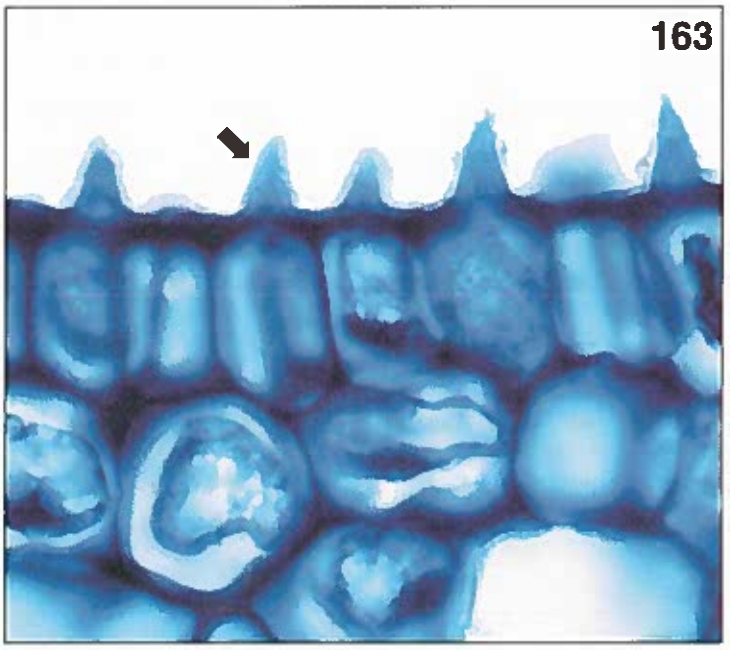
También son netamente distintas las células epidérmicas del haz de los pétalos (de *Rosa* en este caso (161)) de las del envés.

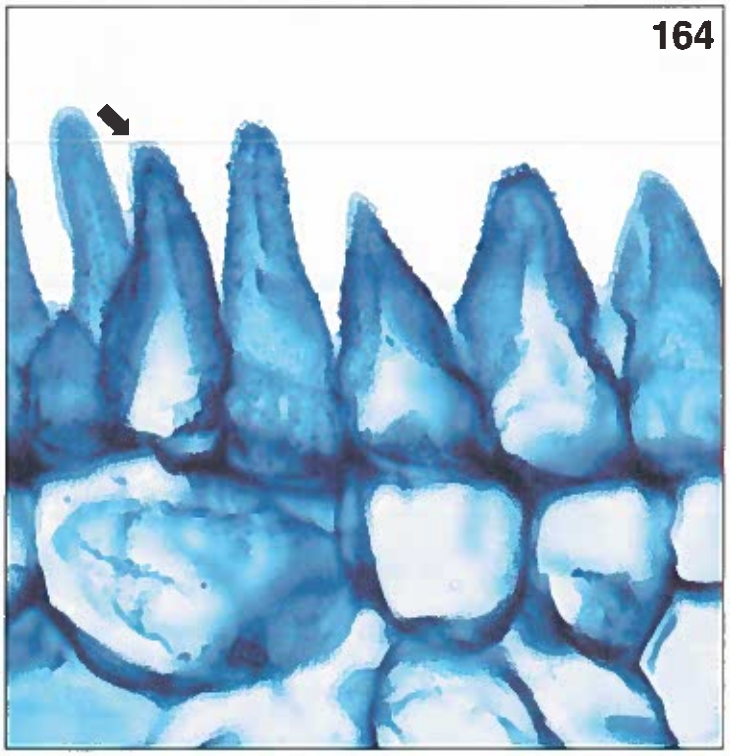

160
Eh
Ee


161
Eh
Ee

**162.** Células epidérmicas con papilas (flecha). 100x.
**163.** Células epidérmicas con papilas (flecha). 100x.
**164.** Células epidérmicas con papilas (flecha). 100x.


162

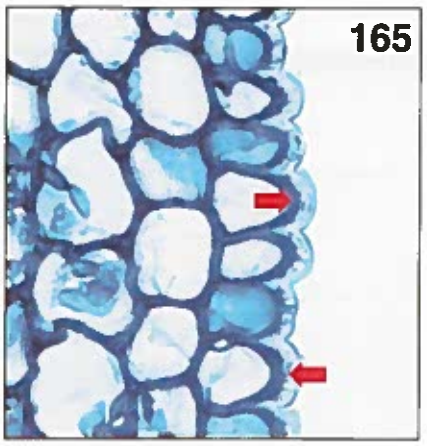

163

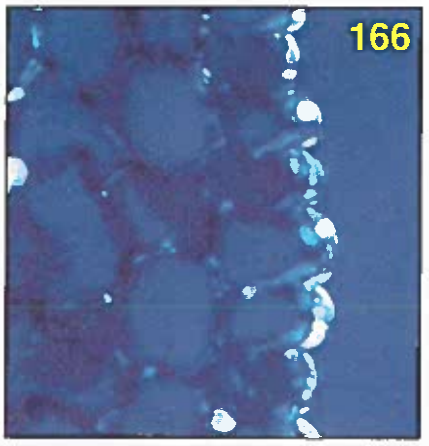

164

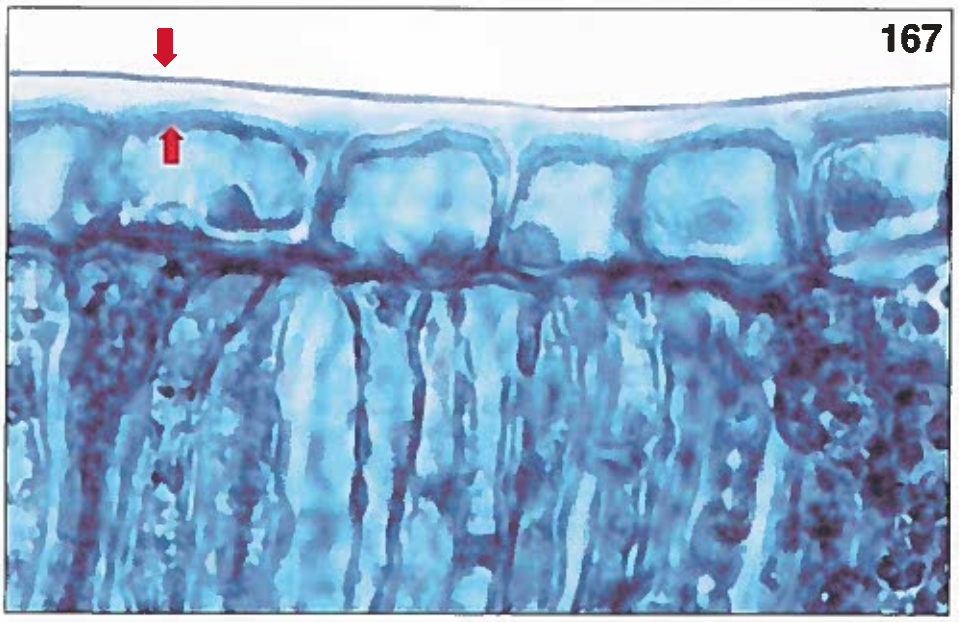
**165.** Cutícula con inclusiones cristalinas (flechas). 100x.
**166.** La imagen anterior observada con microscopio de polarización. 100x.
**167.** Cutícula (flechas). 100x.
**168.** Cutícula (flechas). 100x.

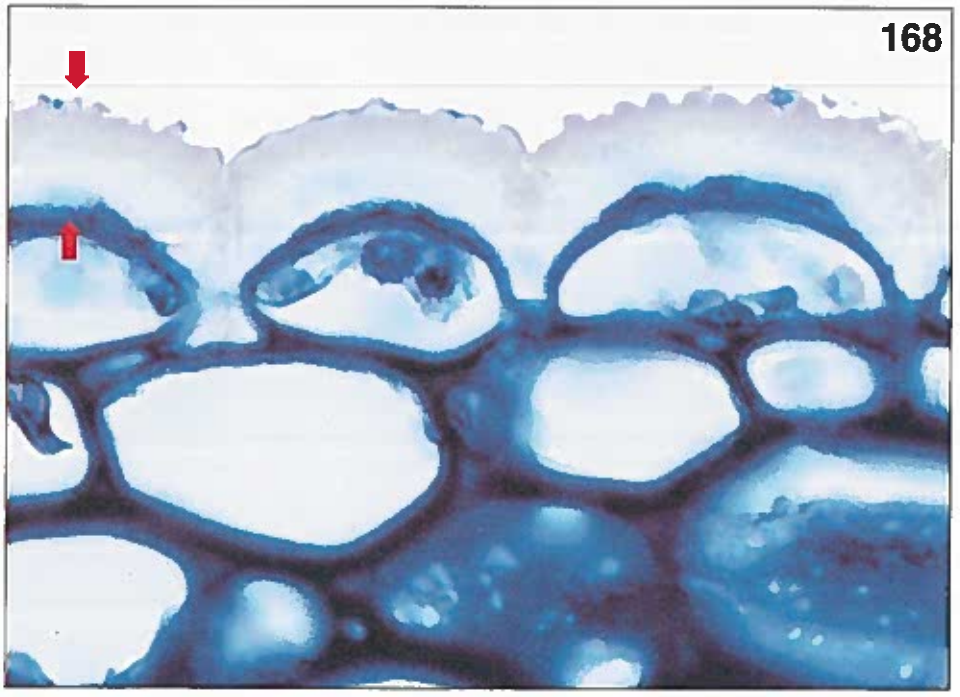
Ciertas plantas presentan ceras cristalizadas en la cutícula (165) lo cual proporciona un aspecto lustroso y brillante al órgano en el que se encuentran.

La cutícula está relacionada con el control de la transpiración. Una planta que careciese de cutícula perdería por transpiración tanta cantidad de agua que moriría deshidratada en poco tiempo. Al existir la cutícula, la transpiración tiene lugar en una proporción muy pequeña a través de ella, produciéndose fundamentalmente a través de los estomas lo cual entre otras cosas, permite la difusión de la llamada savia bruta a través del xilema. En las plantas expuestas a altas temperaturas, la cutícula está especialmente desarrollada.


165


166


167

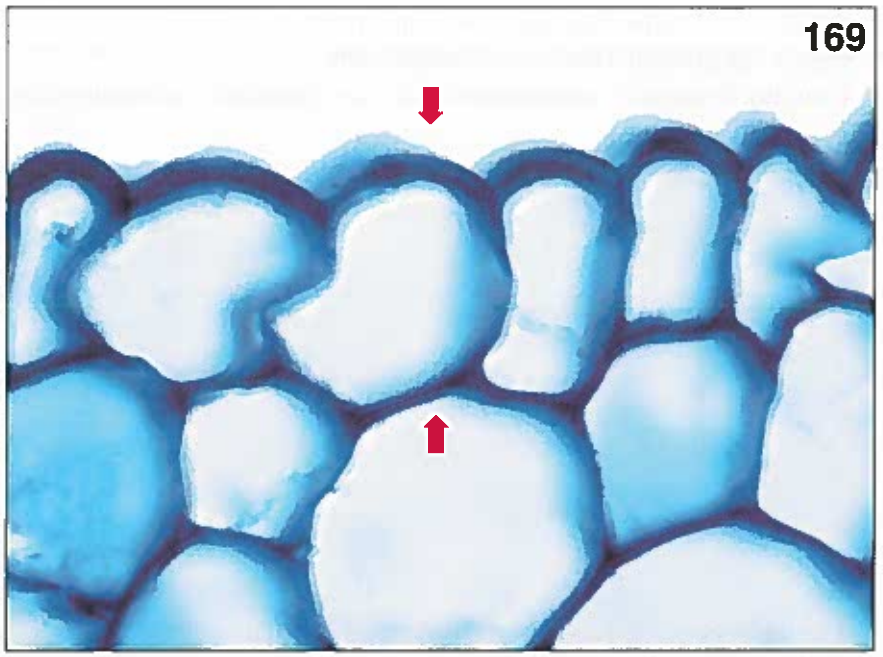

168

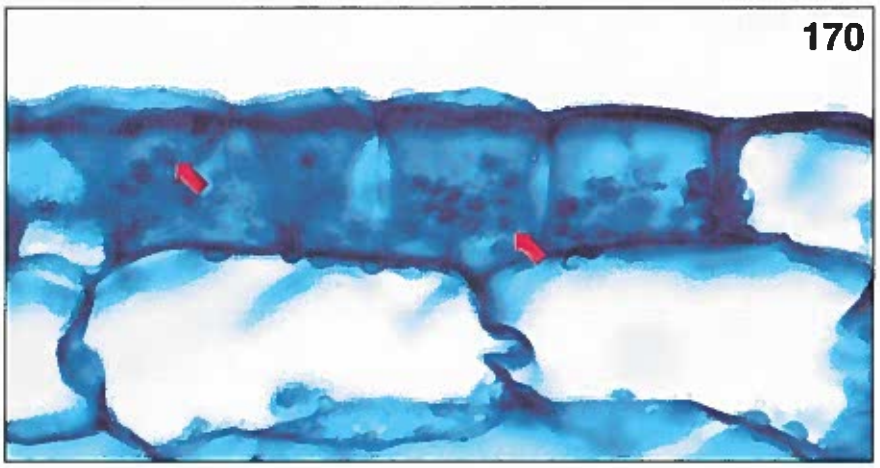
**169.** Epidermis de raíz (flechas). 100x.
**170.** Células epidérmicas con cloroplastos (flechas). 100x.
**171.** Células buliformes (flechas). 40x.

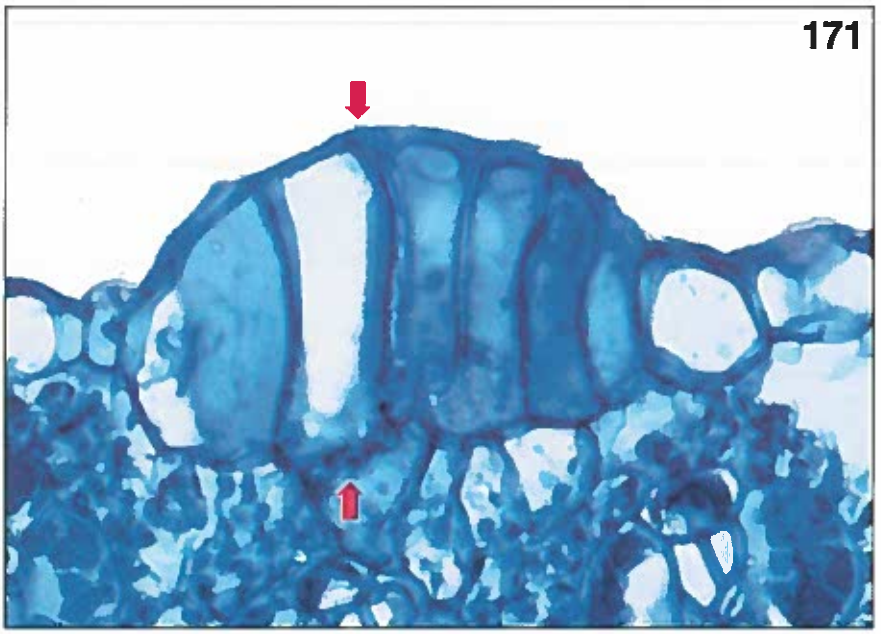
Las células epidérmicas de la raíz (169, 211a) son en esencia similares al resto de las células epidérmicas, aunque generalmente presentan suberina en la cutícula en vez de cutina.

En la imagen 170 se observa una adaptación de las plantas acuáticas a su habitat (en este caso *Myriophyllum*). Téngase en cuenta que las plantas hidrófitas no suelen presentar parénquima clorofílico en empalizada porque gran parte de mesófilo está ocupado por parénquima esponjoso con grandes meatos por los que circula el aire. Ante el déficit de células fotosintetizadoras las células epidérmicas presentan cloroplastos.

Las células buliformes (171) representan un mecanismo de defensa ante la exposición prolongada a la luz y a las elevadas temperaturas. En esas condiciones la planta cierra los estomas y además las hojas (en este caso de *Zea* (maíz)) se pliegan gracias a que las células buliformes pierden agua, plegándose la hoja por los lugares en los que están esas células. El resultado es que la superficie foliar expuesta al sol es mucho menor.

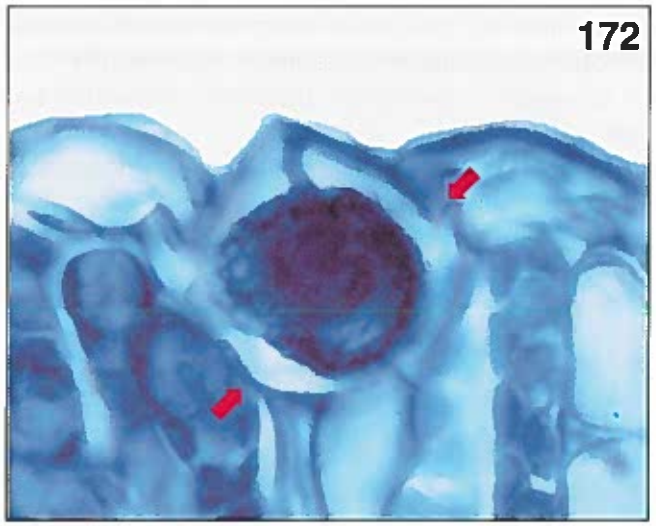

169

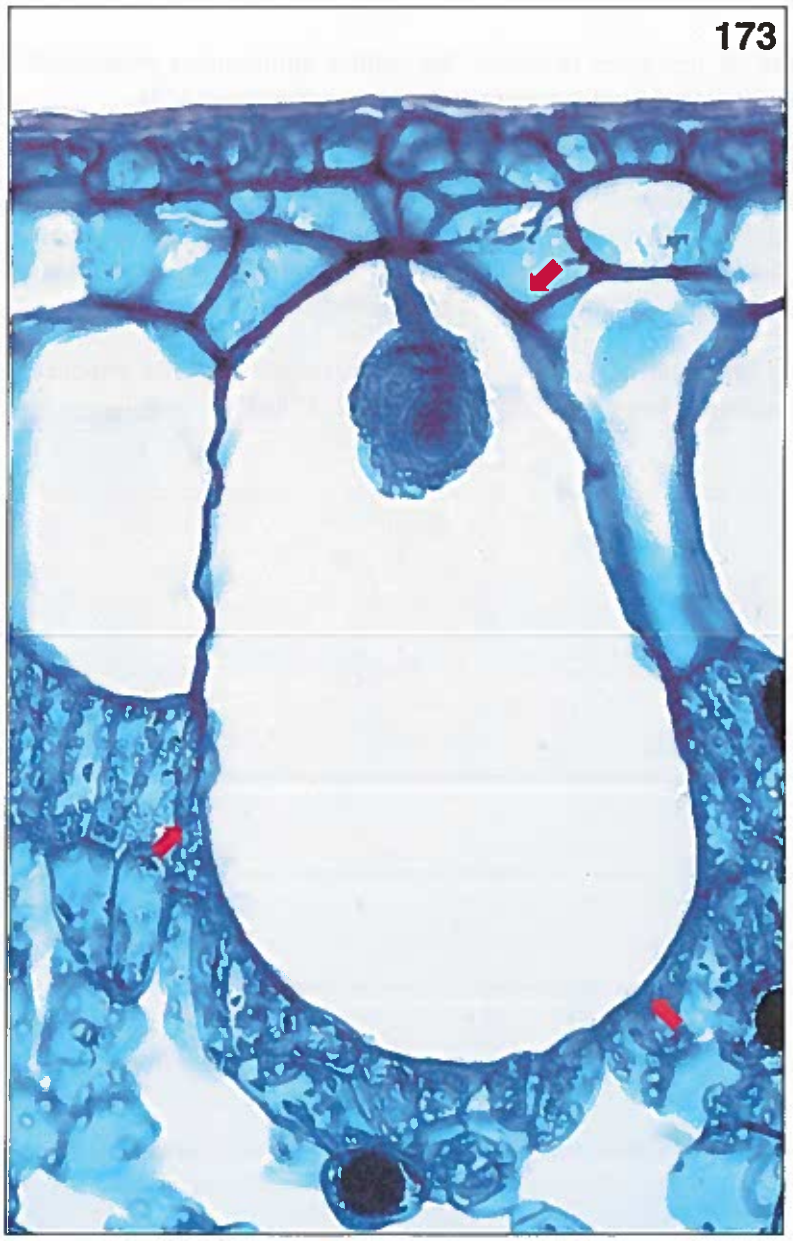

170

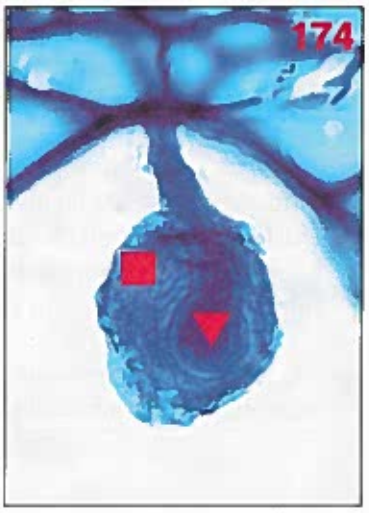

171

**172.** Célula con cistolito (flechas) o litocisto. 100x.
**173.** Célula con cistolito (flechas) o litocisto. 40x.
**174.** Cistolito. Triángulo: componente celulósico, cuadrado: carbonato cálcico. 100x.

Las inclusiones cristalinas de carbonato cálcico en las plantas constituyen los llamados cistolitos (174), llamándose litocistos (según algunos autores) las células que los contienen (172, 173).


172


173


174

**175.** Imagen de la superficie epidérmica observada con microscopio de polarización. Las flechas indican estomas, las flechas huecas tricomas. 10x.

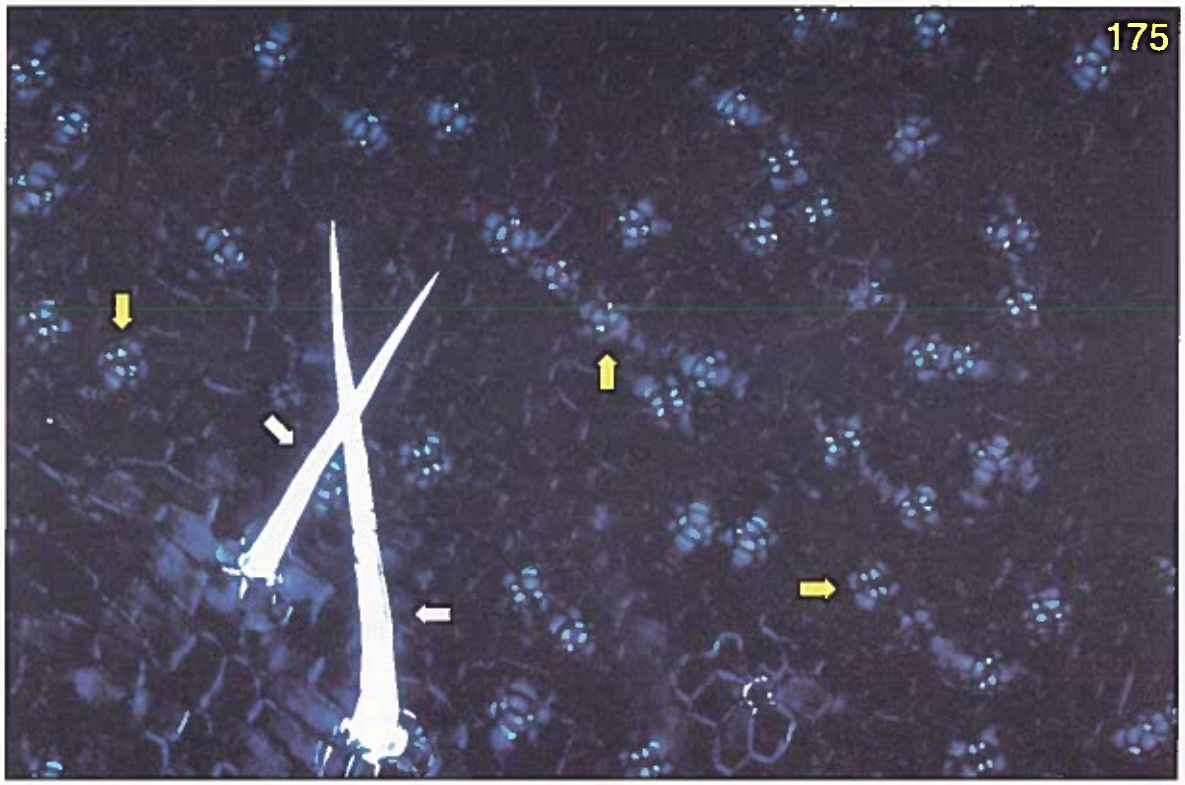
**176.** Imagen de la superficie epidérmica. Epidermis anisocítica. La flecha indica un estoma. 40x.

**177.** Imagen de la superficie epidérmica. Epidermis anomocítica. La flecha indica un estoma. 40x.

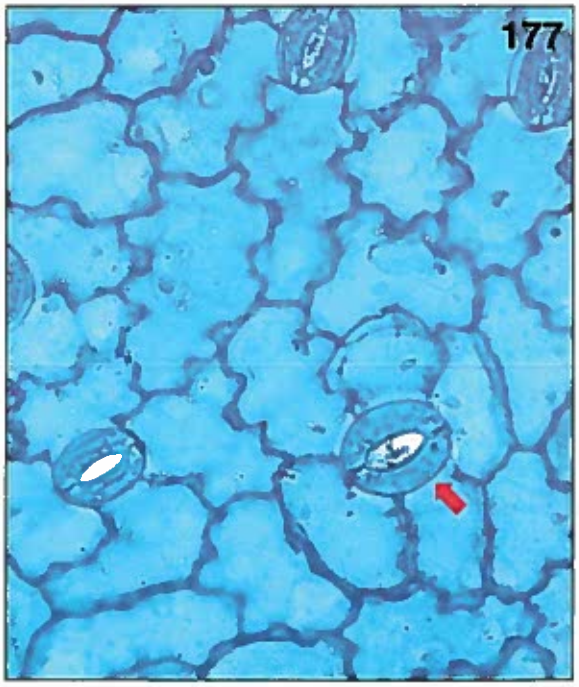
La epidermis consta de tres tipos celulares: las células epidérmicas propiamente dichas, las células oclusivas de los estomas y los tricomas o pelos epidérmicos (175).

Los estomas son auténticas aberturas en la epidermis por las que se obliga a la planta a transpirar, habida cuenta que no lo puede hacer a través del resto de la epidermis debido a la existencia de la cutícula. Los estomas son extraordinariamente abundantes y en general se abren al amanecer y se cierran en la oscuridad, regulándose la apertura y el cierre por la concentración intercelular de anhídrido carbónico, la luz, la humedad, la temperatura, etc.

La disposición que presentan las células epidérmicas respecto de los estomas y viceversa, es variable tal como se muestra en las imágenes 176, 177, 178, 179.


175


176

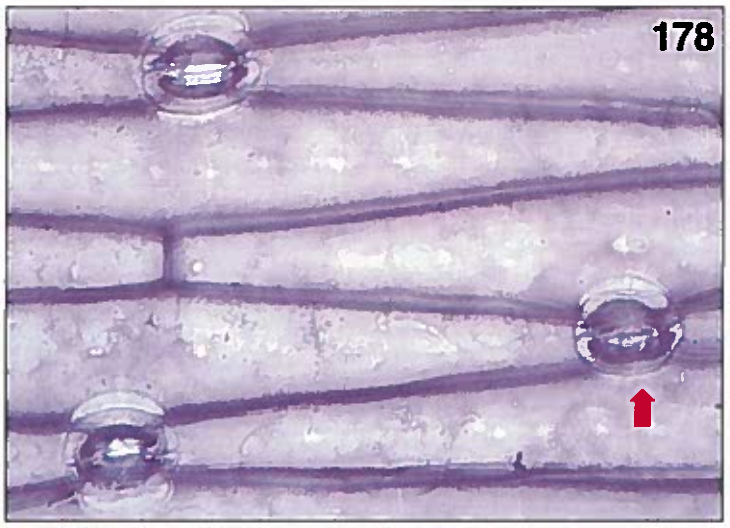

177

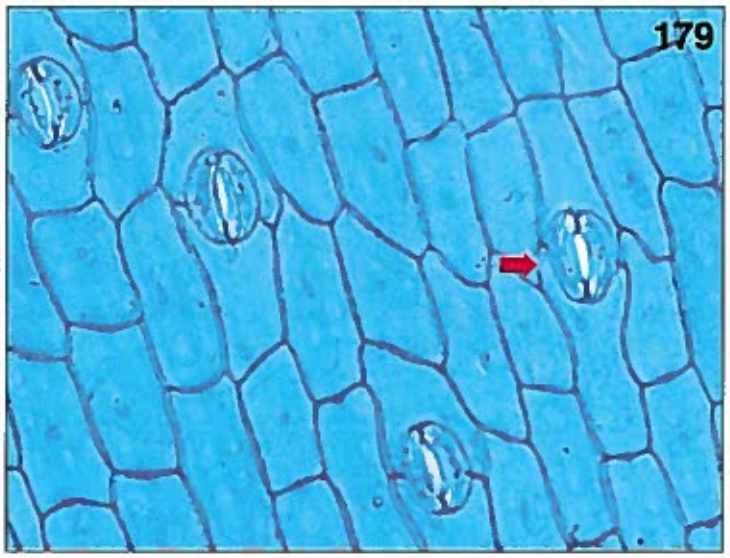
**178.** Imagen de la superficie epidérmica. Epidermis anomocítica. La flecha indica un estoma. 40x.

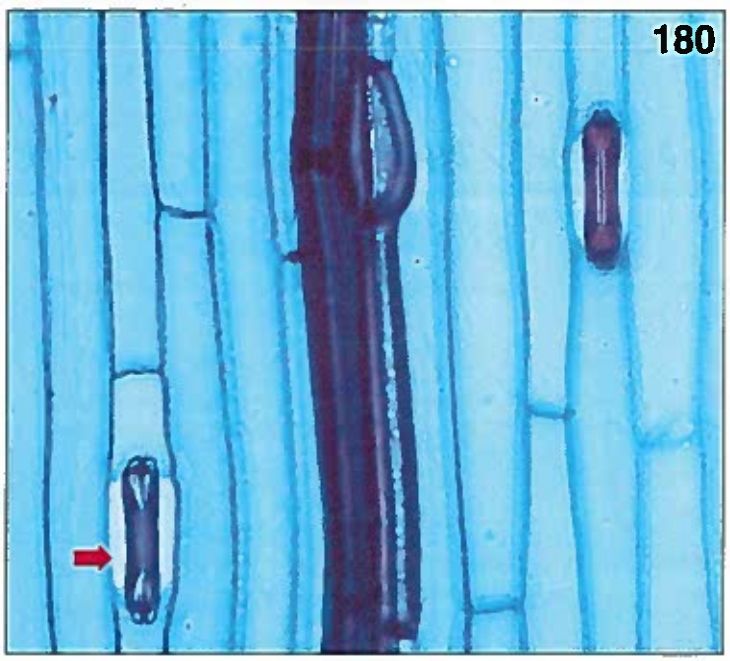
**179.** Imagen de la superficie epidérmica. Epidermis diacítica. La flecha indica un estoma. 40x.

**180.** Imagen de la superficie epidérmica. Epidermis de gramínea. La flecha indica un estoma. 40x.

Las células oclusivas de los estomas de las gramíneas (180) son normalmente distintas a las de otros grupos de plantas (176, 177, 178, 179).


178


179


180

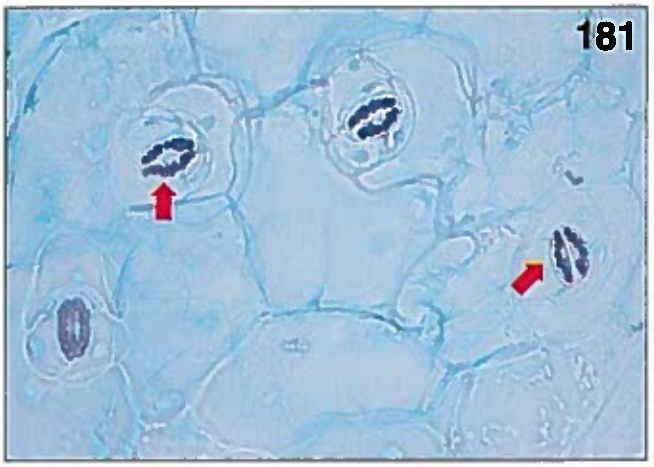
**181.** Imagen de la superficie epidérmica teñida con lugol para poner de manifiesto almidón (flechas) en los estomas cerrados. 40x.

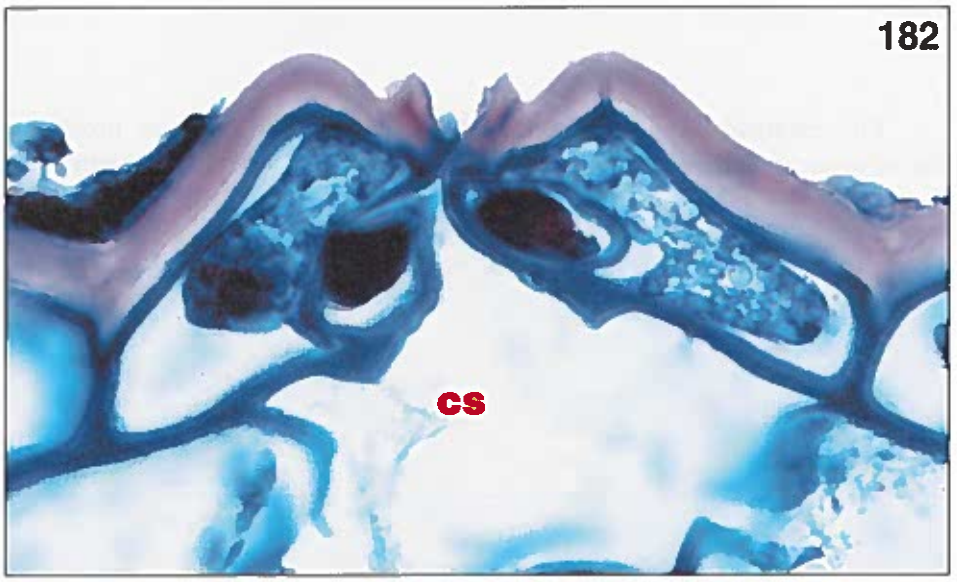
**182.** Estoma. cs: cámara subestomática. 100x.

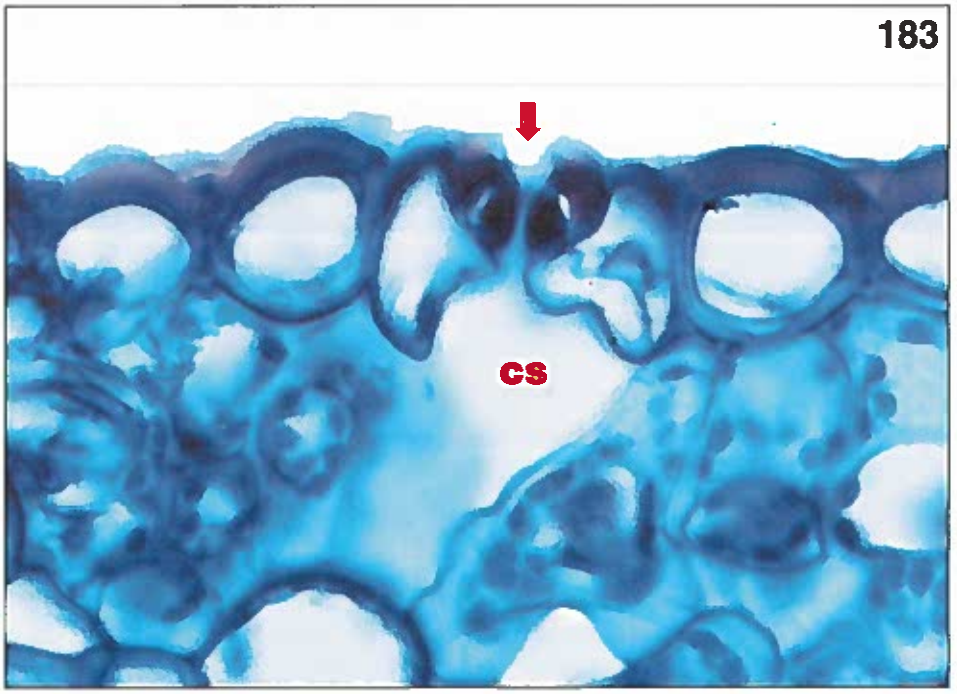
**183.** Estoma. La flecha indica el ostiolo, cs: cámara subestomática.100x.

En el mecanismo de apertura y cierre de los estomas interviene el almidón localizado en los cloroplastos de las células oclusivas. Cuando el estoma cerrado se abre, el almidón de los cloroplastos de las células oclusivas se despolimeriza en un primer paso, y cuando se cierra se forma (181).

En los cortes histológicos de la epidermis a nivel de los estomas (182, 183), se observan las células oclusivas que dejan más o menos hueco entre ellas (el ostiolo) y por debajo la cámara subestomática, necesariamente húmeda, que es donde se inicia la corriente de succión que impulsa la conducción a través del xilema.

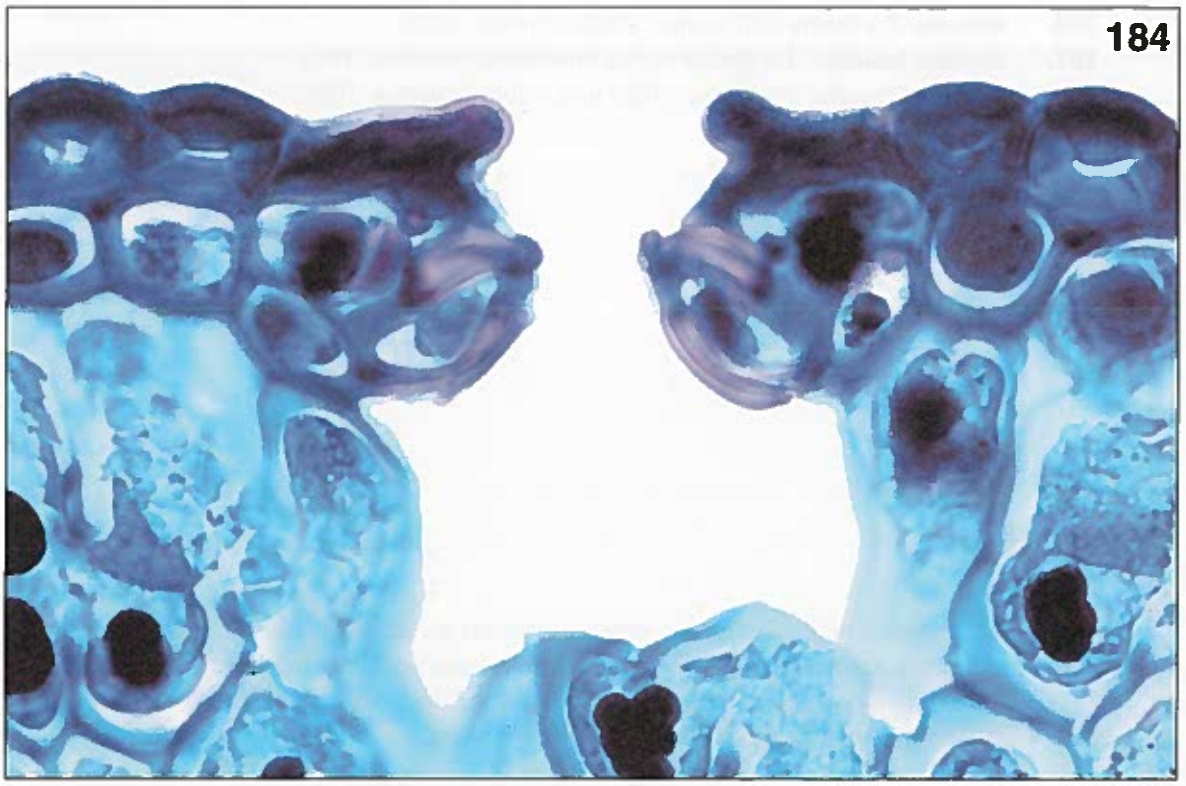

181

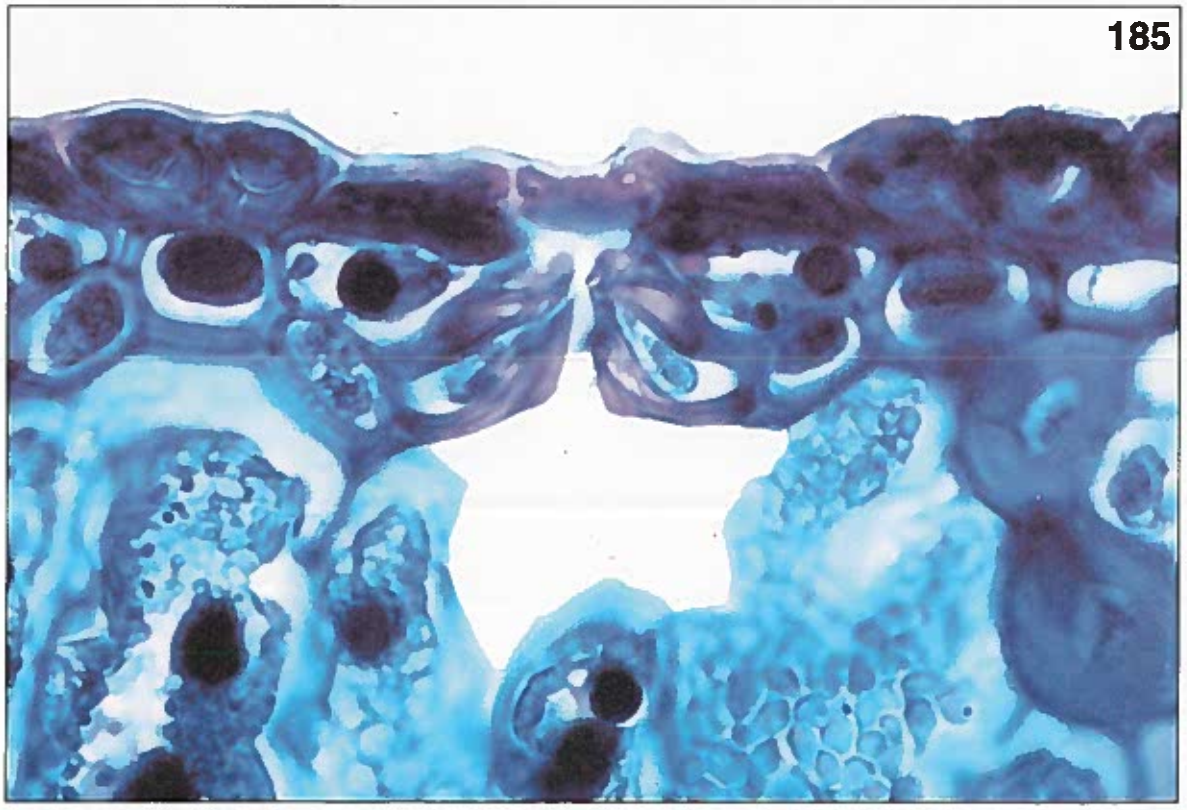

182
cs


183
cs

**184.** Estoma abierto. 100x.
**185.** Estoma cerrado. 100x.

Los estomas de gimnospermas (concretamente de *Pinus*) presentan estomas hundidos, es decir las células oclusivas están por debajo de la superficie epidérmica.

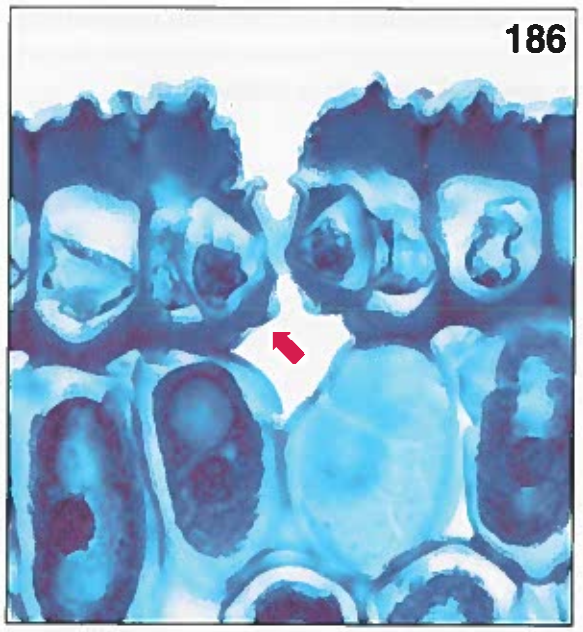

184

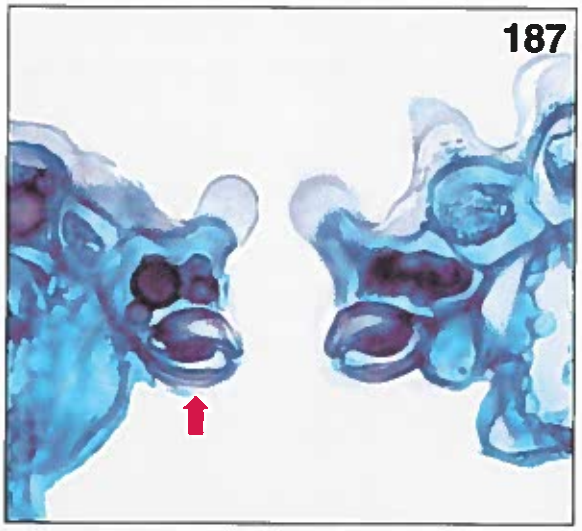

185

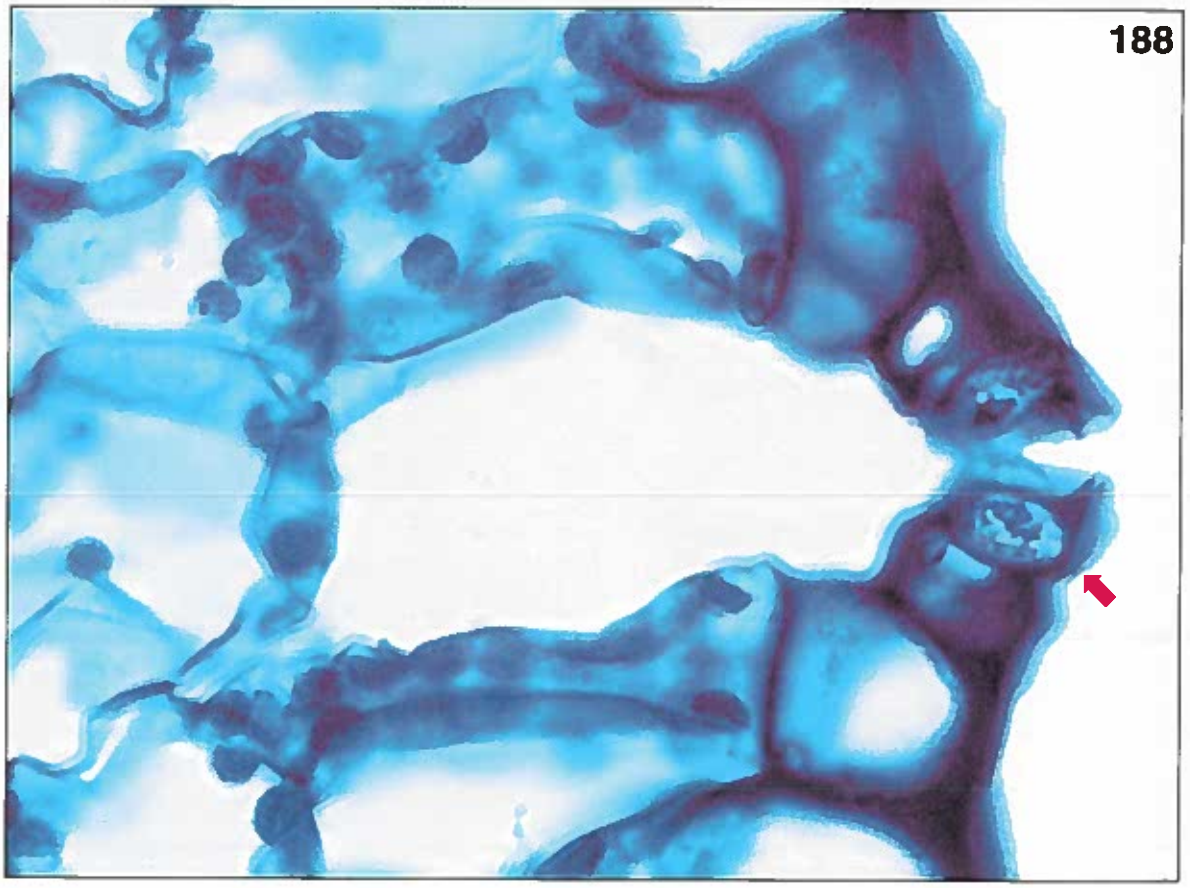
**186.** Estoma. La flecha indica una célula oclusiva. 100x.
**187.** Estoma hundido. La flecha indica una célula oclusiva. 100x.
**188.** Estoma elevado. La flecha indica una célula oclusiva. 100x.

Las células oclusivas de los estomas pueden presentarse a la misma altura que las células epidérmicas adyacentes (186), o bien están sensiblemente más hacia el interior del órgano (187), hablándose en ese caso de estomas hundidos, o bien estar netamente hacia el exterior (188), hablándose en ese caso de estomas elevados.

Los estomas hundidos son característicos de gimnospermas (184, 185) y en general de plantas muy soleadas, y los estomas elevados de plantas acuáticas.


186

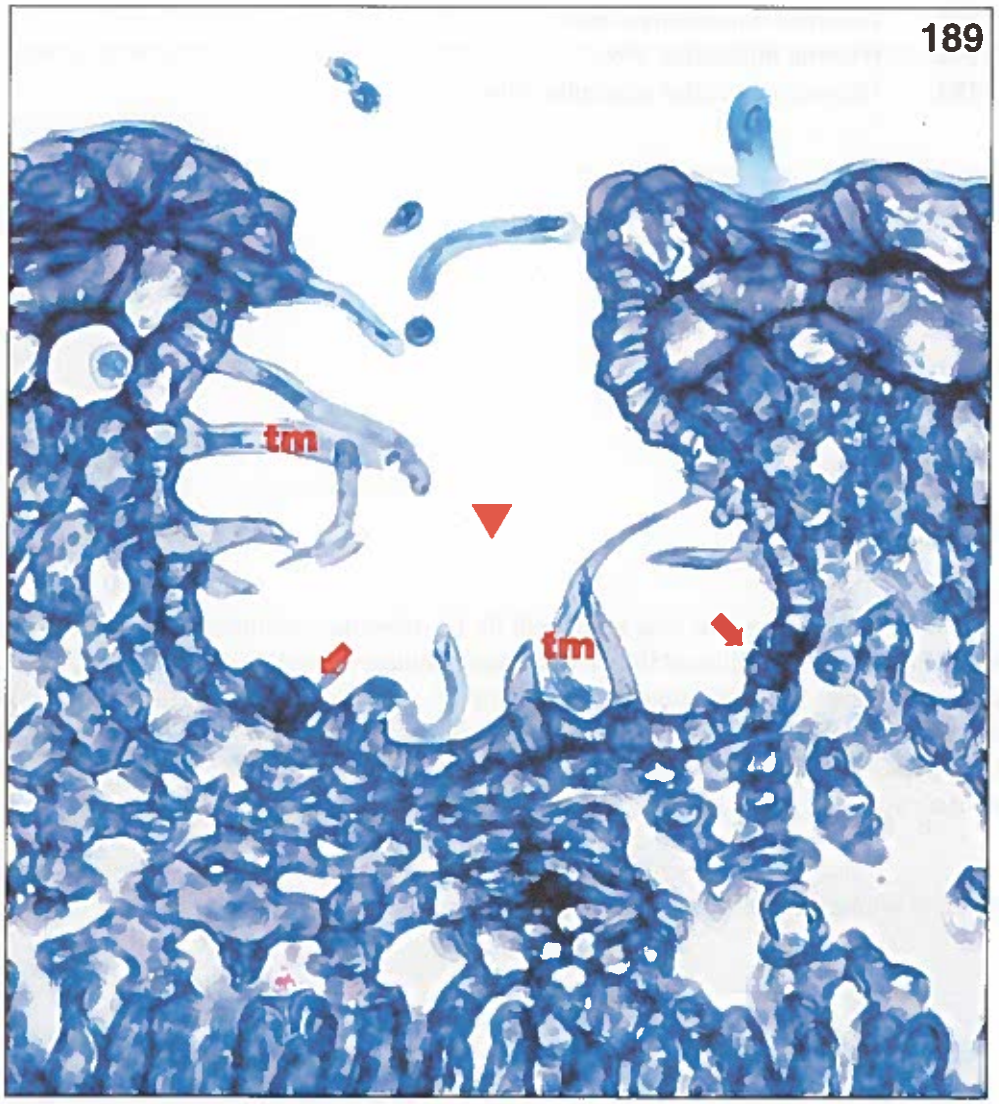

187

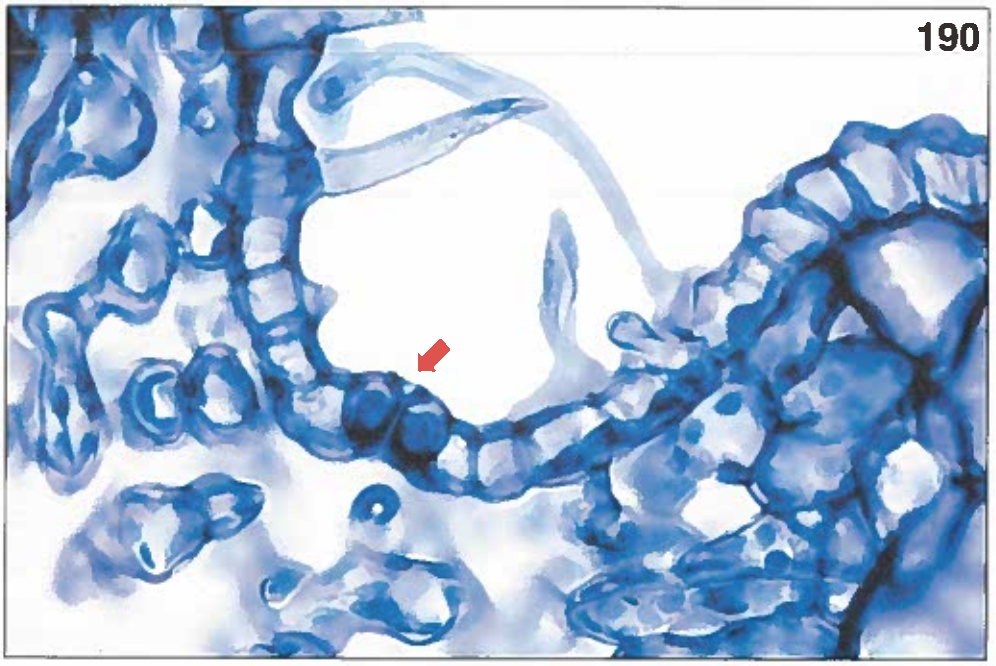

188

**189.** Cripta estomática (triángulo). Las flechas indican estomas, tm: tricomas unicelulares. 40x.

**190.** Cripta estomática. La flecha indica un estoma. Detalle de la anterior. 100x.

Las criptas estomáticas son invaginaciones de la epidermis del envés de hojas de ciertas dicotiledóneas xeromórficas. En ellas se localizan –exclusivamente ahí- los estomas. Suelen estar recubiertas de tricomas facilitando el conjunto, el control de la transpiración.

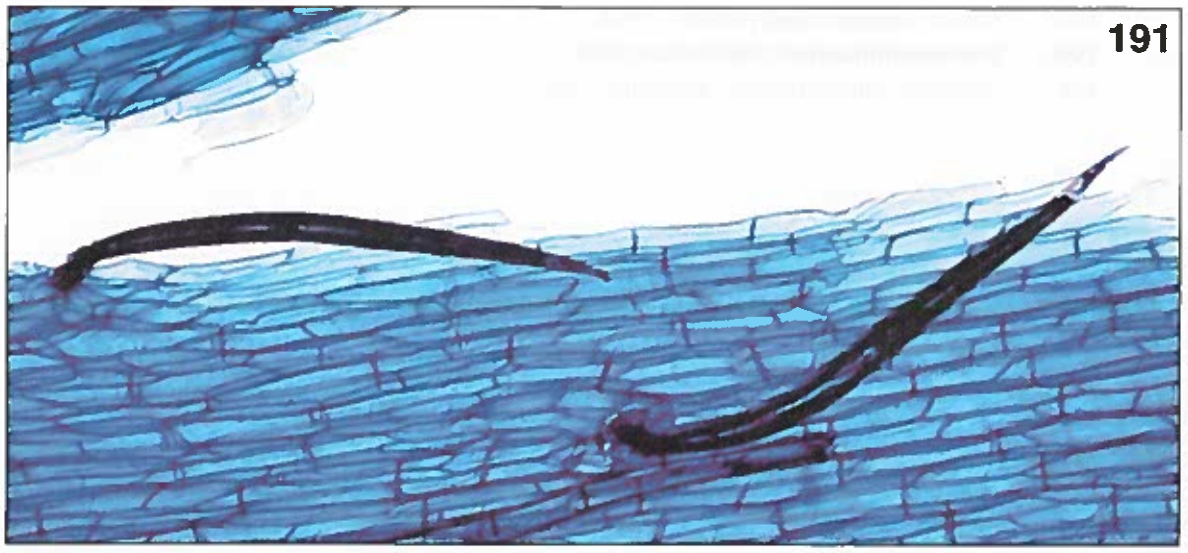

189
tm
tm

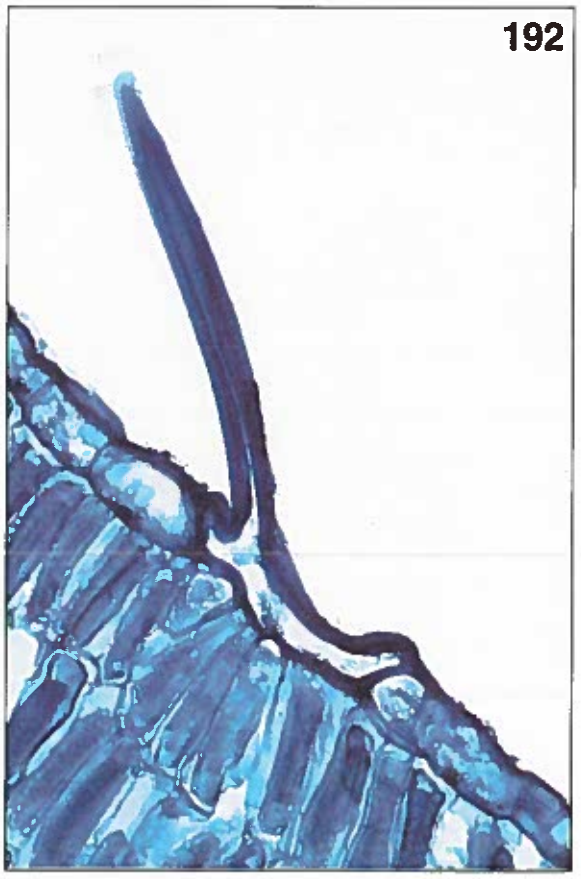

190

**191.** Tricomas unicelulares. 40x.
**192.** Tricoma unicelular. 10x.
**193.** Tricoma unicelular glandular. 40x.

La clasificación más elemental de los tricomas establece la existencia de: tricomas unicelulares, tricomas pluricelulares, tricomas glandulares y pelos absorbentes o radicales (de la raíz). Dado que la morfología es enormemente variada se emplean nombres más o menos descriptivos para identificarlos: peltados, escamiformes, cortos, largos, dendroides, ramificados, etc. Además en ocasiones los tricomas pueden estar constituidos por células vivas o por células muertas, a veces están vacíos y en otras ocasiones presentan inclusiones, etc.

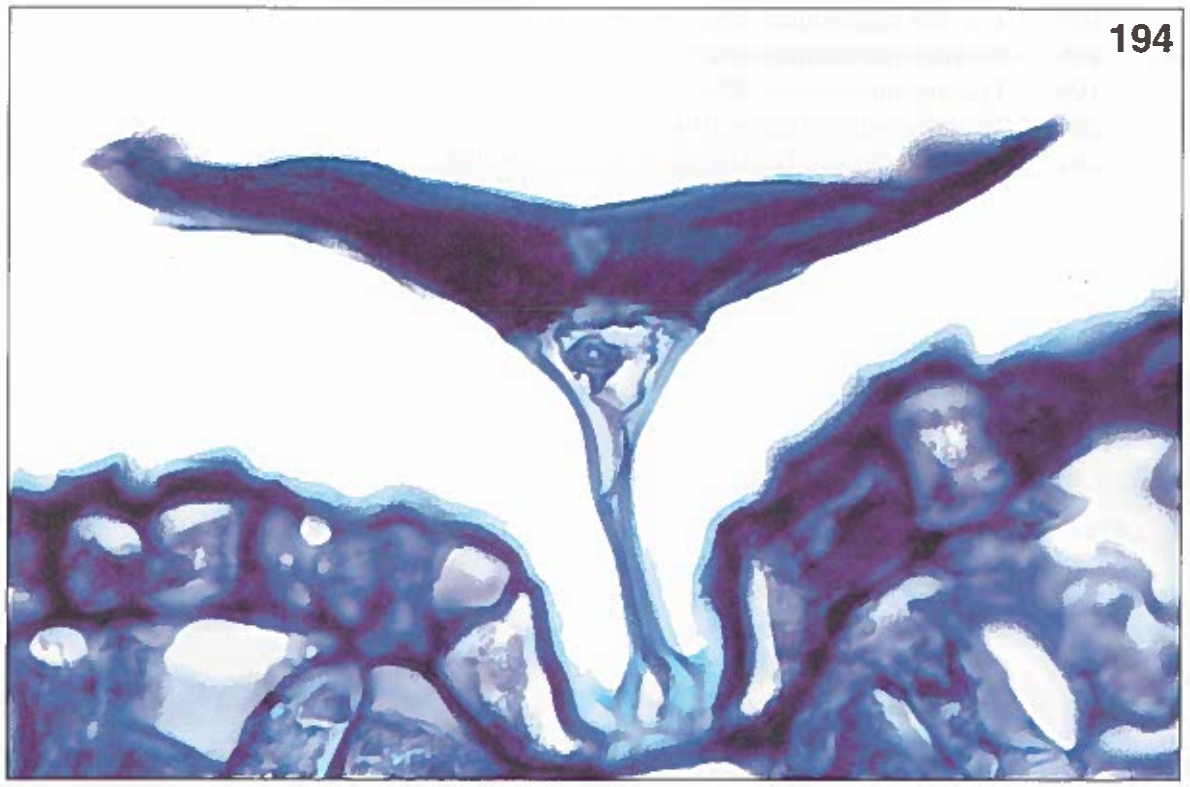
Tanto en los presentados en esta lámina, como en las láminas posteriores, téngase en cuenta el número de aumentos de las imágenes.

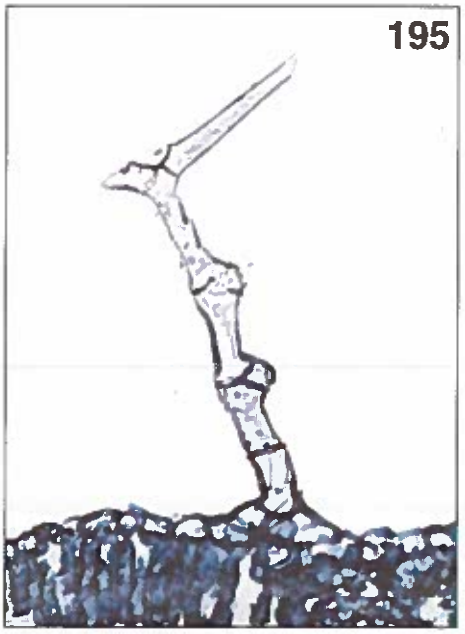

191

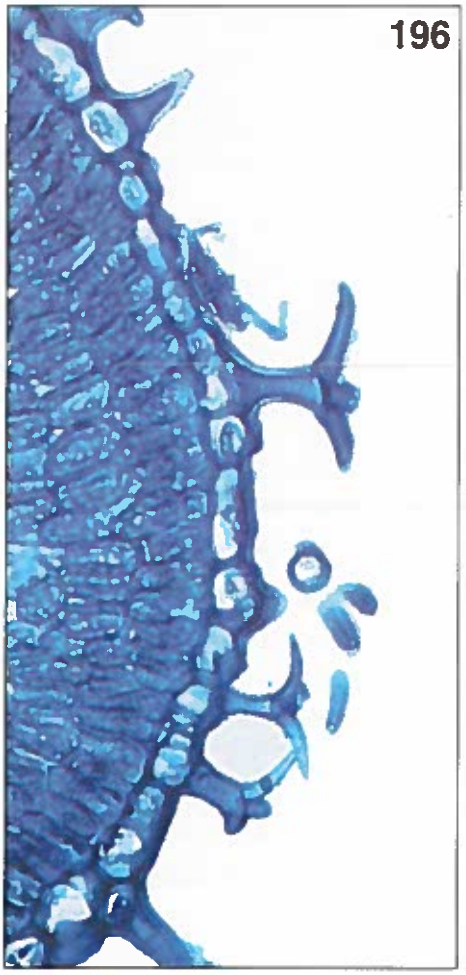

192


193

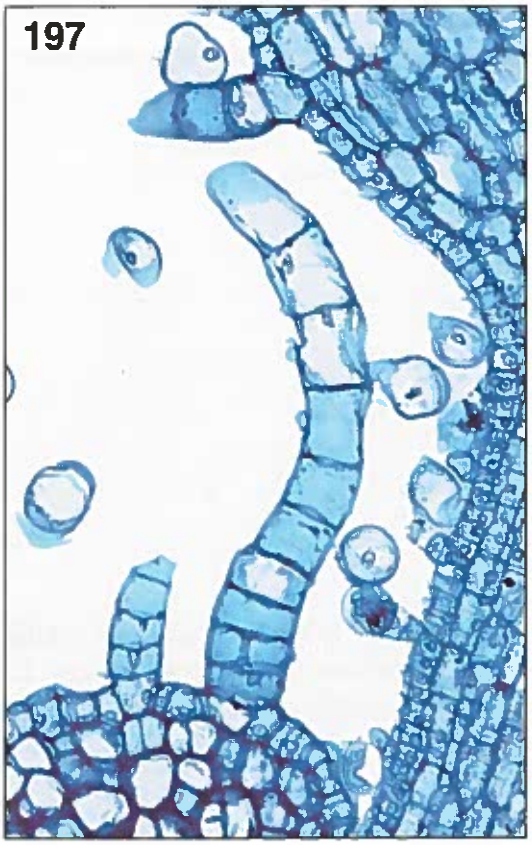
**194.** Tricoma pluricelular peltado. 100x.
**195.** Tricoma pluricelular dendroide. 20x.
**196.** Tricomas pluricelulares dendroides. 40x.


194

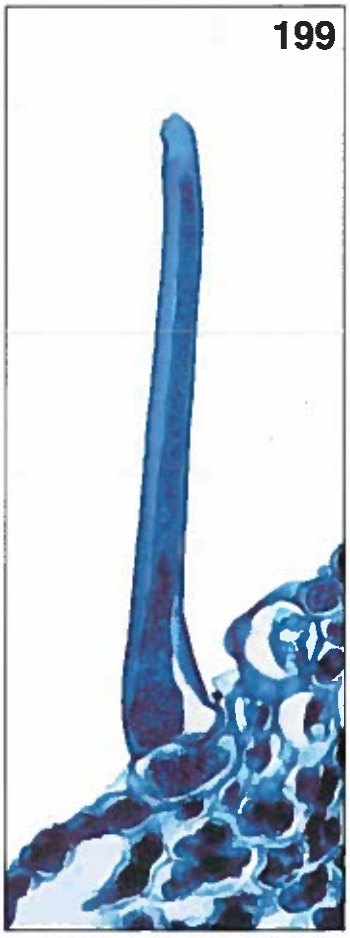

195

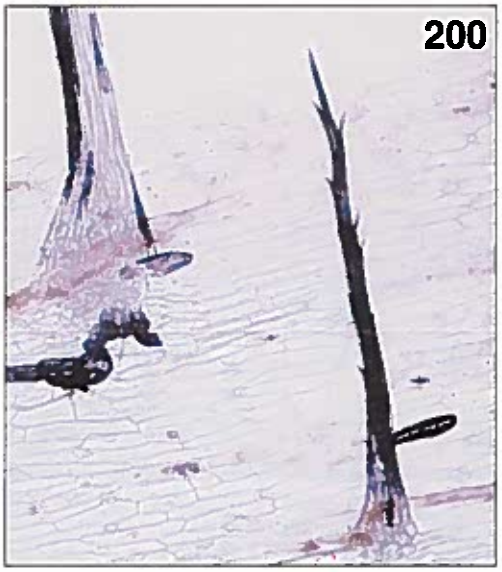

196

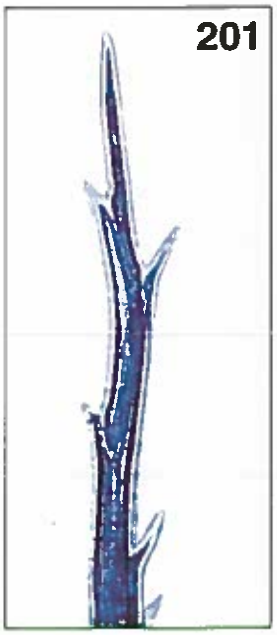
**197.** Tricoma pluricelular. 40x.
**198.** Tricoma pluricelular. 40x.
**199.** Tricoma pluricelular. 40x.
**200.** Tricomas pluricelulares. 10x.
**201.** Tricoma pluricelular. Detalle de la anterior. 40x.


197


198

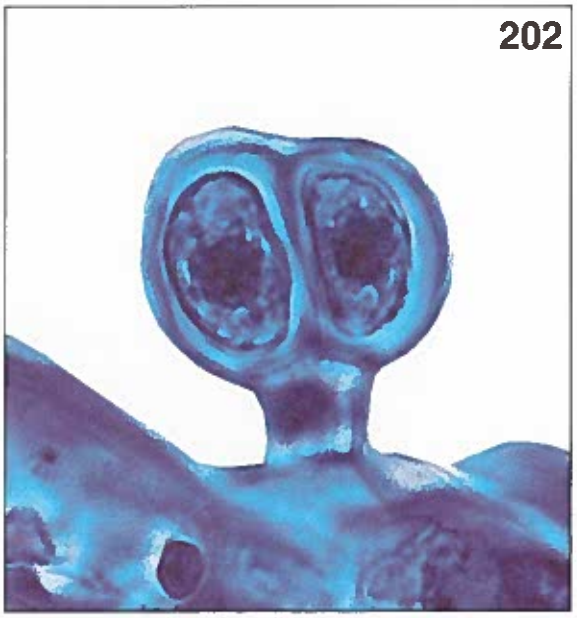

199

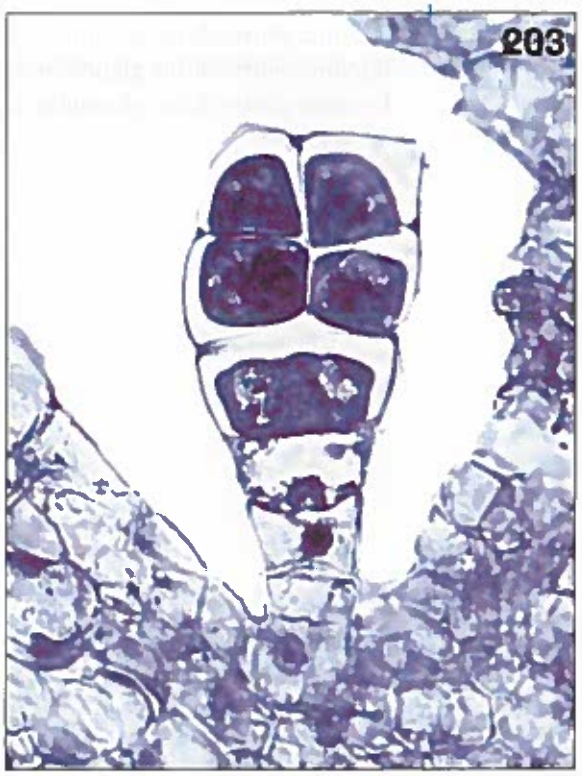

200

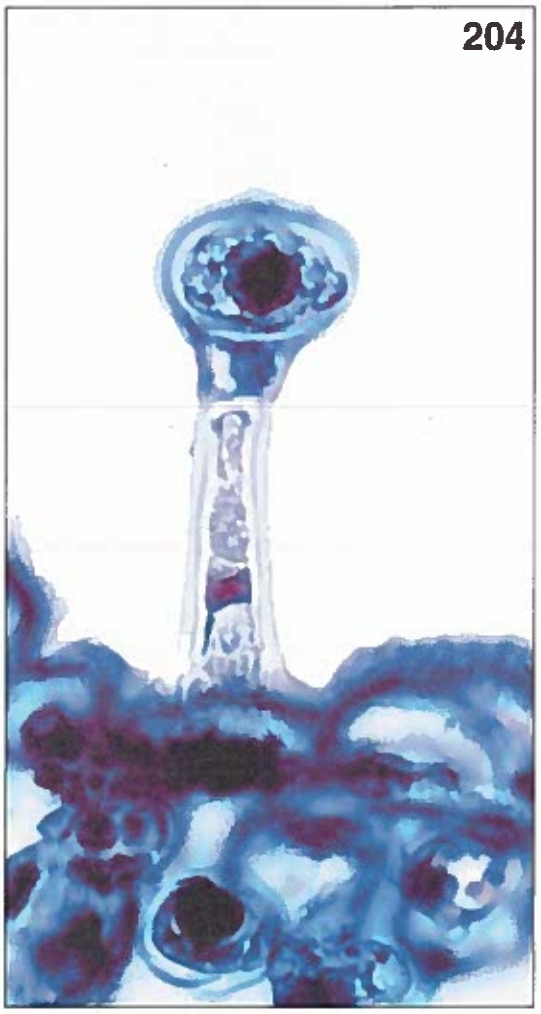

201

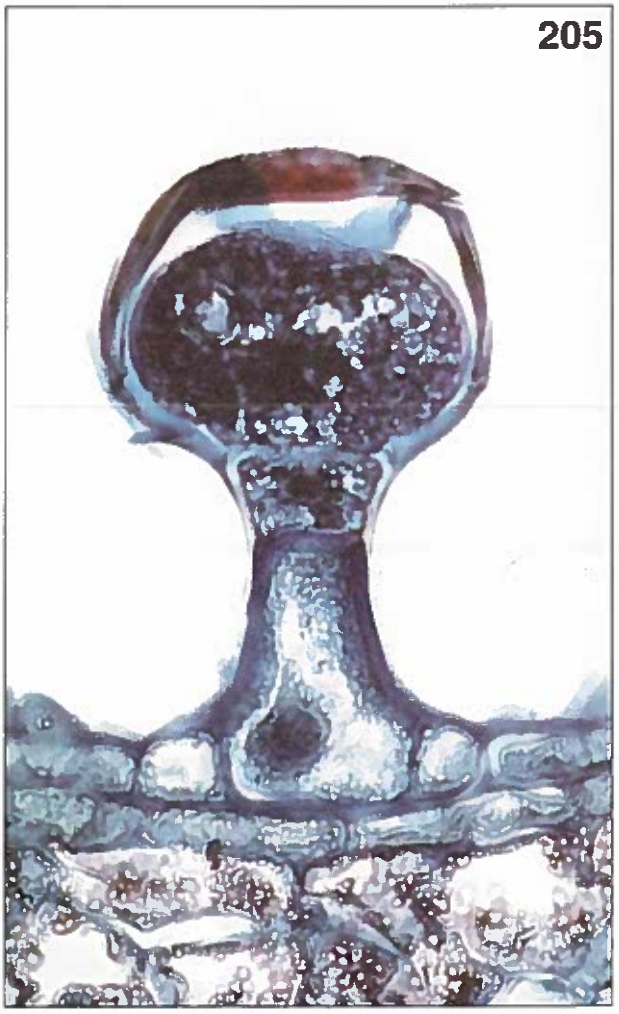
**202.** Tricoma pluricelular glandular. 100x.
**203.** Tricoma pluricelular glandular. 100x.
**204.** Tricoma pluricelular glandular. 100x.
**205.** Tricoma pluricelular glandular. 40x.

Los tricomas pluricelulares glandulares presentan en la base una o varias células sustentantes o colectoras y en la parte apical una o varias células terminales secretoras. La secreción se sintetiza en las células sustentantes pasando a través de plasmodesmos a las apicales. Allí generalmente se almacena entre la pared y la cutícula, hasta que un leve rozamiento o el calor rompe la cutícula y el contenido se vierte.


202


203

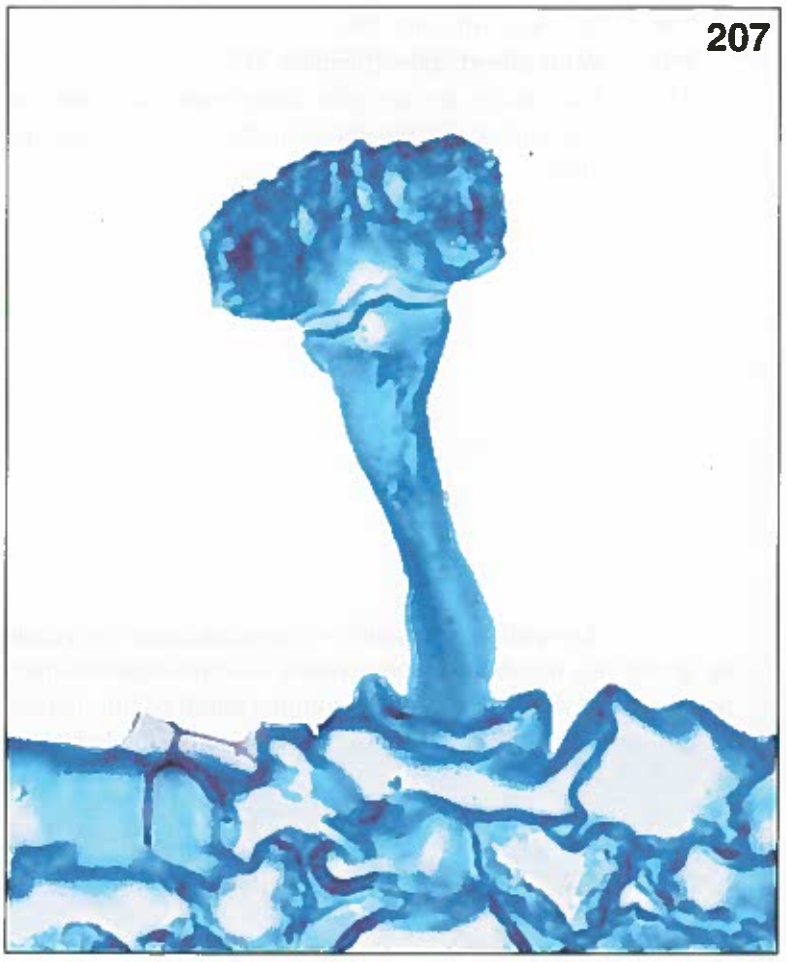

204

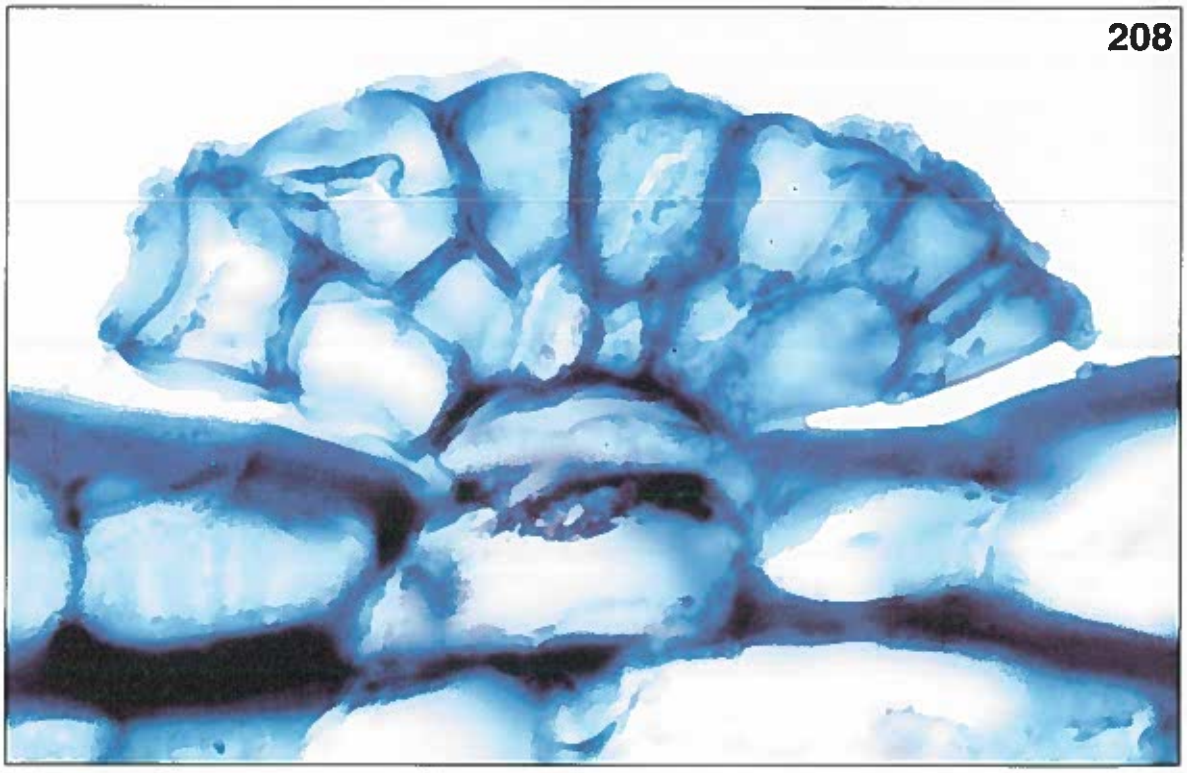

205

**206.** Tricoma pluricelular glandular. 10x.
**207.** Tricoma pluricelular glandular secretor de proteínas (enzimas). 40x.
**208.** Tricoma pluricelular glandular secretor de proteínas (enzimas). 100x.

Las imágenes 207 y 208 corresponden a tricomas de plantas insectívoras, concretamente de *Pingüicula* (grasilla) y *Dionaea* respectivamente.


206

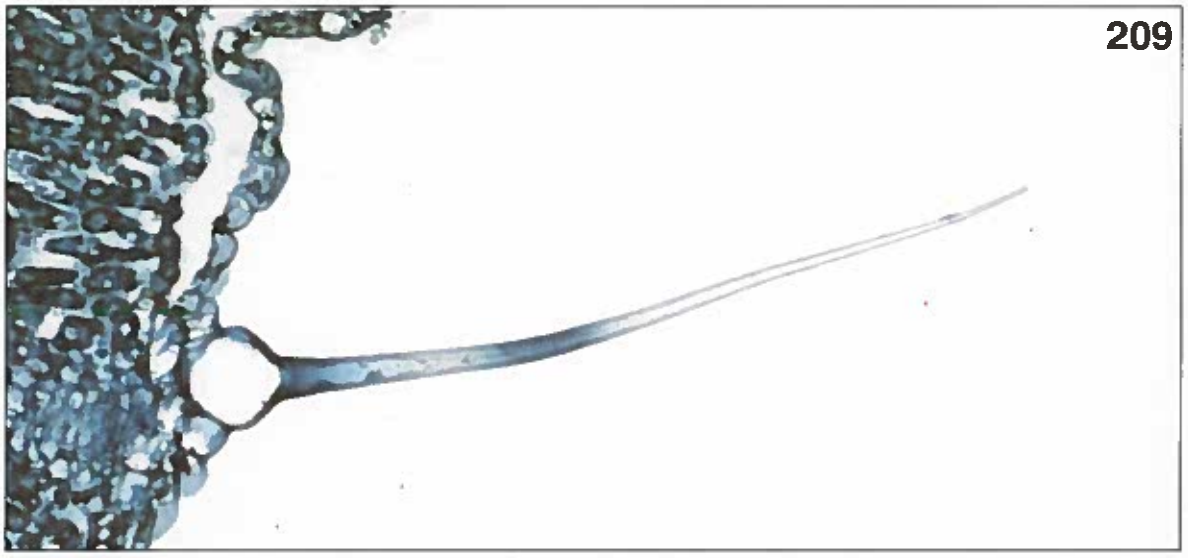

207

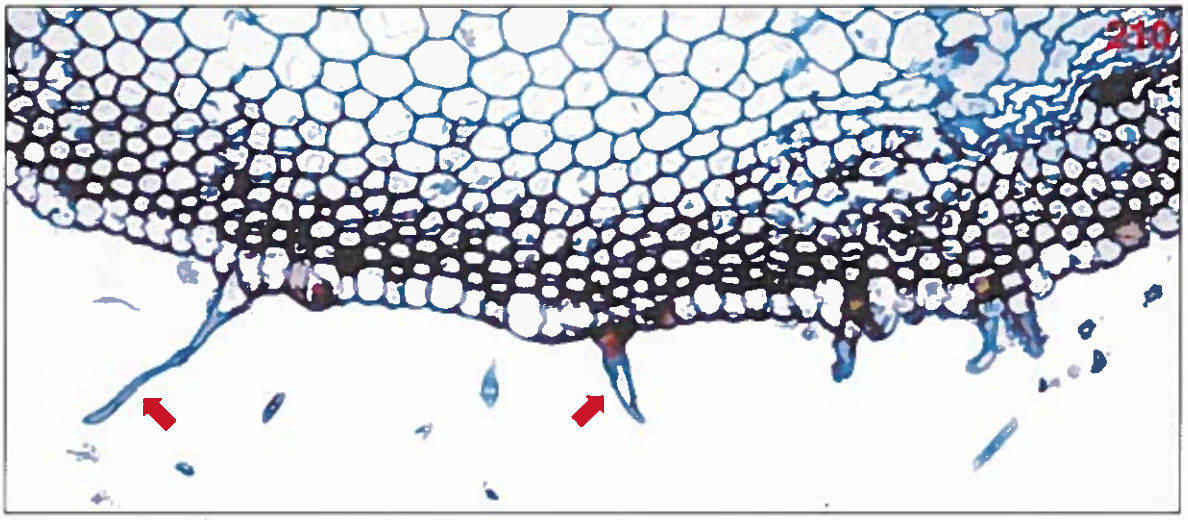

208

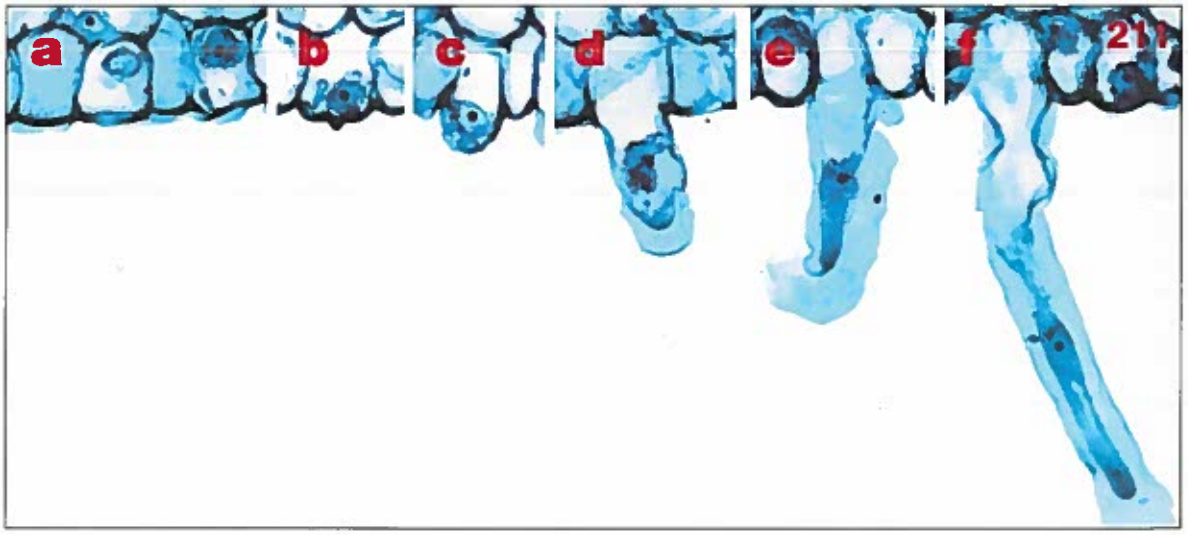
209. Tricoma urticante. 20x.
210. Pelos absorbentes (flechas). 10x.
211. Formación de un pelo absorbente: a: epidermis sin tricoblastos, b: tricoblasto iniciando la formación del pelo, c, d, e y f: fases posteriores en la formación del pelo. 100x.

Los pelos absorbentes se originan como proyecciones de ciertas células epidérmicas de la raíz (los tricoblastos) que emiten una prolongación que se aleja de la epidermis (211). Son pelos generalmente unicelulares con una pared celular delgada, localizándose en el extremo del mismo el núcleo y los orgánulos, estando ocupado el resto del citoplasma por una gran vacuola (b, c, d, e, f).

Los pelos absorbentes de la raíz son pelos efímeros que cuando mueren se incorporan junto con otras células muertas al mucigel (221, 222), el cual constituye un lecho por el que avanza la raíz en su elongación.


209


210


a
b
c
d
e
f
211

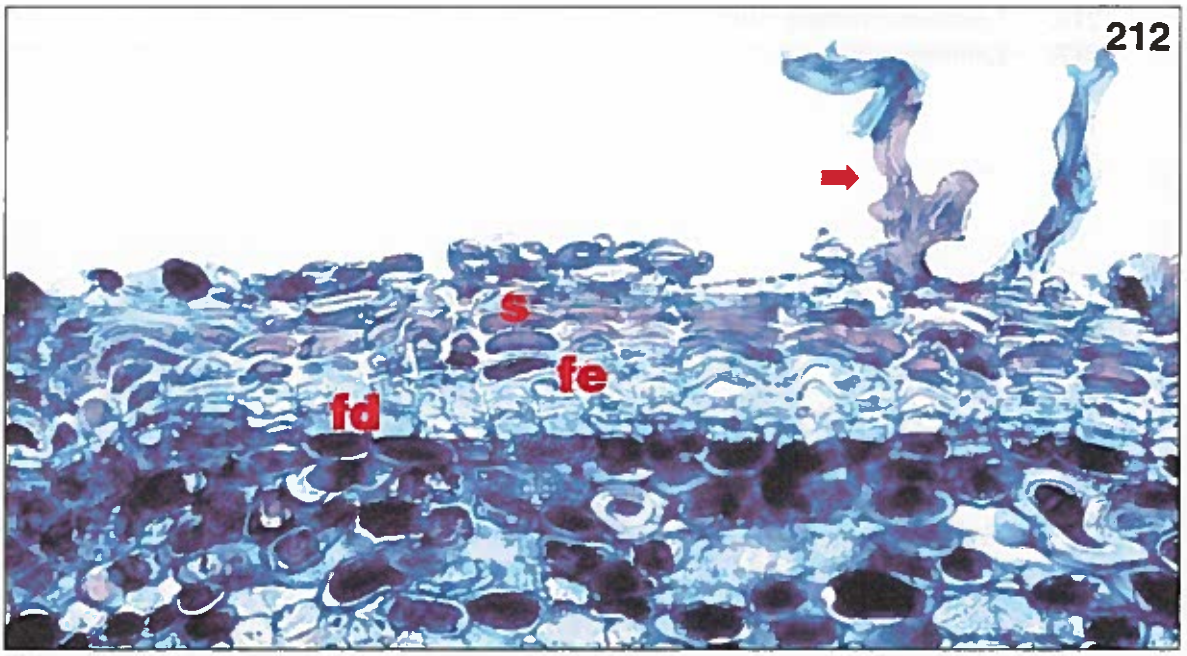
# PERIDERMIS

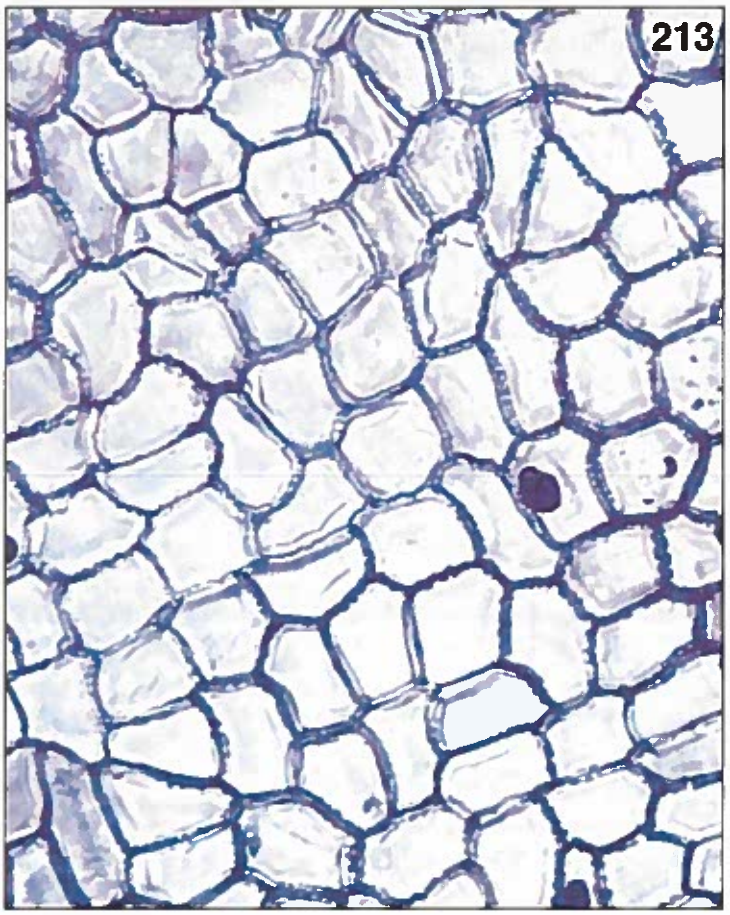
La peridermis es un tejido complejo que consta de células con paredes primarias; unas vivas (meristemáticas y parenquimáticas) y otras muertas que presentan el lumen ocupado por aire y que se emplean comercialmente (el corcho). Es el tejido en contacto con el medio en aquellas estructuras con crecimiento secundario.

**212.** Peridermis. s: corcho o suber. fe: felógeno. fd: felodermis. La flecha indica un tricoma pluricelular. 40x.
**213.** Corcho. Obtenido tras maceración. 40x.
**214.** Células suberificadas (flechas). Zona de abscisión. 10x.
**215.** Células suberificadas (flechas). Placenta. 40x.

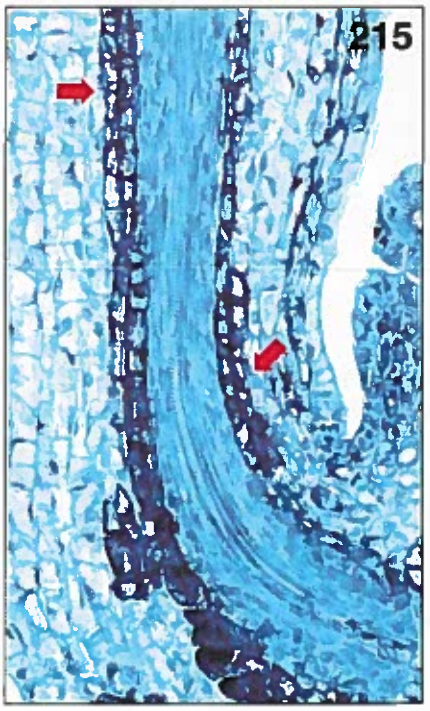
La función impermeabilizante que en la epidermis tiene la cutícula, en la peridermis la desempeña el suber o corcho (212, 213), siendo en consecuencia el responsable de que en las partes de la planta con crecimiento secundario no se produzca pérdida de agua por transpiración. Que el suber es un eficiente aislante lo demuestra el uso industrial que de él se hace.

Pero la suberificación de las células no ocurre exclusivamente asociada a la peridermis, también se produce en lugares en los que es preciso aislar o proteger determinadas zonas. Así por ejemplo, en las cicatrices que quedan después de la abscisión foliar (214) las células se suberifican como mecanismo de aislamiento, y en la placenta, determinadas células próximas al haz conductor se suberifican (215), como mecanismo protector de una región enormemente valiosa para la planta.


212
s
fe
fd

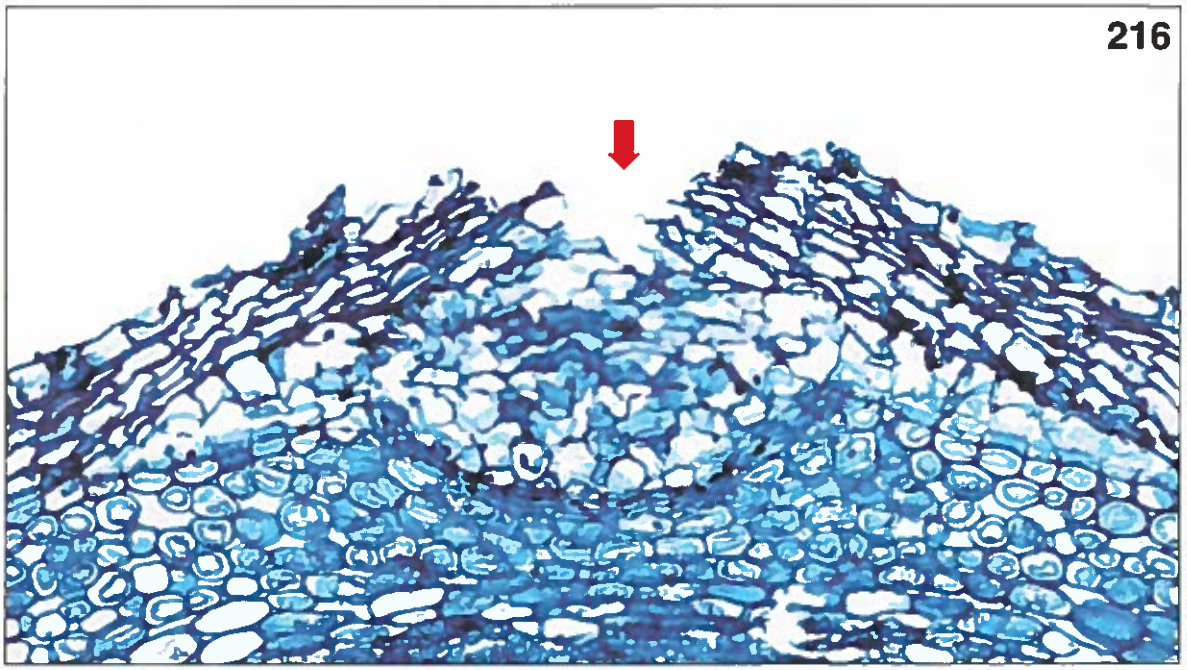

213

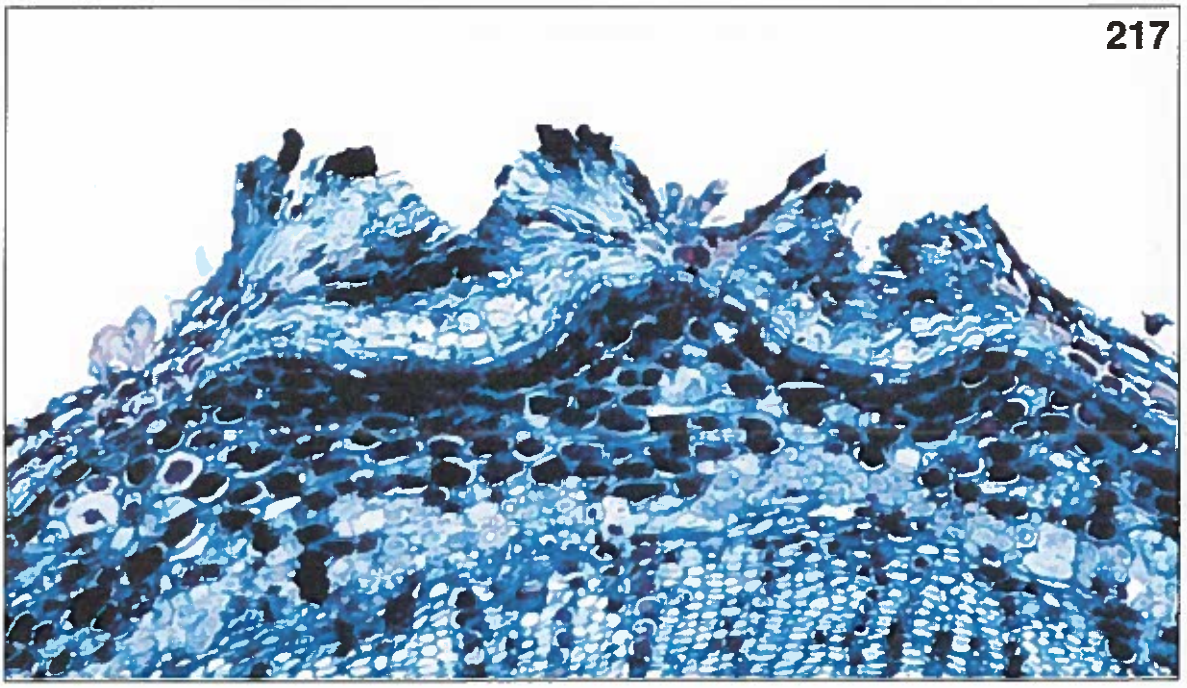

214


215

**216.** Lenticela (flechas). 10x.
**217.** Lenticelas. 20x.

Las lenticelas equivalen funcionalmente a los estomas de la epidermis en cuanto que permiten el intercambio gaseoso del interior de la planta con el exterior y al contrario. Son aberturas que se comunican con el cortex en las épocas favorables. En las épocas desfavorables el felógeno da lugar hacia fuera a una capa de suber que mantiene cerrada la comunicación, la cual se volverá a abrir de nuevo en la primavera siguiente con la producción de células no suberificadas por parte del felógeno.


216

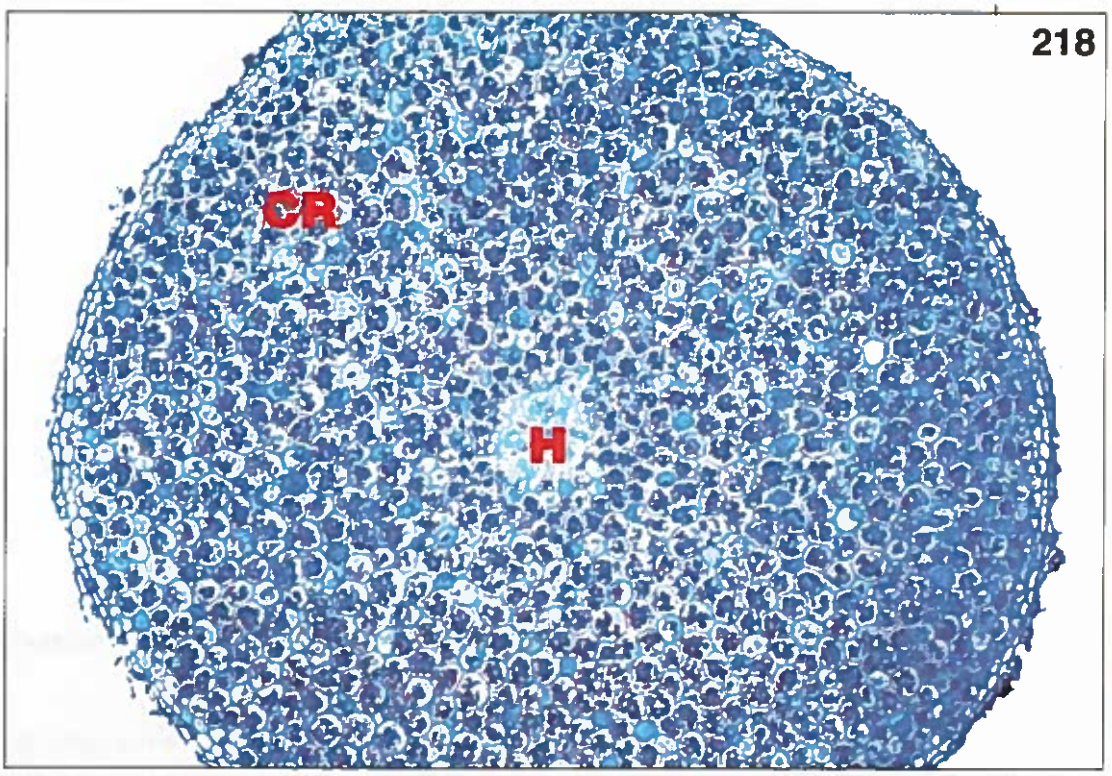

217

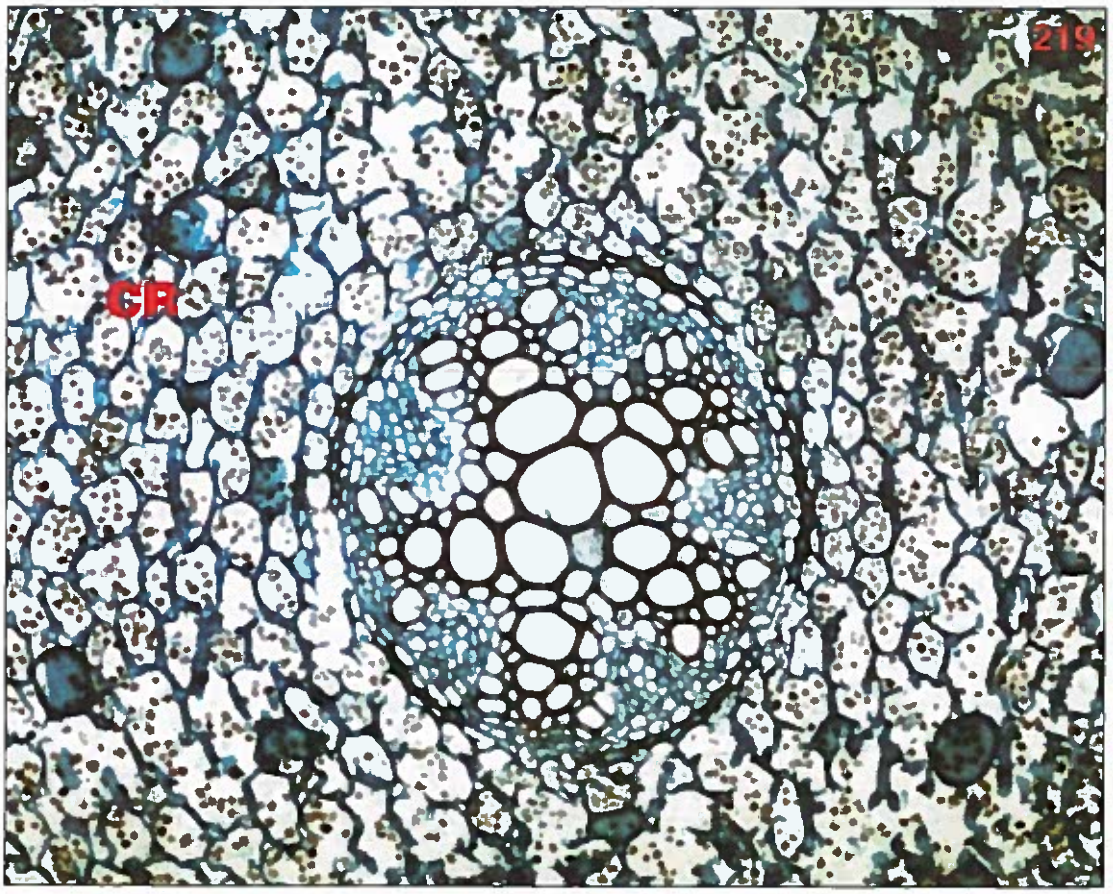
# RAÍZ

La raíz es un órgano subterráneo que ancla la planta al sustrato. Es un órgano habitualmente acumulador de sustancias de reserva y es el lugar en el que se capta el agua que recorrerá todo el cuerpo de la planta.

**218.** Raíz. CR: cortex. H: haz vascular. 4x.
**219.** Haz vascular de raíz. CR: cortex. 10x.

La raíz es un órgano eminentemente almacenador de materiales de reserva, para lo cual suele presentar un cortex particularmente desarrollado (compárese la imagen 218 con las imágenes 252 a 256 correspondientes a tallos).

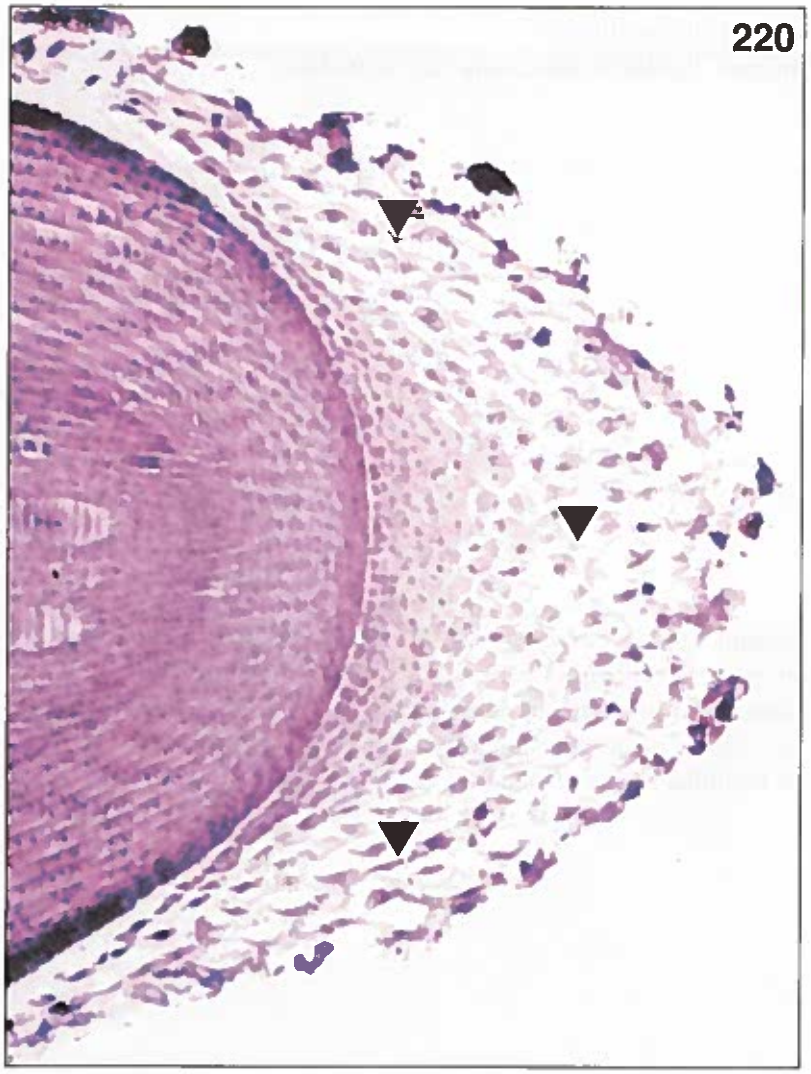

218
CR
H

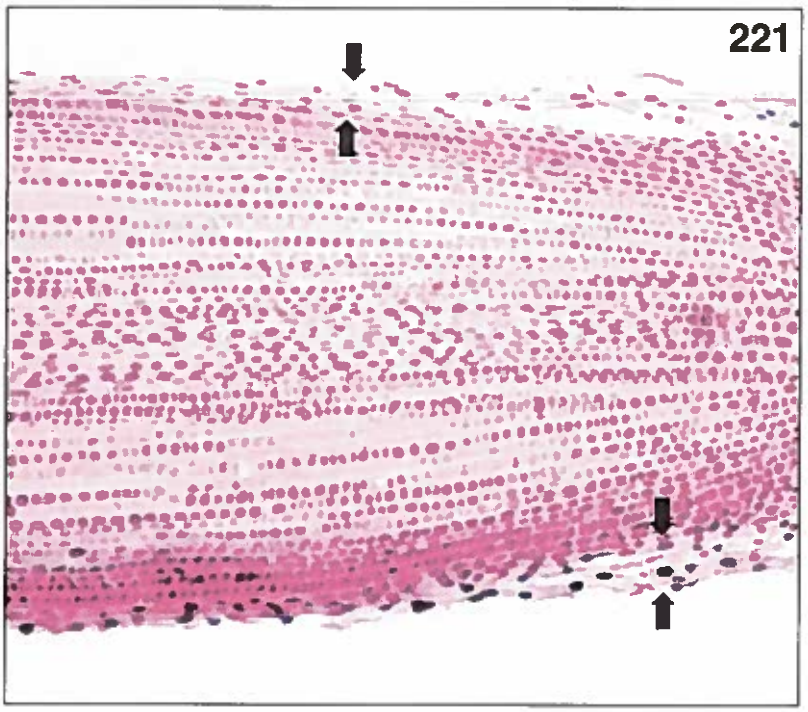

219
CR

**220.** Caliptra o cofia (triángulos). 10x.
**221.** Mucigel (flechas). 10x.

La caliptra (220) protege al meristemo y es la responsable del geotropismo positivo de la raíz.

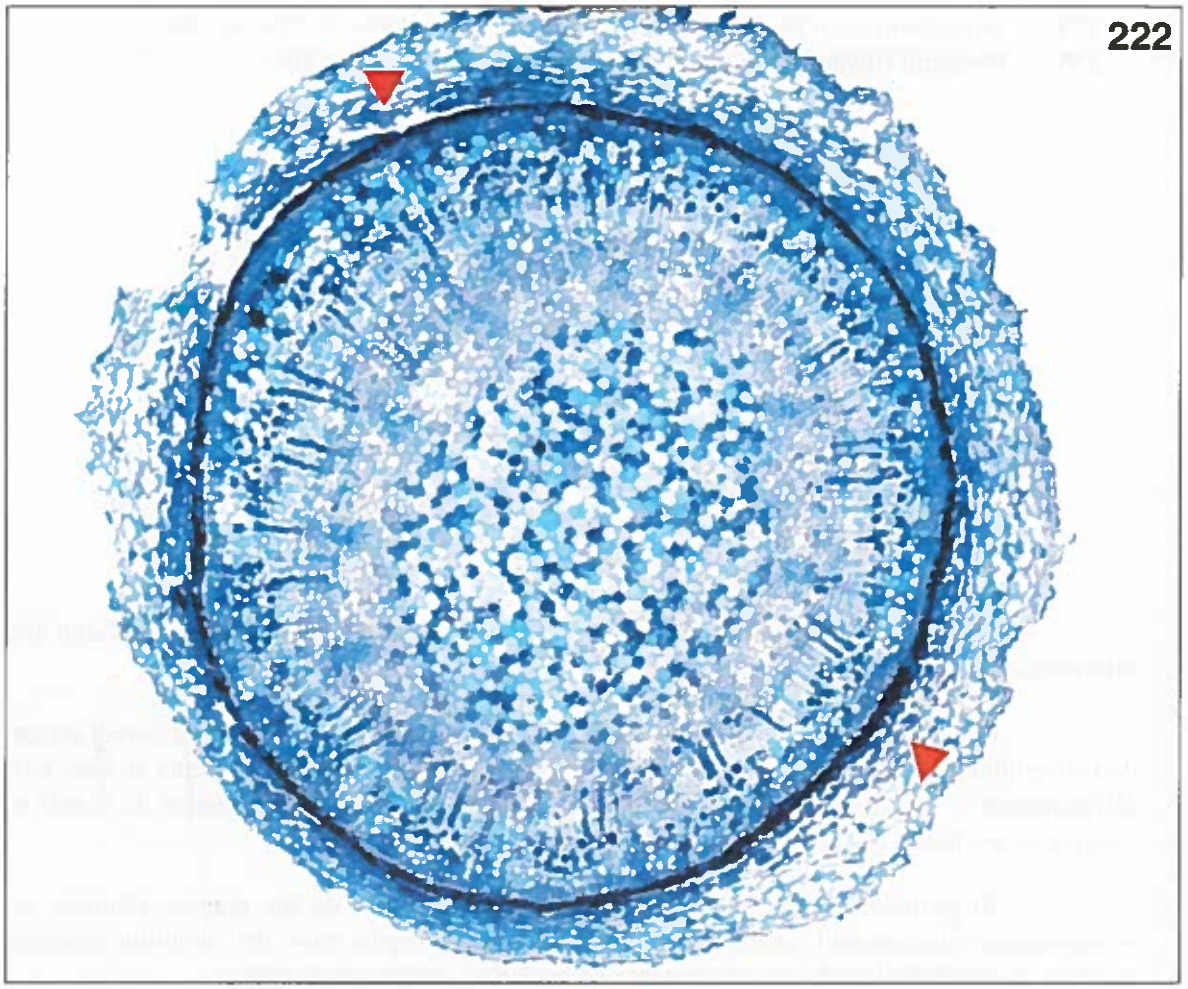
El mucigel (221) está formado al nivel mostrado en la imagen, por los restos de los pelos absorbentes que han dejado de ser funcionales y cierta secreción celular que en conjunto facilitan la penetración de la raíz en el suelo.

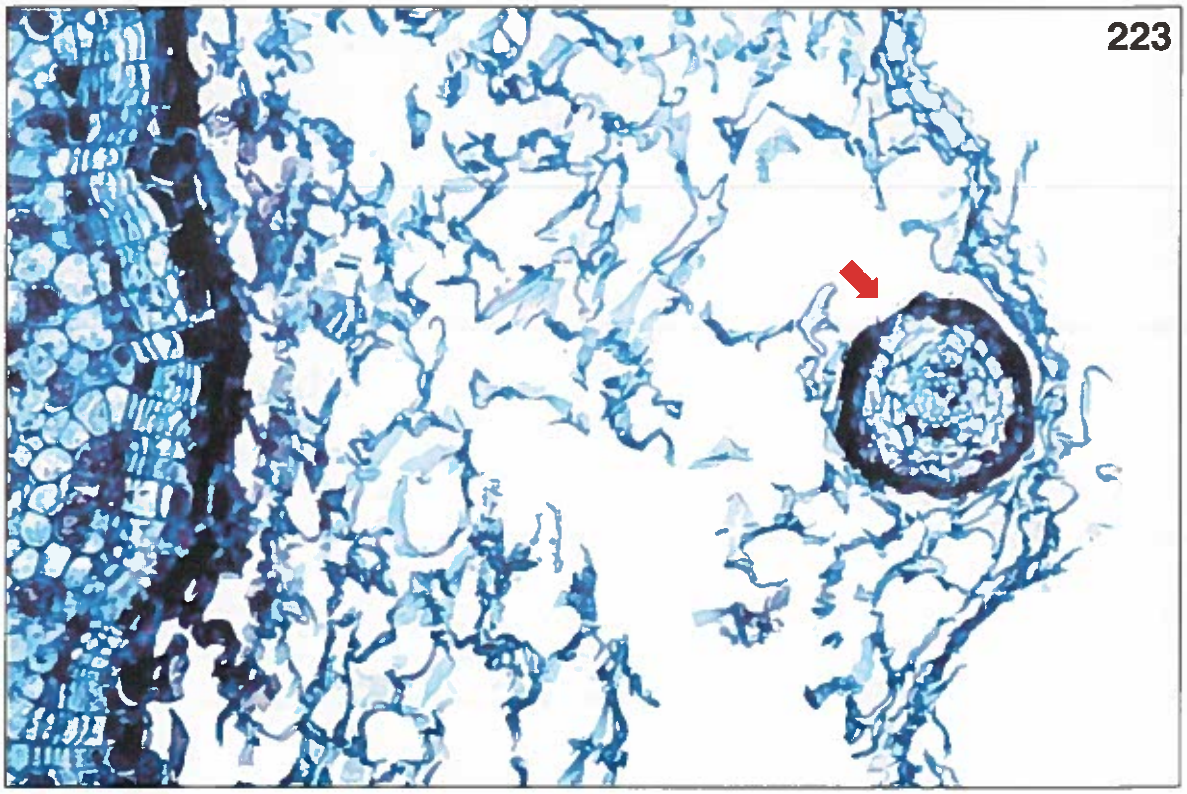

220


221

**222.** Mucigel (triángulos).
**223.** Mucigel. La flecha indica una raíz secundaria.

Cuando la raíz presenta crecimiento secundario, prácticamente todos los tejidos primarios que están por fuera del periciclo mueren, manteniéndose un tiempo unidos a la raíz viva (222) hasta que el incremento del crecimiento en grosor determina que se desprenda por completo. Esas células muertas también se pueden considerar mucigel, a través del cual pueden deslizarse con facilidad raíces secundarias (223).


222

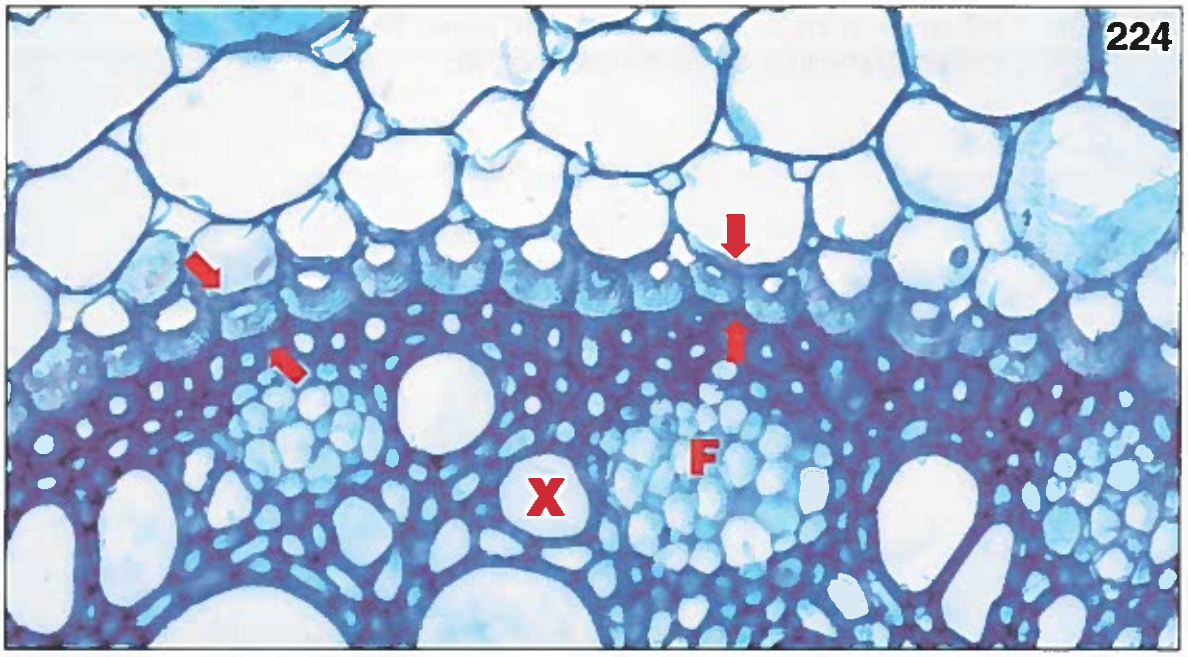

223

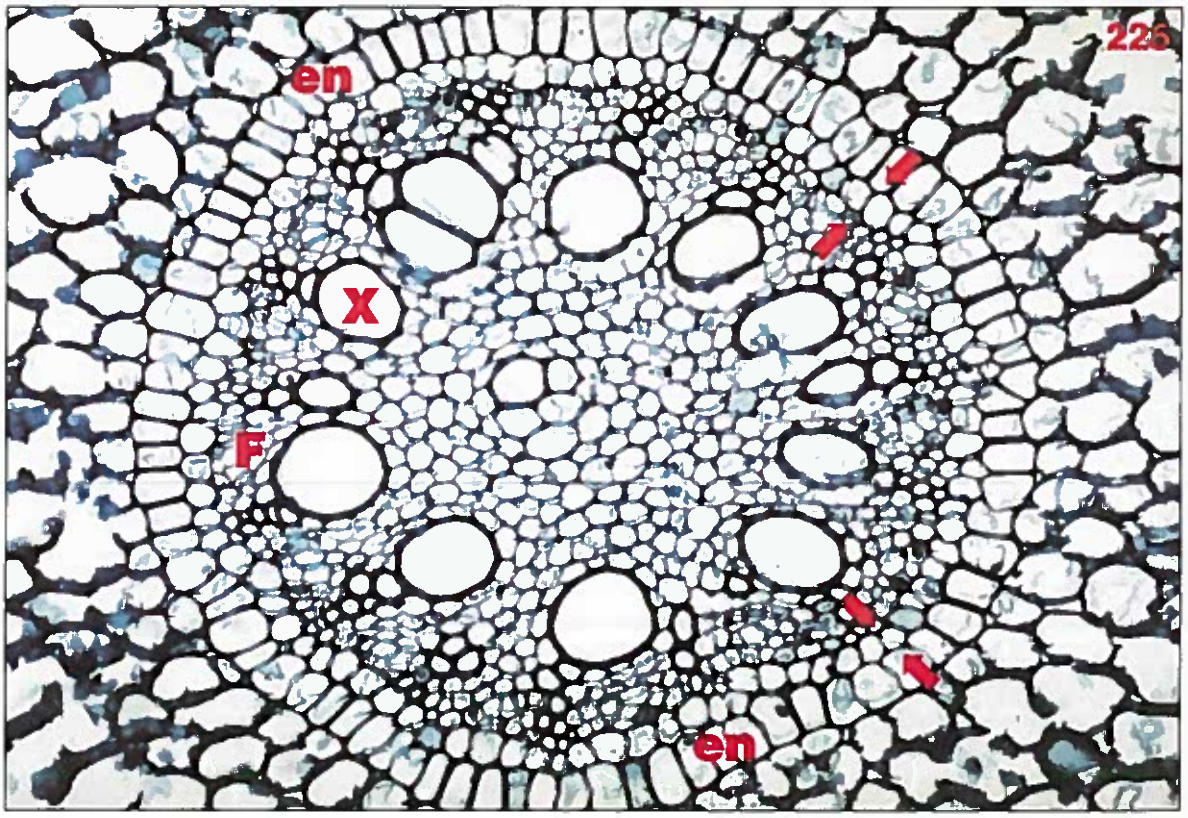
**224.** Endodermis con banda de Caspary (flechas). X: xilema. F: floema. 40x.
**225.** Periciclo (flechas). en: endodermis. X: xilema. F: floema. 20x.

La presencia en el cortex de la raíz de endodermis (224) y periciclo (225) es algo que diferencia a raíces de tallos.

La endodermis con banda de Caspary (224) se relaciona directamente con el origen de la presión radicular y el mecanismo de absorción de la raíz por cuanto representa un paso casi infranqueable y selectivo del agua y los materiales disueltos en ella, del exterior de la raíz al interior de los haces vasculares de la misma.

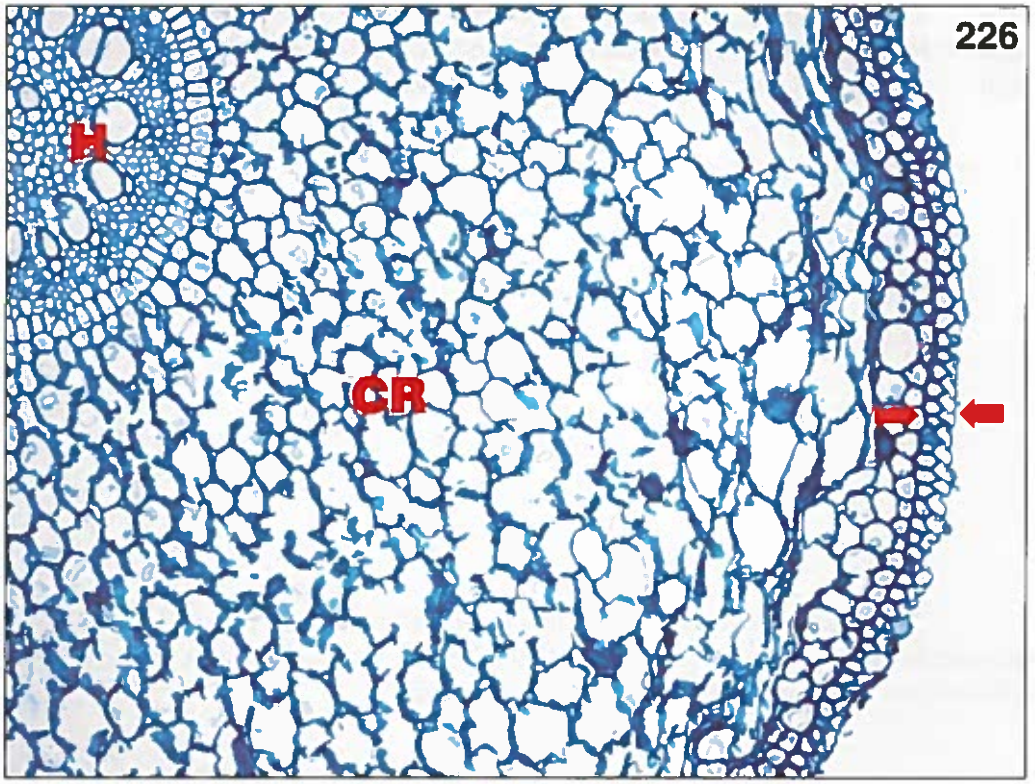
El periciclo (225) es un tejido que en la mayoría de las plantas adquiere un protagonismo fundamental: origina las raíces secundarias, origina parte del cambium vascular, da lugar al cortex de la raíz con crecimiento secundario y origina el felógeno.

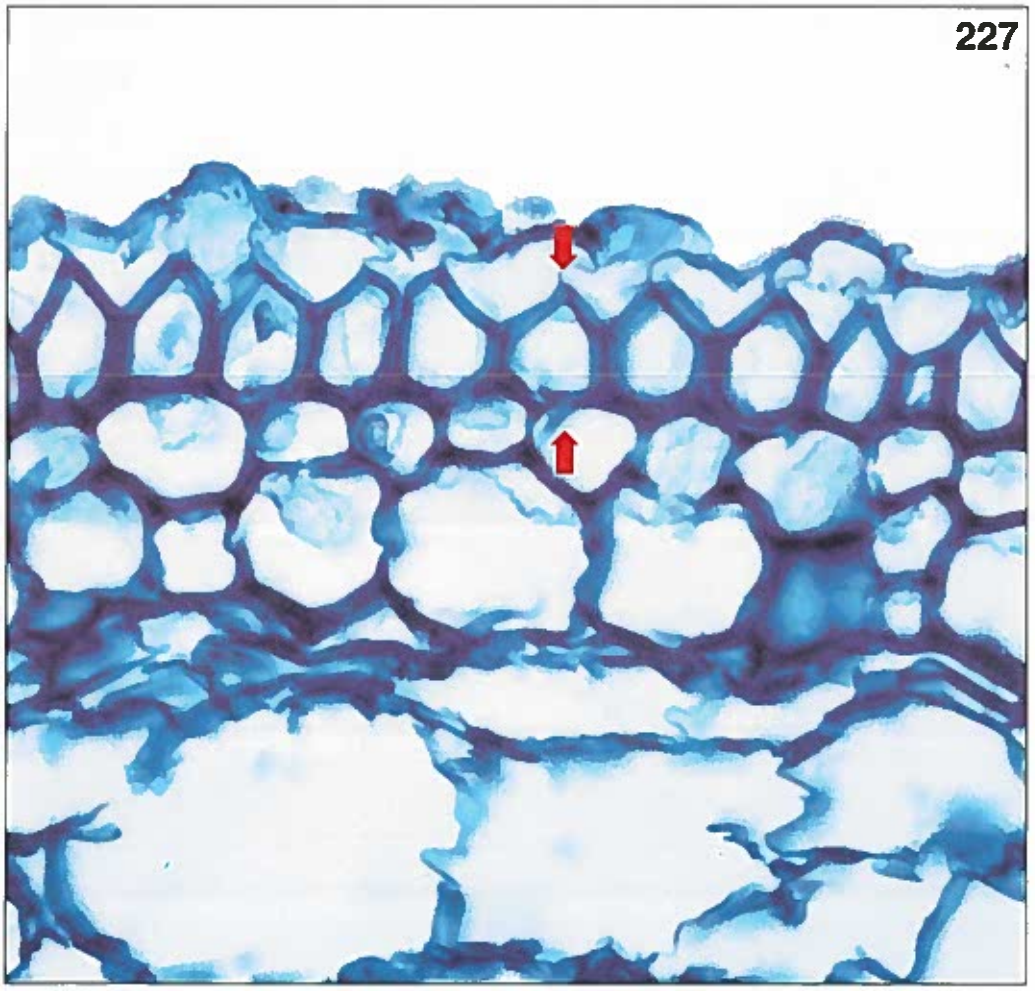

224
F
X


225
en
X
F
en

**226.** Exodermis (flechas). H: haz vascular. CR: cortex. 10x.
**227.** Exodermis (flechas). Detalle de la anterior. 40x.

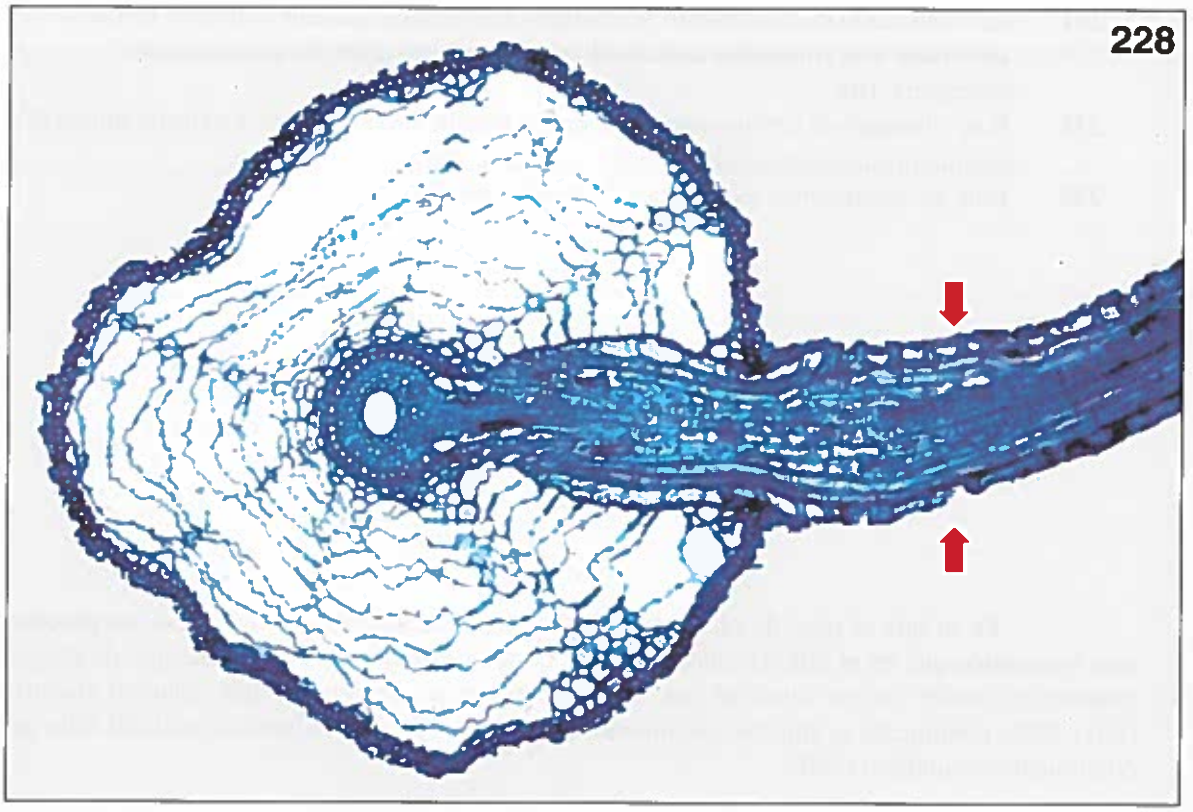
La exodermis (226, 227), que no la presentan todas las plantas, tiene una morfología y función similar a la endodermis, representando como aquella un filtro en la absorción gracias a la banda de Caspary.

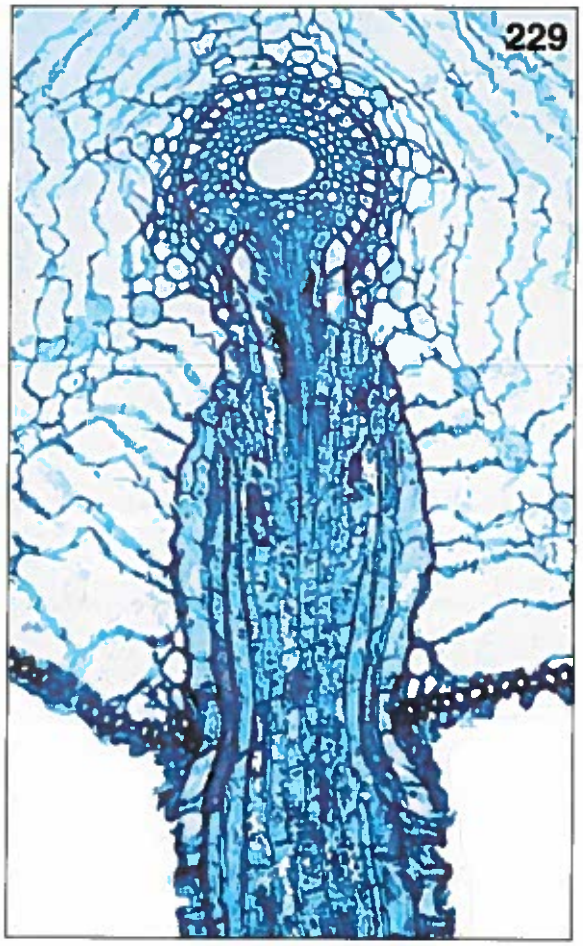

226
H
CR

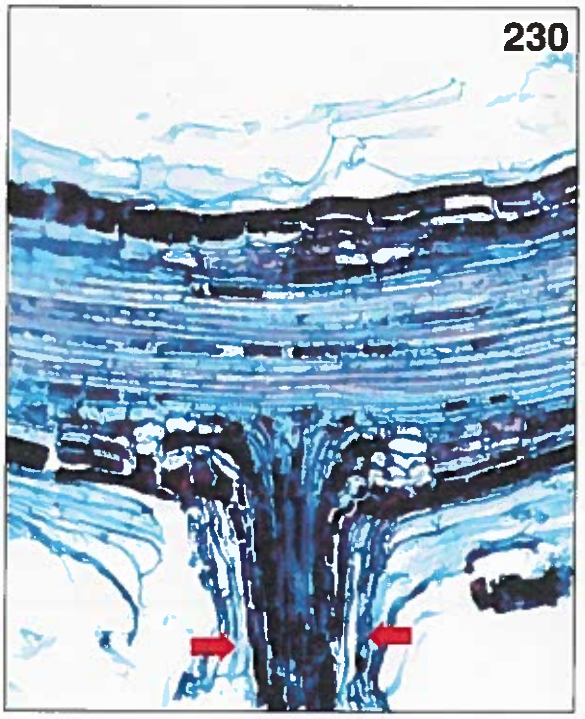

227

**228.** Raíz secundaria. Raíz de primer orden (flechas). 10x.
**229.** Raíz secundaria. Detalle de la anterior. 20x.
**230.** Raíz secundaria. Raíz de tercer orden (flechas). 20x.

Las raíces secundarias se originan normalmente del periciclo de la raíz madre conformando un ángulo recto con aquella (228, 229, 230), a diferencia de lo que ocurre con las ramificaciones del tallo (véanse las imágenes 261, 262).


228


229

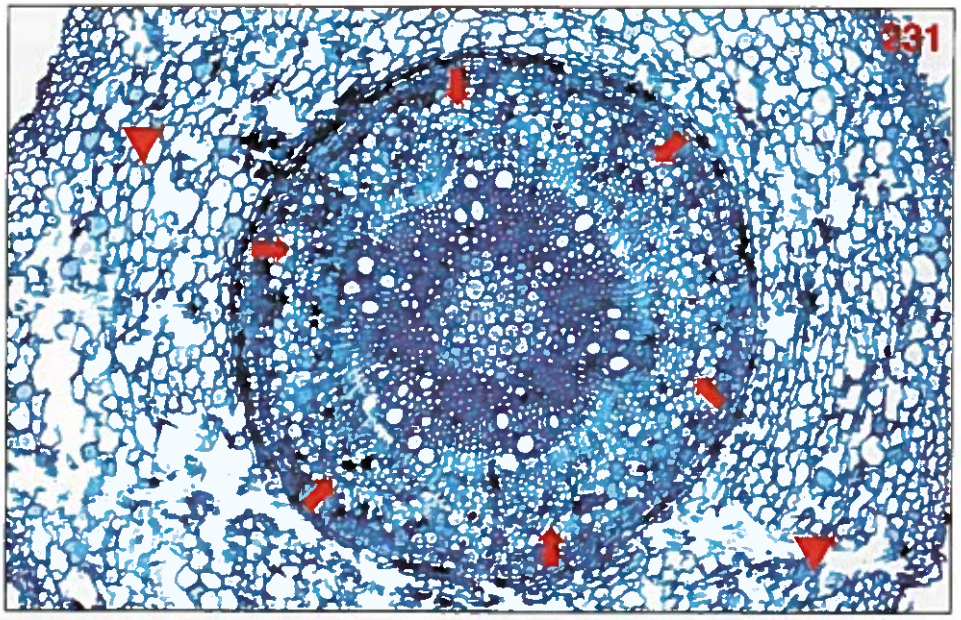

230

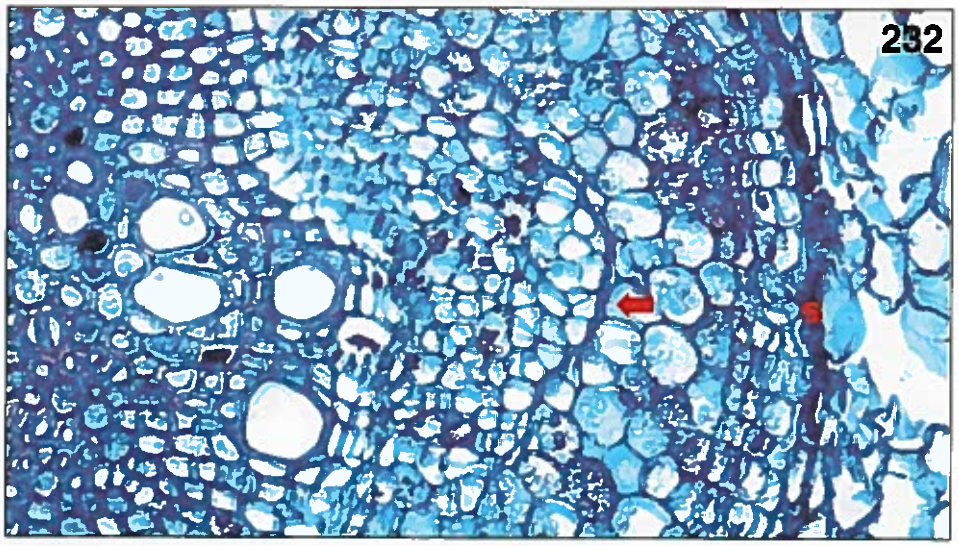
**231.** Raíz iniciando el crecimiento secundario. Las flechas indican el floema primario aplastado. Los triángulos indican el cortex primario antes de desprenderse (mucigel). 10x.

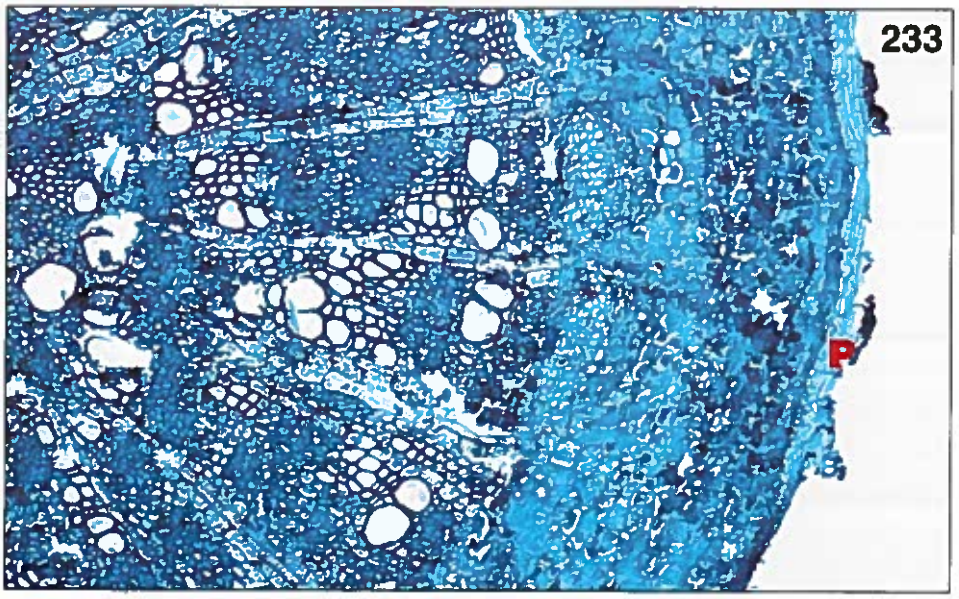
**232.** Raíz iniciando el crecimiento secundario. Detalle de la anterior. La flecha indica el floema primario aplastado. s: suber o corcho. 40x.

**233.** Raíz en crecimiento secundario. P: peridermis. 10x.

En la raíz el paso de crecimiento primario a crecimiento secundario es un proceso más traumático que en el tallo (se pierde todo el cortex primario) y al mismo tiempo de mayor generación celular que en aquel (el haz vascular alterno se convierte en haz colateral abierto) (231, 232). Finalmente la raíz en crecimiento secundario (233) se diferencia mal del tallo en crecimiento secundario (260).


231

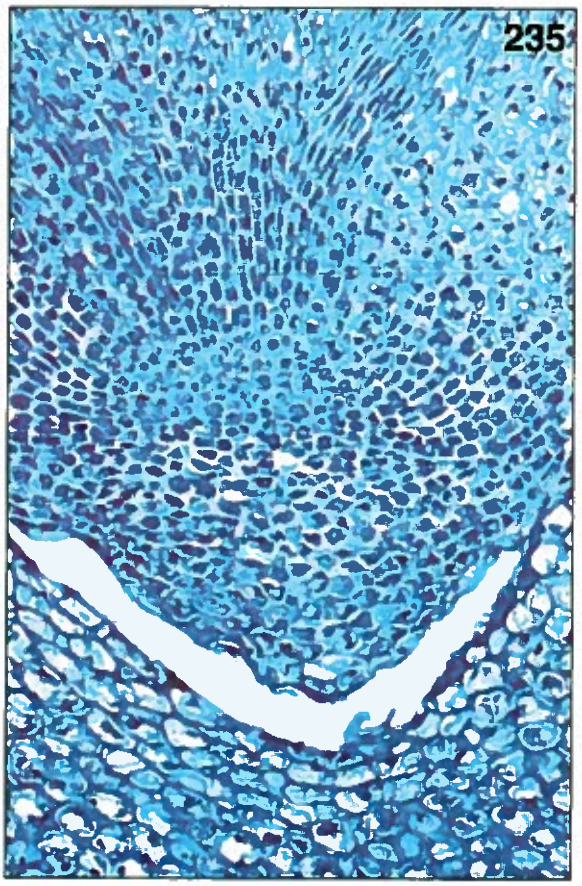

232

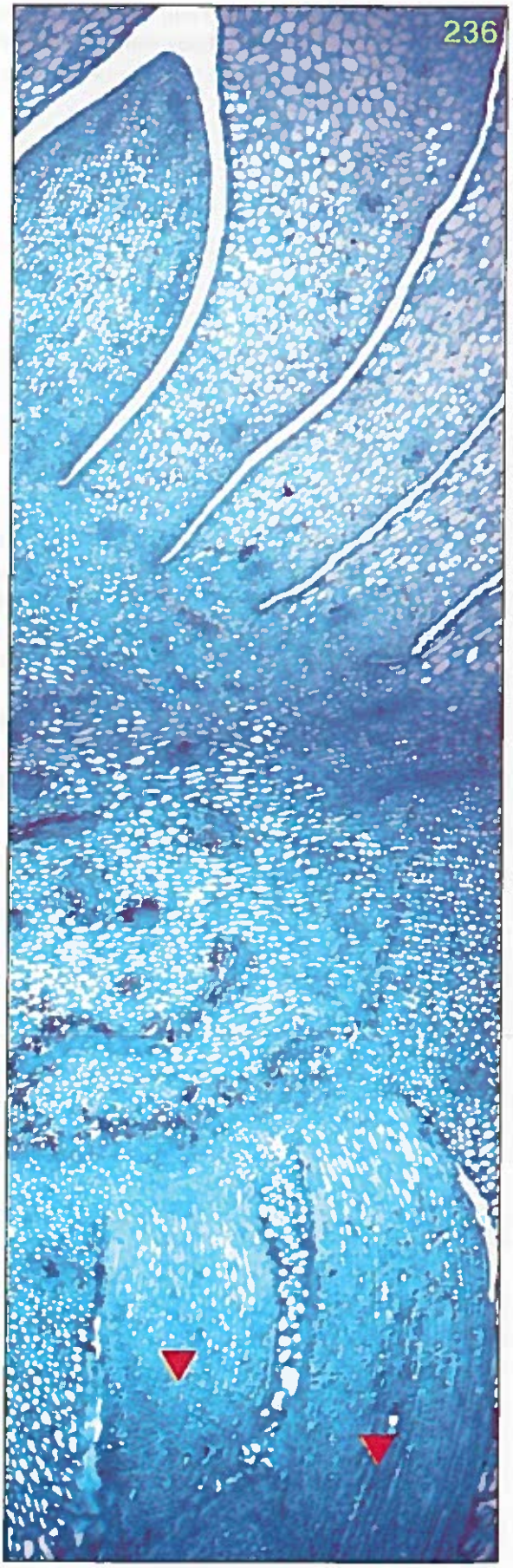

233
P

234. Raíz adventícia (flecha) de un tallo. 4x.
235. Raíz adventícia. Detalle de la anterior. 20x.
236. Raíces adventícias (triángulos) de un bulbo. 4x.

Las raíces adventícias son por definición las que se forman de tejidos maduros. En este caso de tallo de *Iris* (lirio) (234) y de un bulbo de *Allium* (ajo) (236).


234

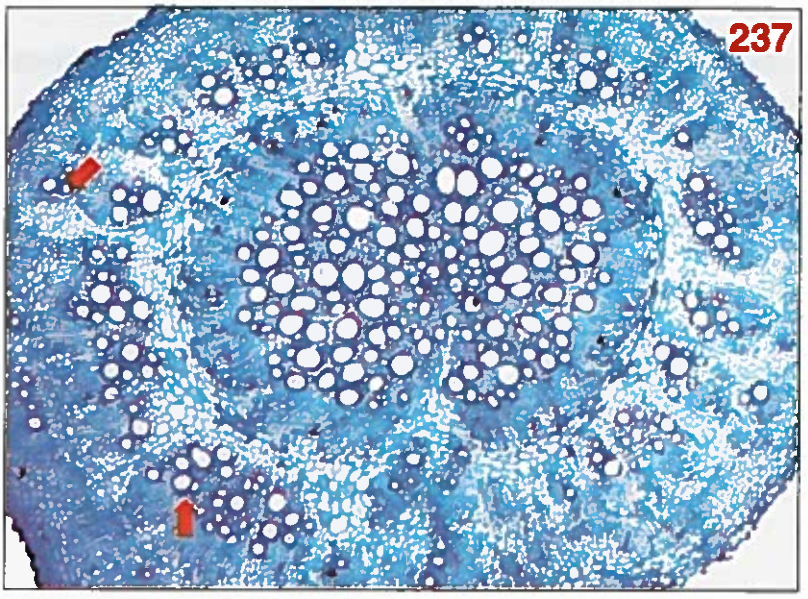

235

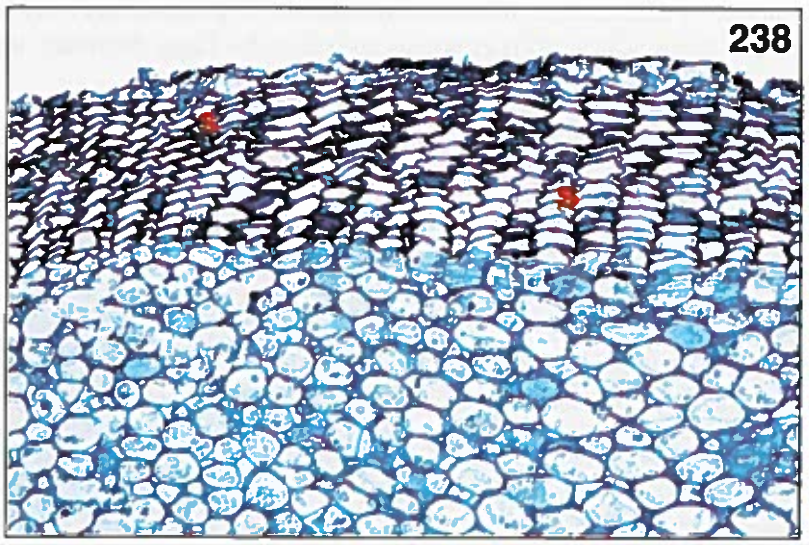

236

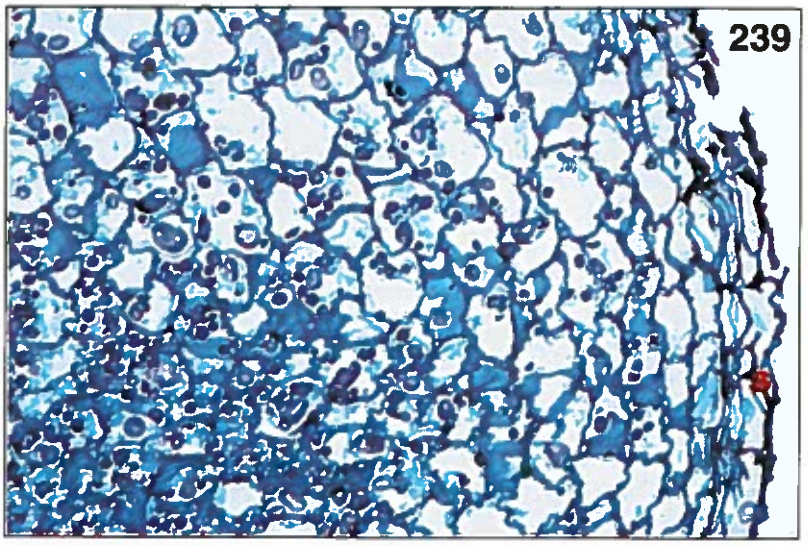
**237.** Raíz suculenta con haces vasculares supernumerarios (flechas). 4x.
**238.** Rizoma. s: células suberificadas. 10x.
**239.** Tubérculo. s: células suberificadas. 10x.

Las plantas disponen de reservas de nutrientes, en general en el paréquima asociado al xilema y al floema de tallos con crecimiento secundario y sobre todo de raíces con crecimiento secundario. Una adaptación a esa función es lo que ocurre en ciertas plantas que en la raíz generan un cambium supernumeriario que a su vez origina haces vasculares por fuera del cilindro central y sobre todo gran cantidad de parénquima almacenador (237).

También bajo tierra se desarrollan los rizomas (238) y tubérculos (239) que no son raíces sino tallos más o menos modificados y que histológicamente son similares entre sí. En ambos casos suelen presentar hacia el exterior varias capas de células suberificadas.

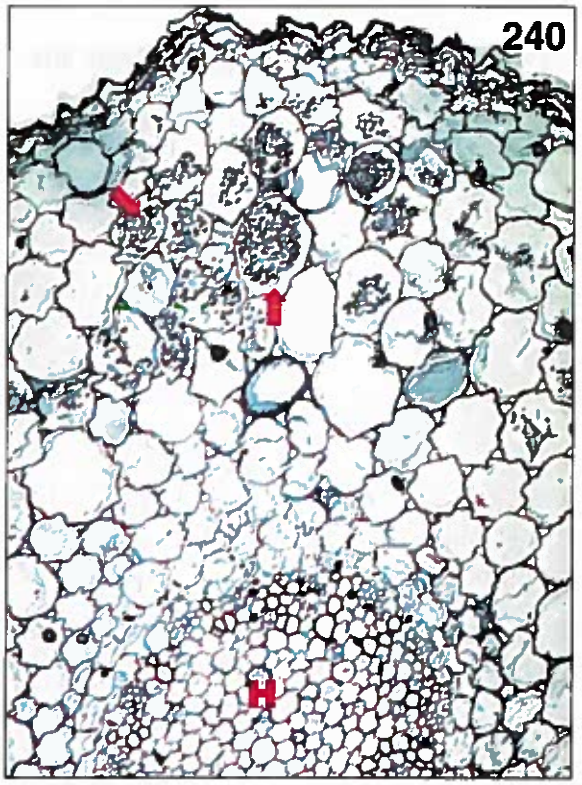

237

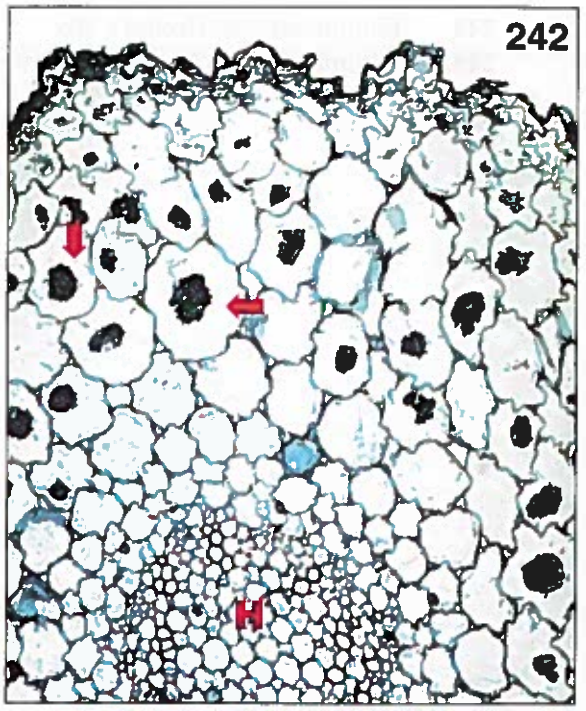

238

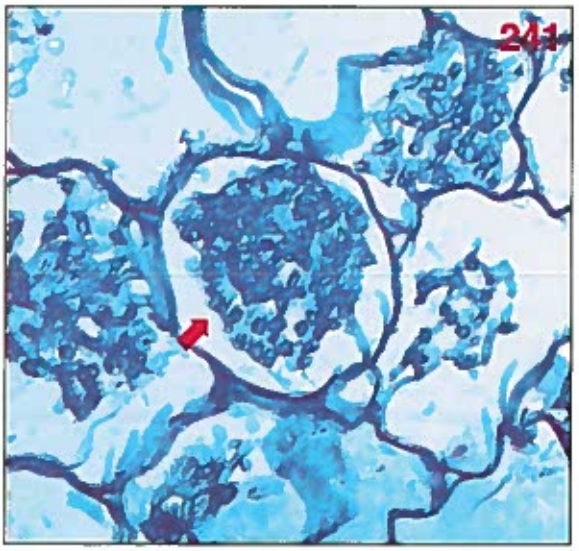

239

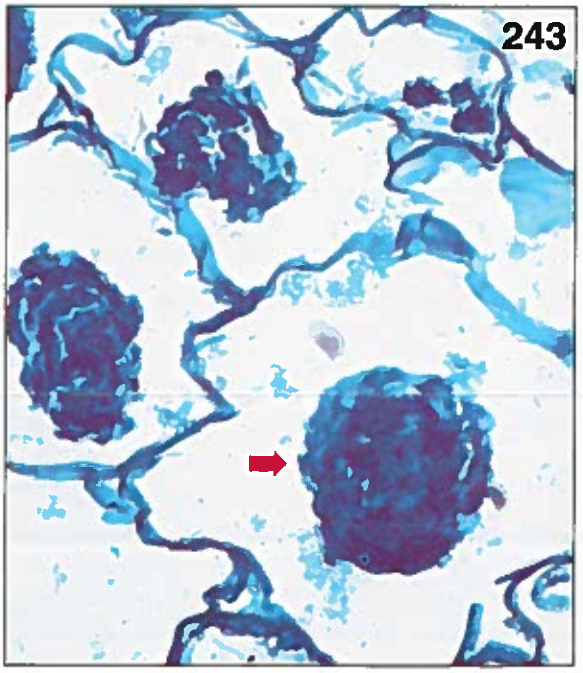
**240.** Endomicorrizas (flechas). H: haz vascular. 10x.
**241.** Endomicorrizas. Detalle anterior de las hifas vivas del hongo (flecha). 40x.
**242.** Endomicorrizas (flechas). H: haz vascular. 10x.
**243.** Endomicorrizas. Detalle anterior de las hifas lisadas del hongo (flecha). 40x.

Las micorrizas son una simbiosis mutualista entre hongos y plantas, concretamente entre hifas de hongos y células epidemicas o corticales de las plantas. En el caso de las orquídeas (*Ophrys* (orquídea abeja) (240, 242)) el hongo atraviesa dos fases distintas: una en la que está activo (241) y otra en la que es lisado y digerido por la planta (243).


240
H

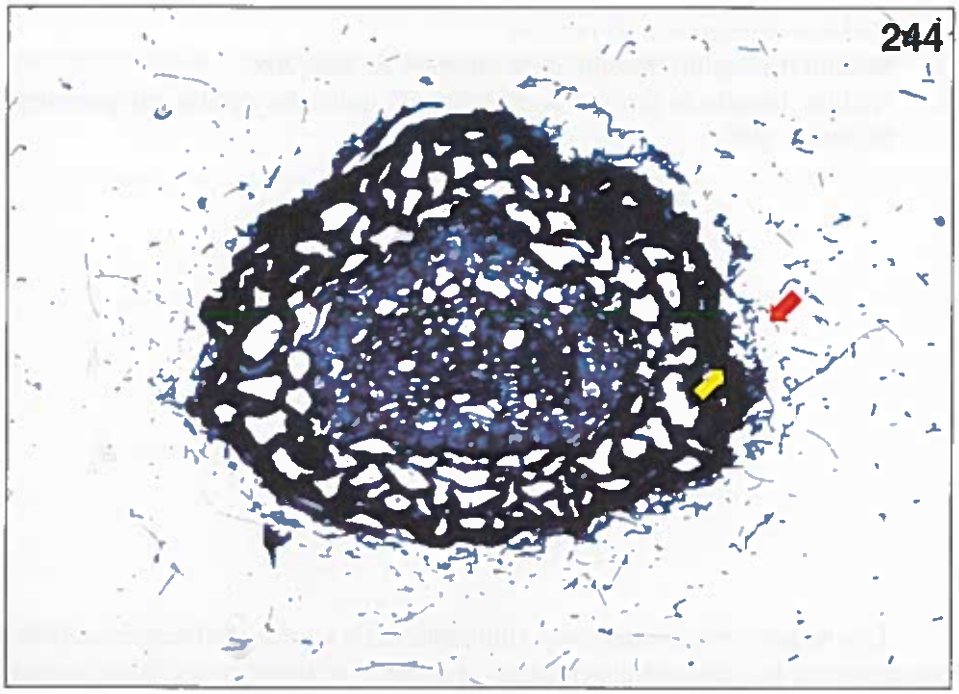

242
H

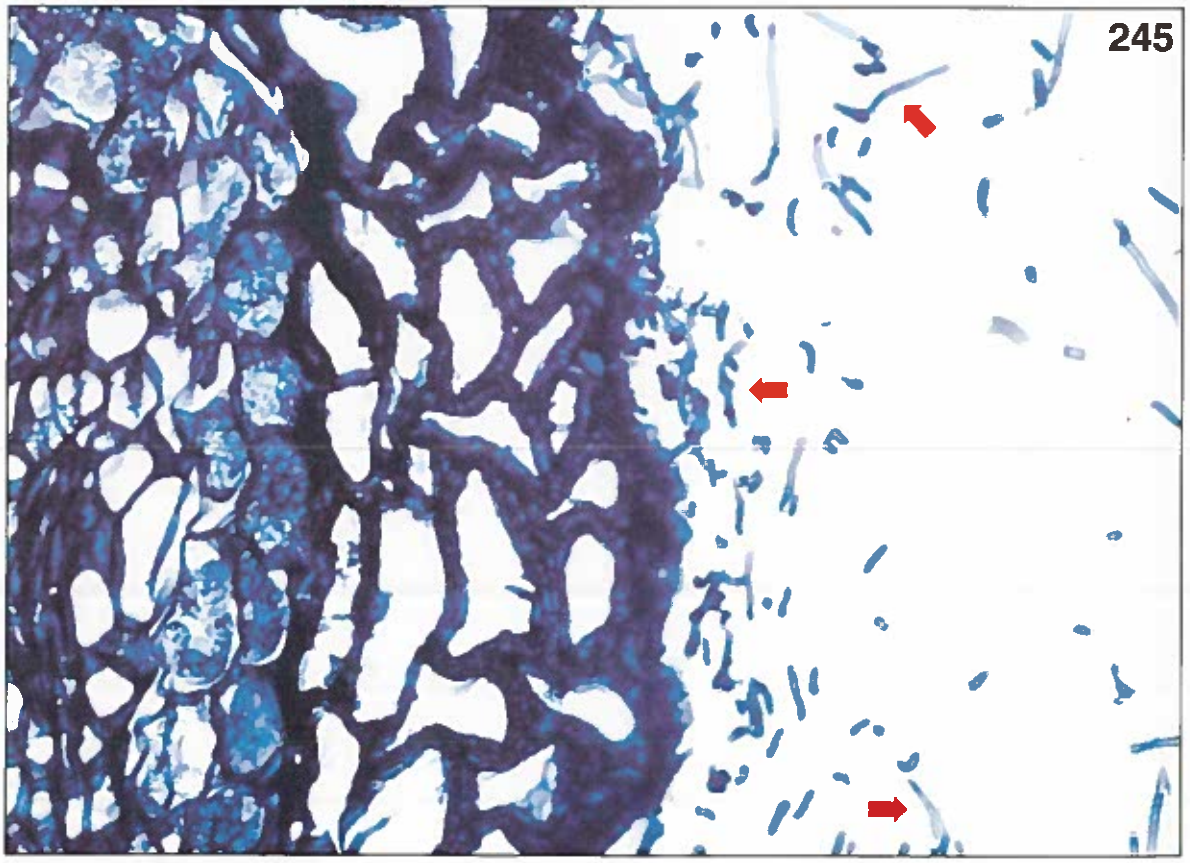

241


243

**244.** Ectomicorrizas (flechas). 10x.
**245.** Ectomicorrizas. Detalle de la anterior. Las flechas indican las hifas del hongo. 40x.

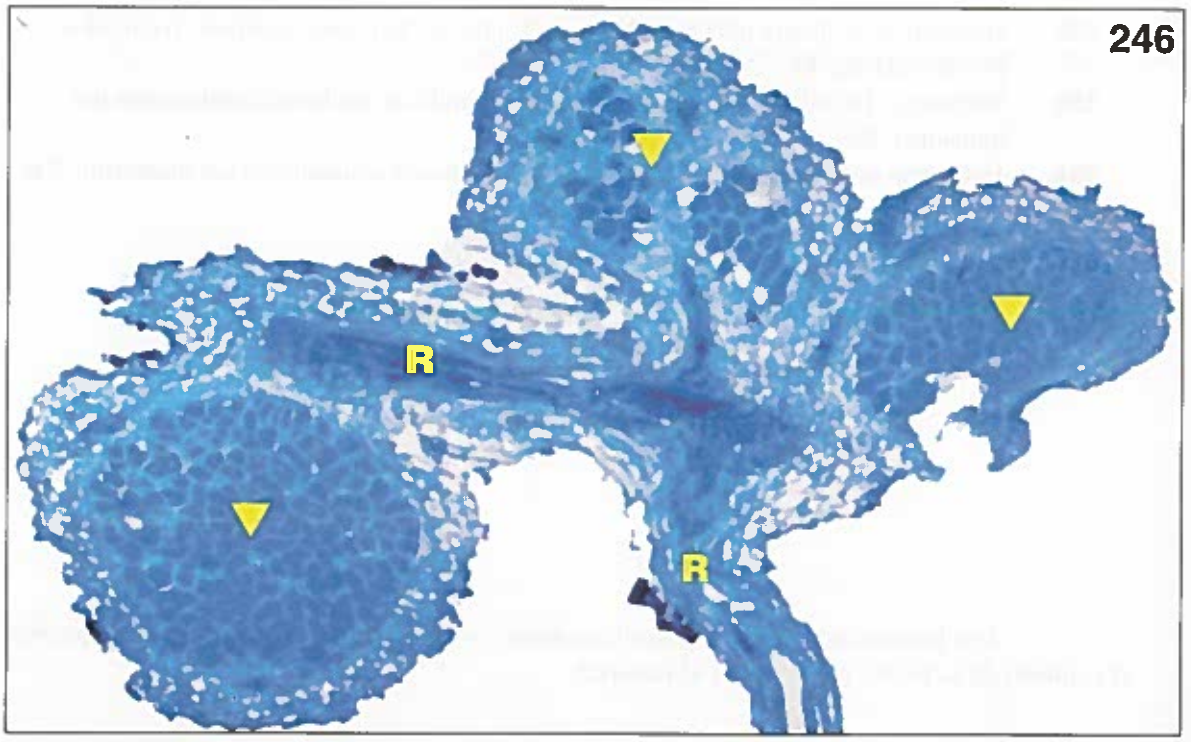
Las ectomicorrizas son también (como las endomicorrizas) asociaciones simbiónticas mutualistas entre hongo y planta, concretamente entre las hifas del hongo y los espacios intercelulares de la raíz.

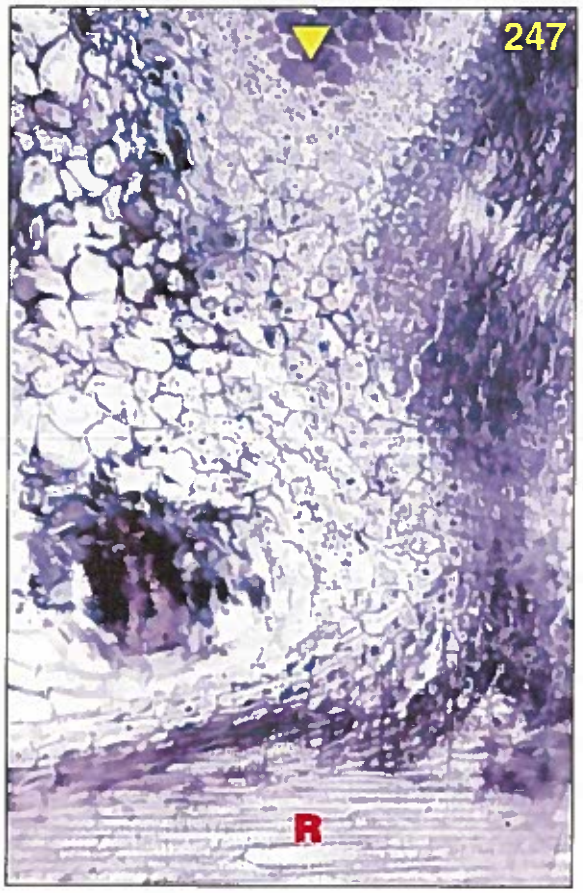

244

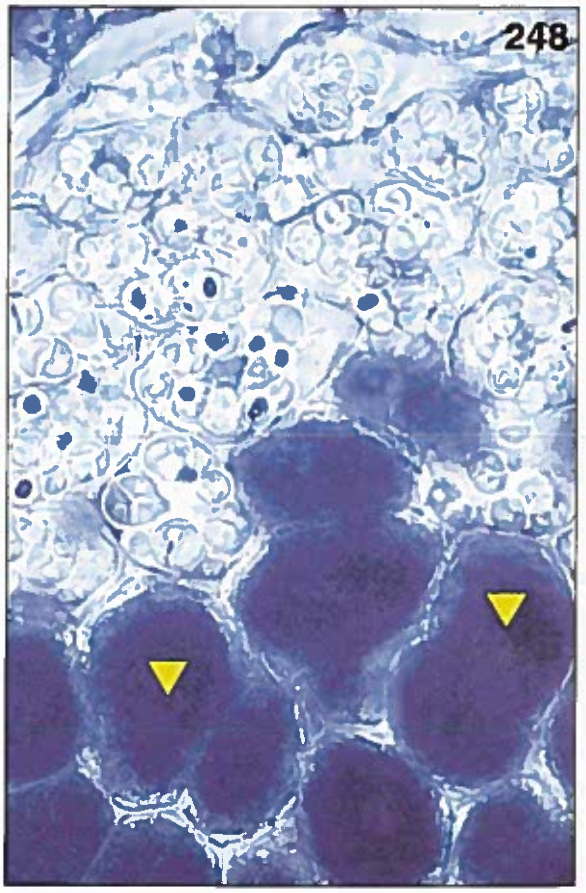

245

**246.** Nódulos (triángulos). R: raíz. 4x.
**247.** Nódulo (triángulo). Detalle de la anterior. R: raíz. 20x.
**248.** Nódulo. Detalle de la anterior. El triángulo indica las células que presentan bacterias. 100x.

Los nódulos son asociaciones simbiónticas de la raíz con bacterias nitrificantes. Las bacterias entran por los pelos radicales llegan al cortex y se instalan en células parenquimáticas. El conjunto se multiplica y finalmente se establece la comunicación entre los haces vasculares y el nódulo.


246
R
R


247
R

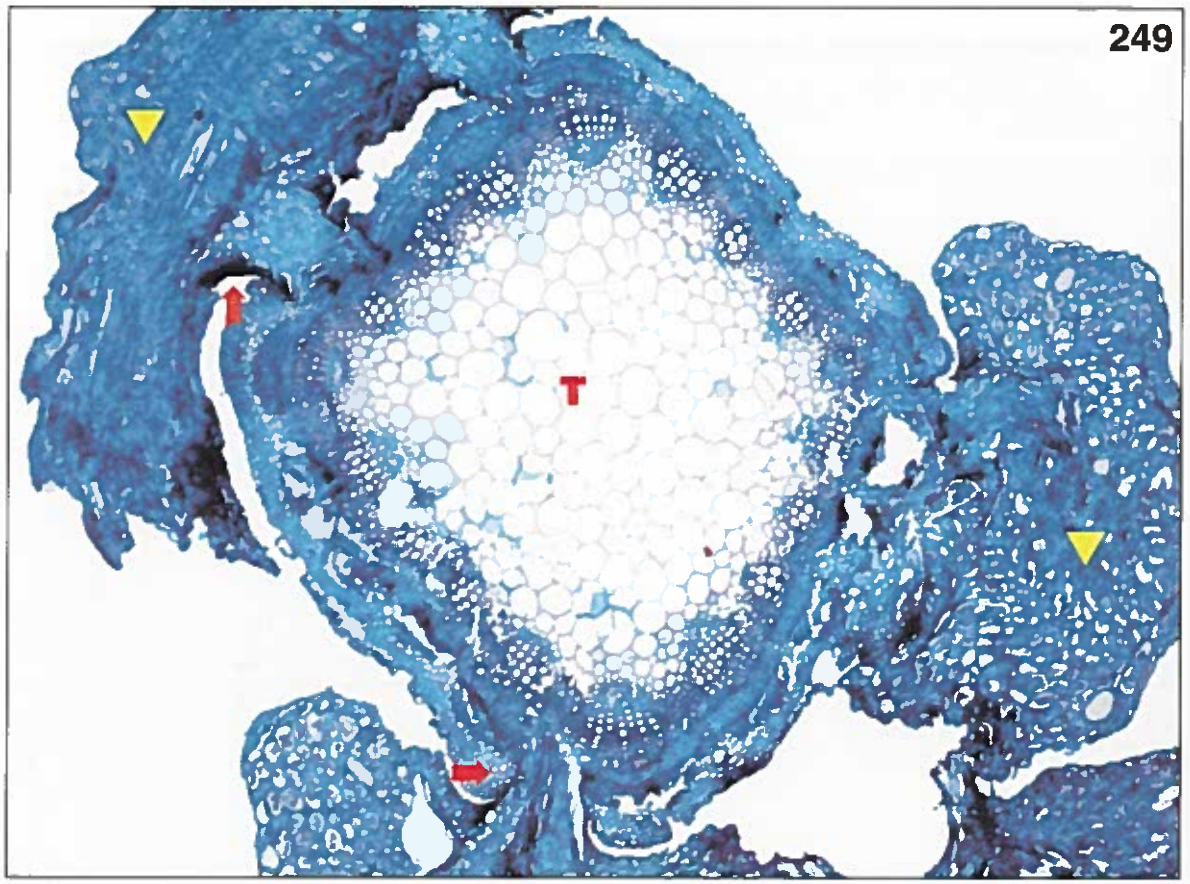

248

**249.** Haustorios de planta parásita (flechas). T: tallo de la planta huésped. Triángulos: planta parásita. 4x.

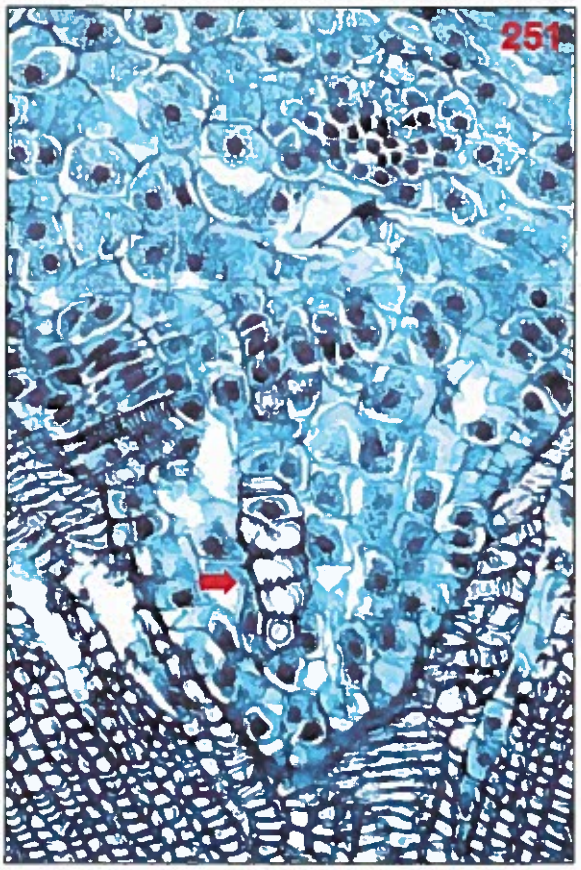
**250.** Haustorio. Detalle de la anterior. Las flechas indican los haces conductores del haustorio. 20x.

**251.** Haustorio en fase inicial. La flecha indica los haces conductores del haustorio. 20x.

Los haustorios son raíces extremadamente modificadas que se forman en respuestas al contacto de la planta parásita con el huésped.


249
T


250

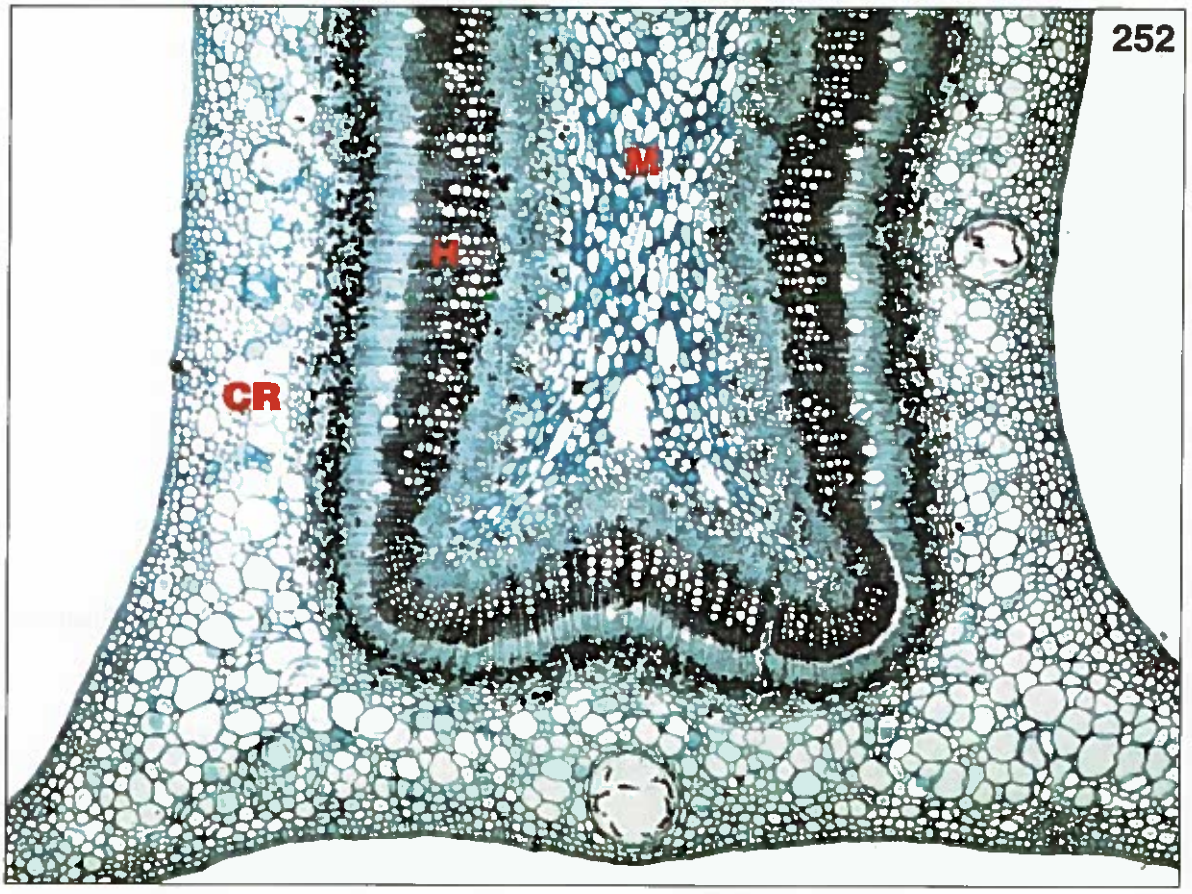

251

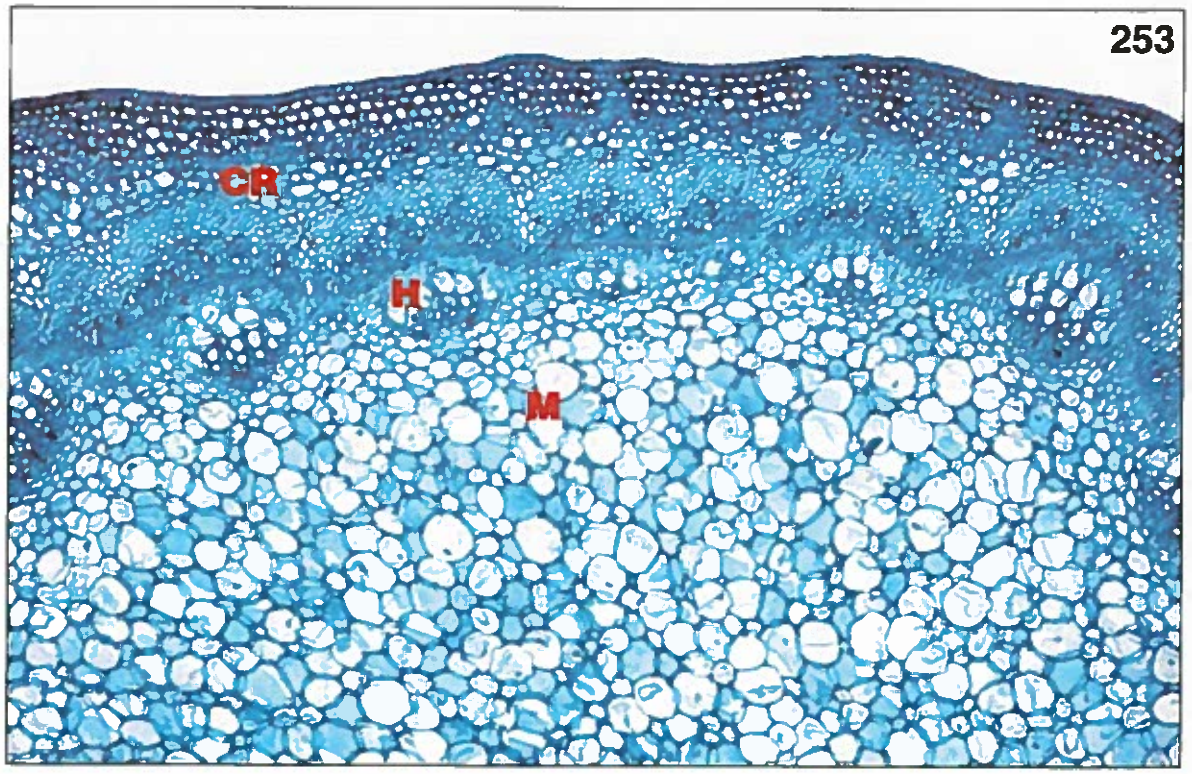
# TALLO

El tallo es la parte aérea de las plantas que sirve de soporte de las hojas, las ramas y las flores.

**252.** Tallo de dicotiledónea. M: médula. H: haces vasculares. CR: cortex. 4x.
**253.** Tallo de dicotiledónea. M: médula. H: haces vasculares. CR: cortex. 10x.

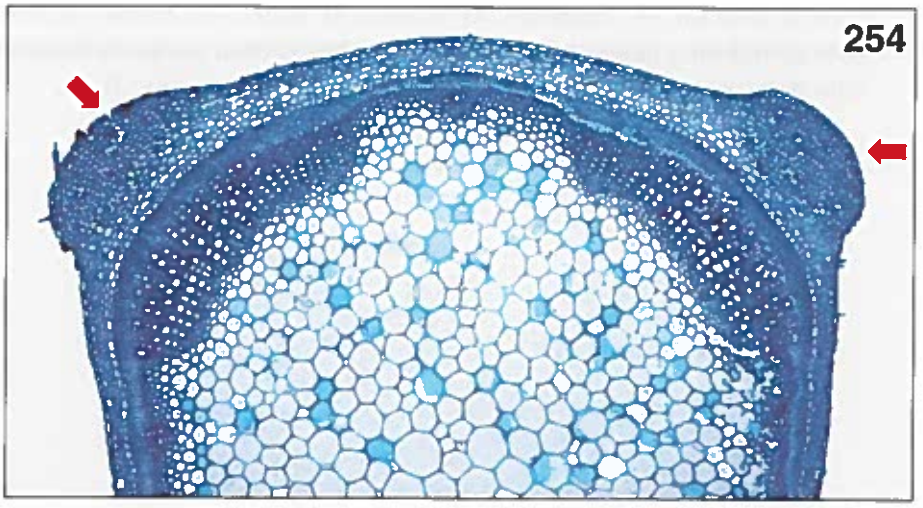
Los tallos de dicotiledóneas se caracterizan por presentar en las secciones transversales, los haces vasculares formando un anillo continuo o discontinuo alrededor de la médula.

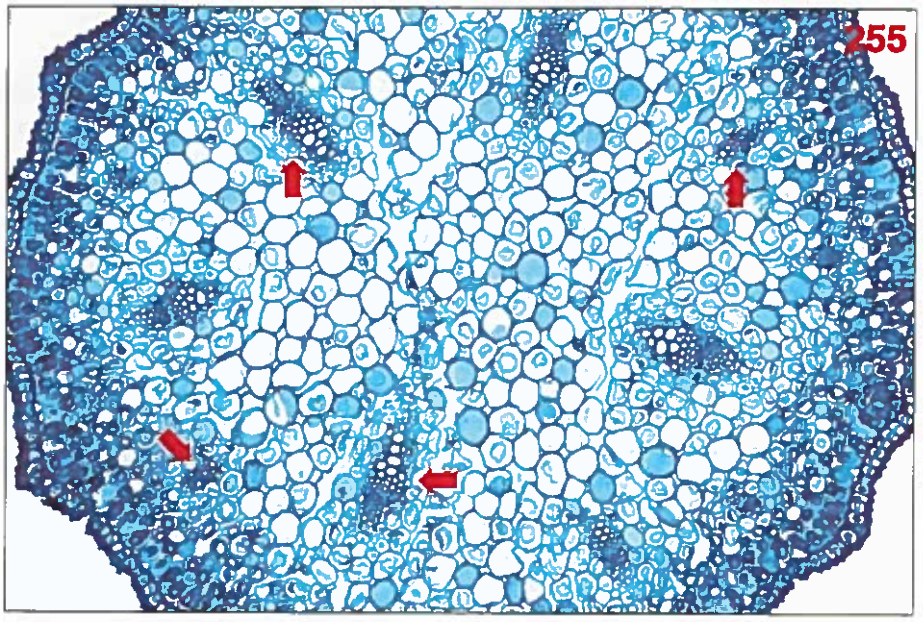

252
M
H
CR

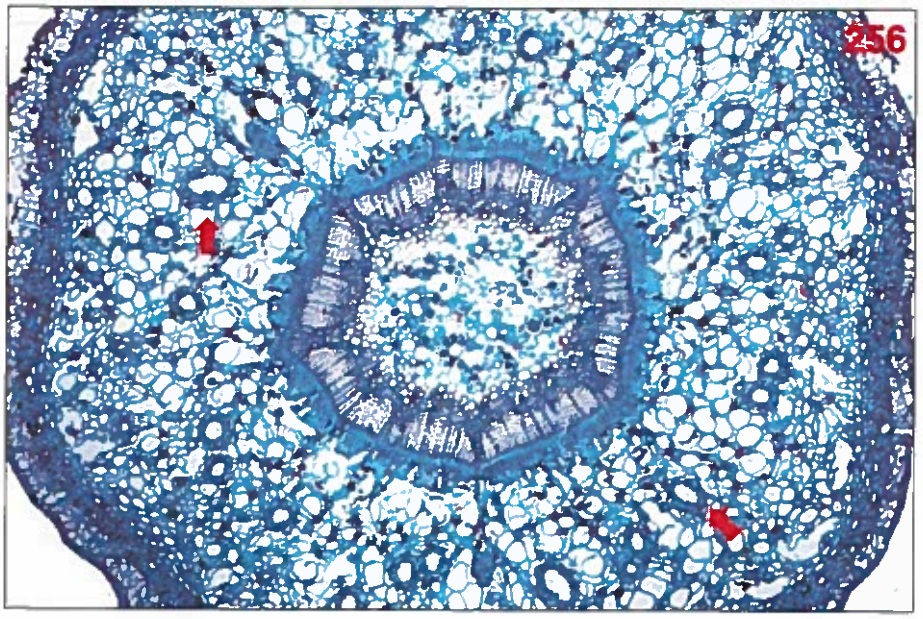

253
CR
H
M

**254.** Tallo de labiada. Las flechas indican las costillas. 4x.
**255.** Tallo de monocotiledónea. Las flechas indican haces conductores. 10x.
**256.** Tallo de gimnosperma. las flechas indican canales resiníferos. 4x.

Los tallos de monocotiledóneas presentan muchos haces vasculares, de distintos tamaños y dispuestos desordenadamente en el cortex.


254

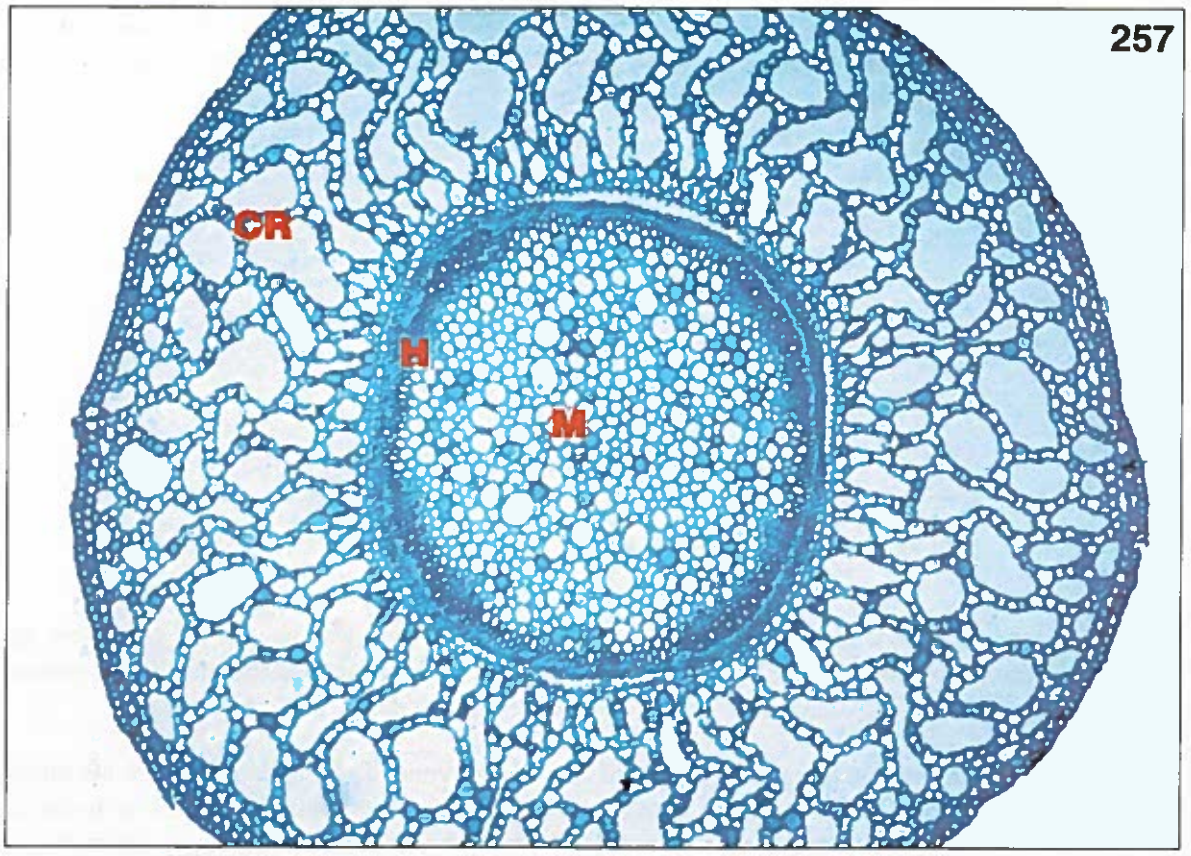

255

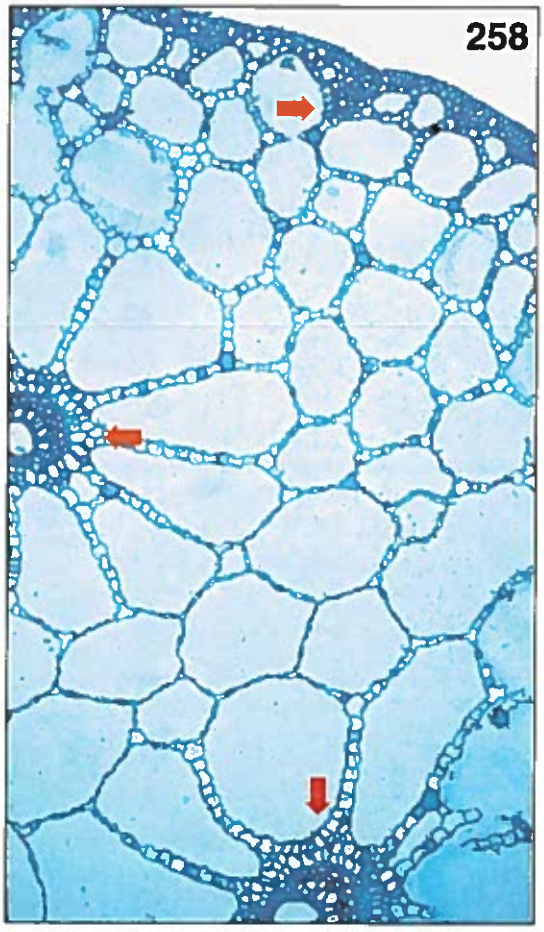

256

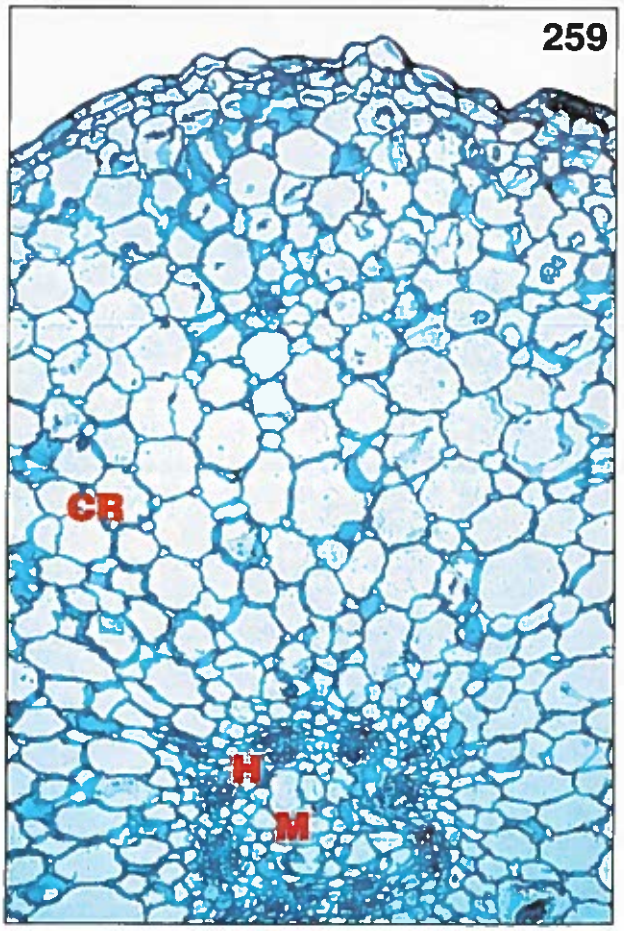
**257.** Tallo de hidrófita dicotiledónea. M: médula. H: haces vasculares. CR: cortex. 4x.
**258.** Tallo de hidrófita monocotiledónea. Las flechas indican los haces conductores. 4x.
**259.** Tallo de xerófita. M: médula. H: haces vasculares. CR: cortex. 10x.

El tallo de las plantas hidrófitas presenta un parénquima aerífero conspicuo (257, 258) ocupando prácticamente todo el cortex, lo que facilita la aireación de la planta.

En el tallo de las plantas xerófitas (259) el cortex está muy desarrollado (en comparación con el tallo de las mesófitas) suponiendo un sistema de protección de la planta ante la posible desecación de los haces vasculares y un lugar de reserva de agua en el abundante parénquima acuífero.


257
CR
H
M


258


259
CR
H
M

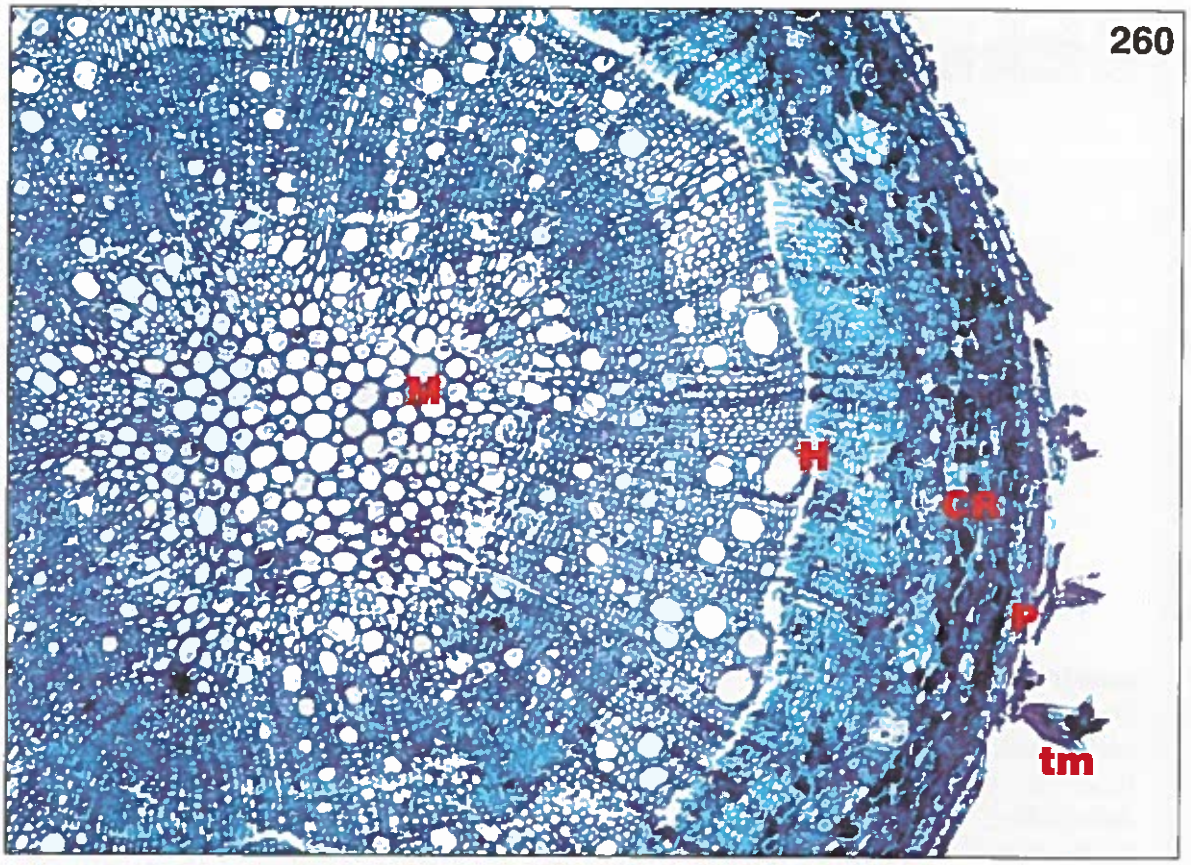
**260.** Tallo en crecimiento secundario. M: médula. H: haces vasculares. CR: cortex. P: peridermis. tm: tricoma. 10x.

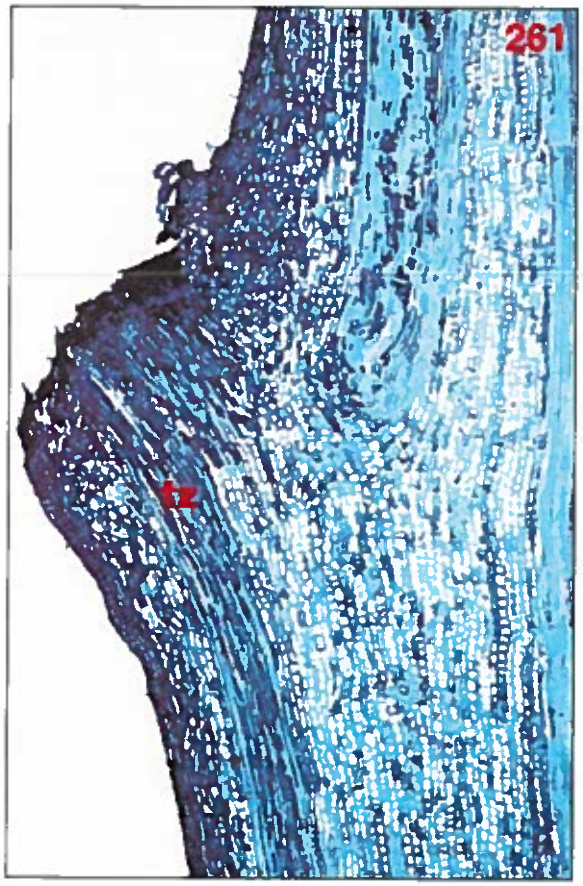
**261.** Ramificación. tz: traza. 4x.

**262.** Ramificación: tz: traza. 4x.

Los tallos en crecimiento secundario (260) se diferencian mal de las raíces en crecimiento secundario (233). Sin embargo en las fases más tempranas del crecimiento en grosor, los tallos presentan aún restos de epidermis en la que aún pueden persistir tricomas.

La ramificación en los tallos (261, 262) se diferencia claramente de la de las raíces (228, 229, 230) tanto morfológicamente como por su origen. En aquellas, las raíces secundarias surgen de la actividad de un tejido del cortex (el periciclo), en éstas surgen de la actividad de meristemos superficiales (las yemas axilares (18)).

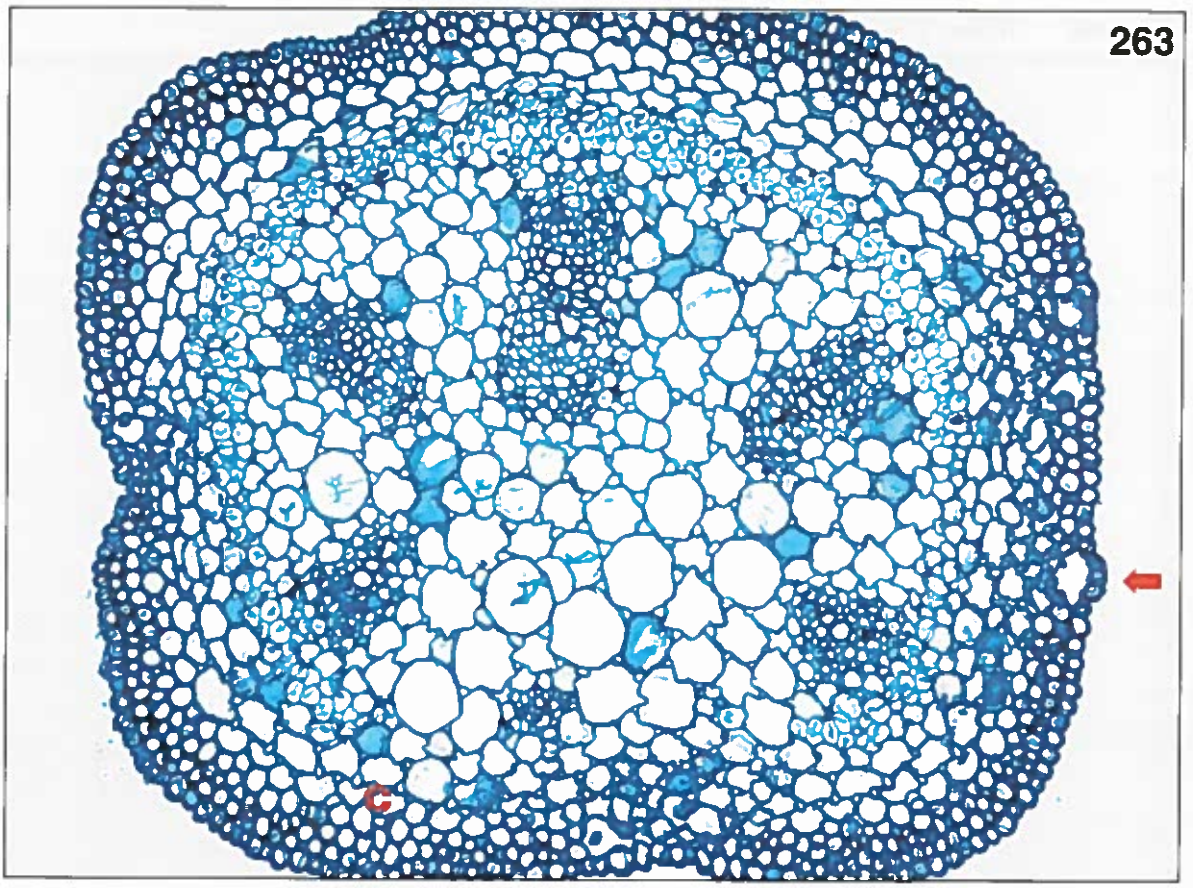

260
M
H
CR
P
tm

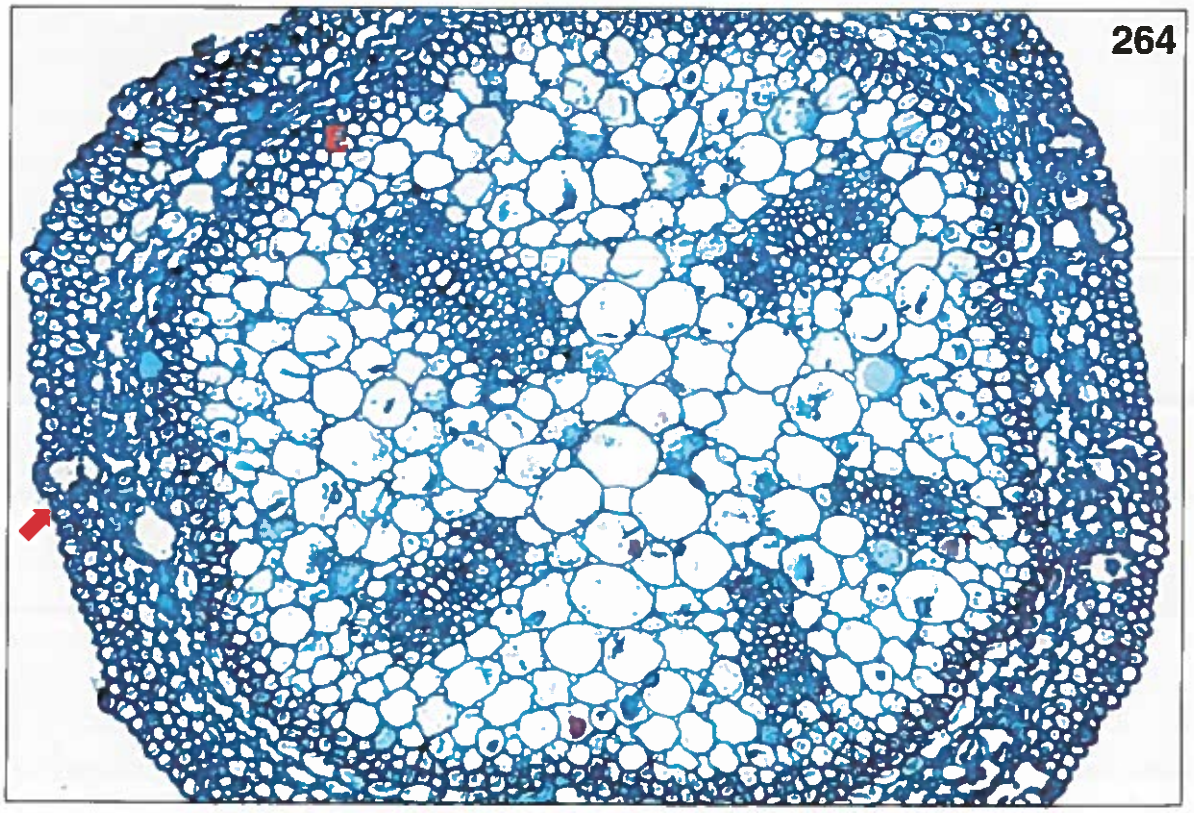

261
tz


262
tz

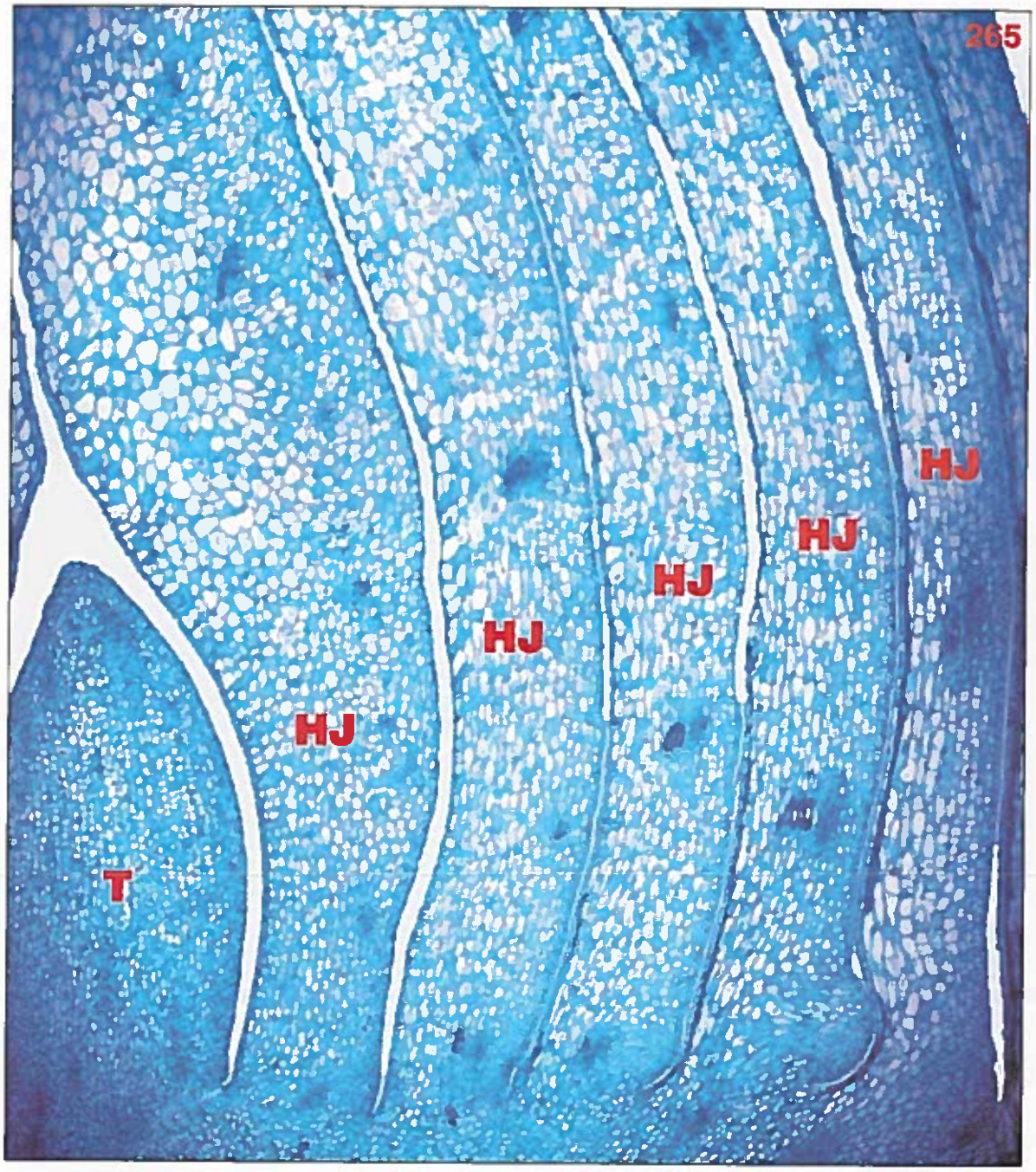
263. Zarcillo. La flecha indica un estoma. C: colénquima. 10x.
264. Zarcillo. La flecha indica un estoma. E: esclerénquima. 4x.

Los zarcillos aquí presentados (de *Bryonia*) son tallos modificados. En un principio, cuando "tantean" el objeto al que abrazarse, presentan como tejido de sostén colénquima. Posteriormente, cuando ya están firmemente sujetos a un sustrato, sustituyen el colénquima por esclerénquima. Este cambio de colénquima por esclerénquima confirma que el primero es el tejido de sostén de los órganos cuando están creciendo, es un tejido plástico (adaptable, deformable), mientras que el esclerénquima es el tejido de sostén de los órganos maduros, un tejido elástico (no deformable) y más eficiente en el sostén.


263
C

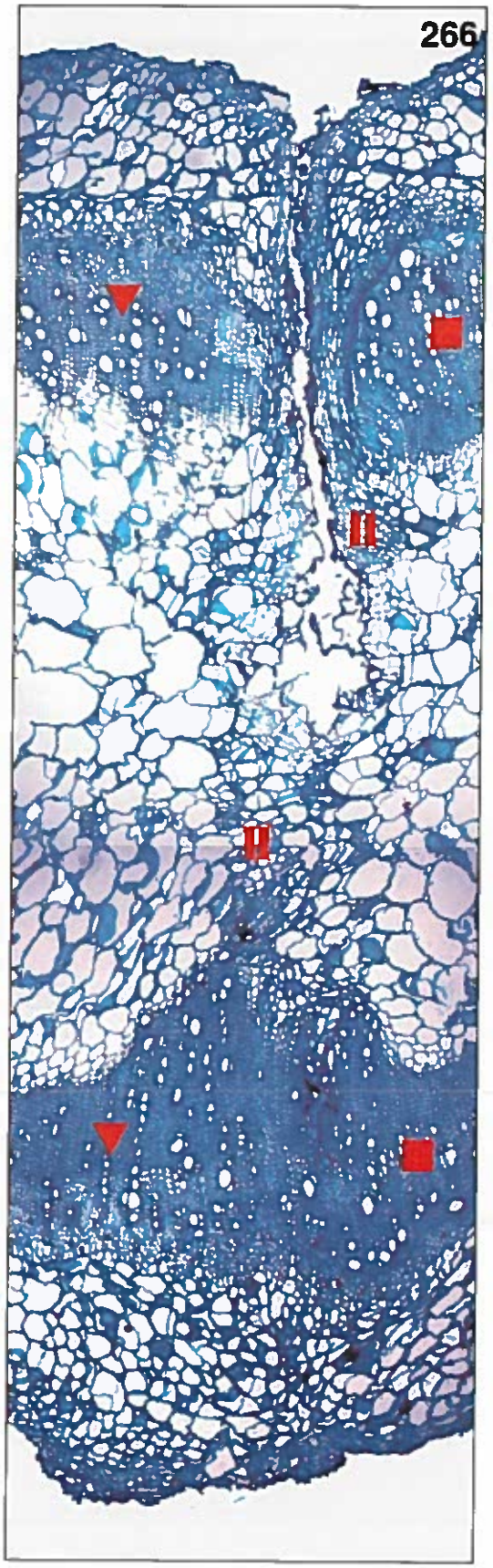

264
E

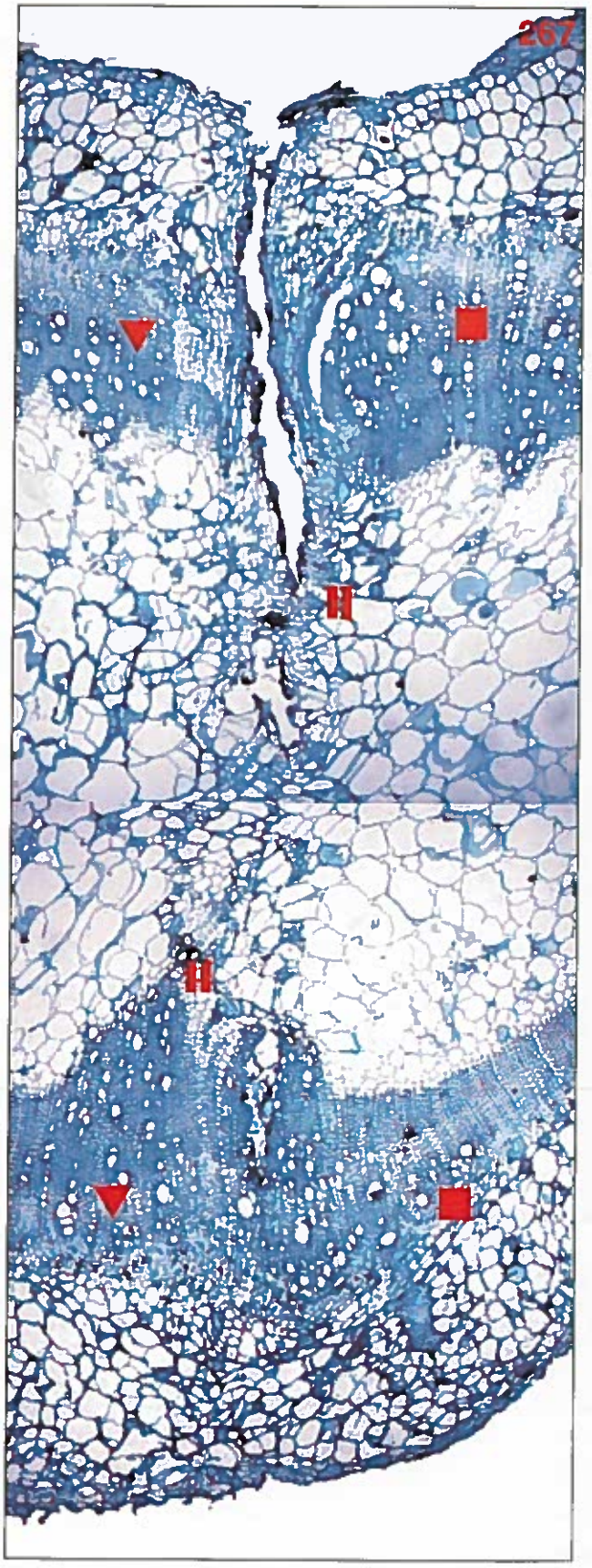
**265.** Bulbo. T: tallo. HJ: hojas. 4x.


265
HJ
HJ
HJ
HJ
HJ
T

**266.** Injerto. Triángulo: el tallo de una planta. Cuadrado: el tallo de la otra. ll: callo. 4x.
**267.** Injerto. Triángulo: el tallo de una planta. Cuadrado: el tallo de la otra. ll: callo. 4x.

En los injertos se pone en juego la capacidad de desdiferenciarse de las células con paredes primarias. Formados los callos en las dos plantas que se pretenden unir, estos empiezan a diferenciarse en xilema y floema a continuación del xilema y del floema de cada planta, hasta unirse ambas a través de los haces conductores.


266

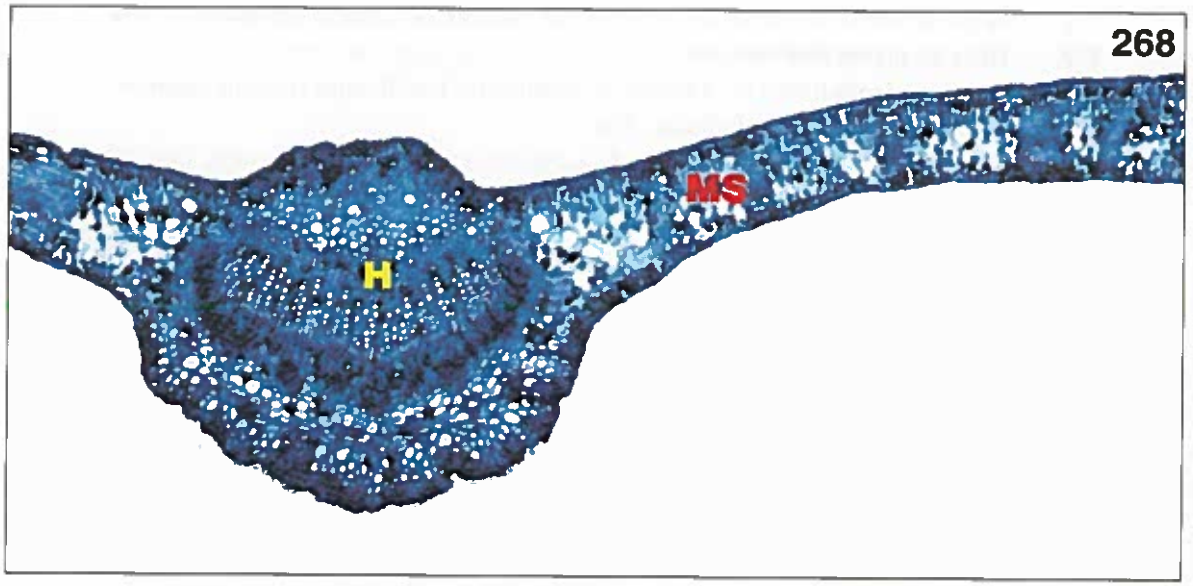

267

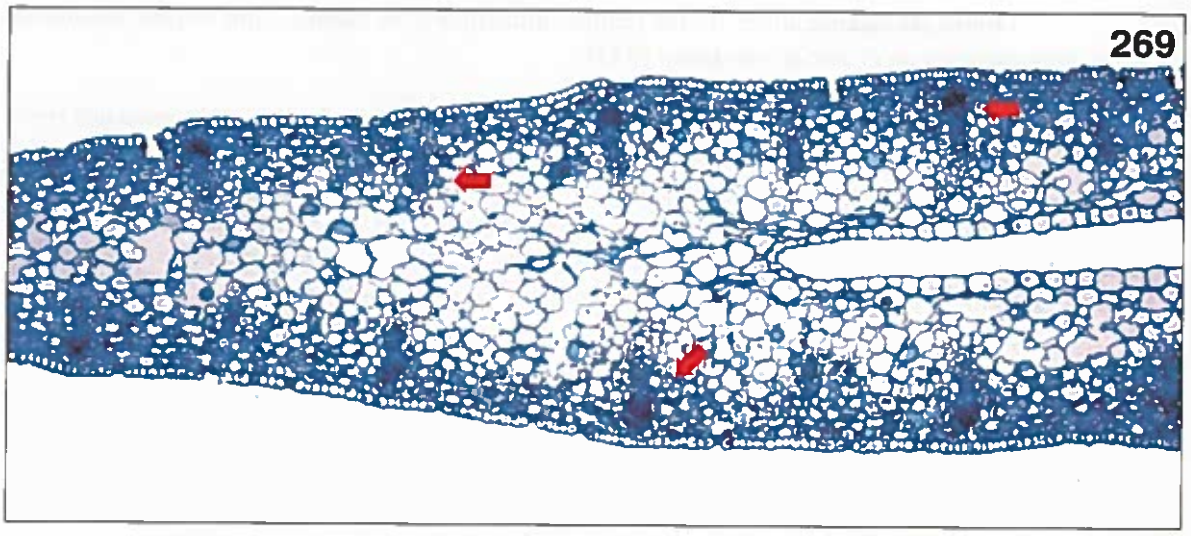
# HOJA

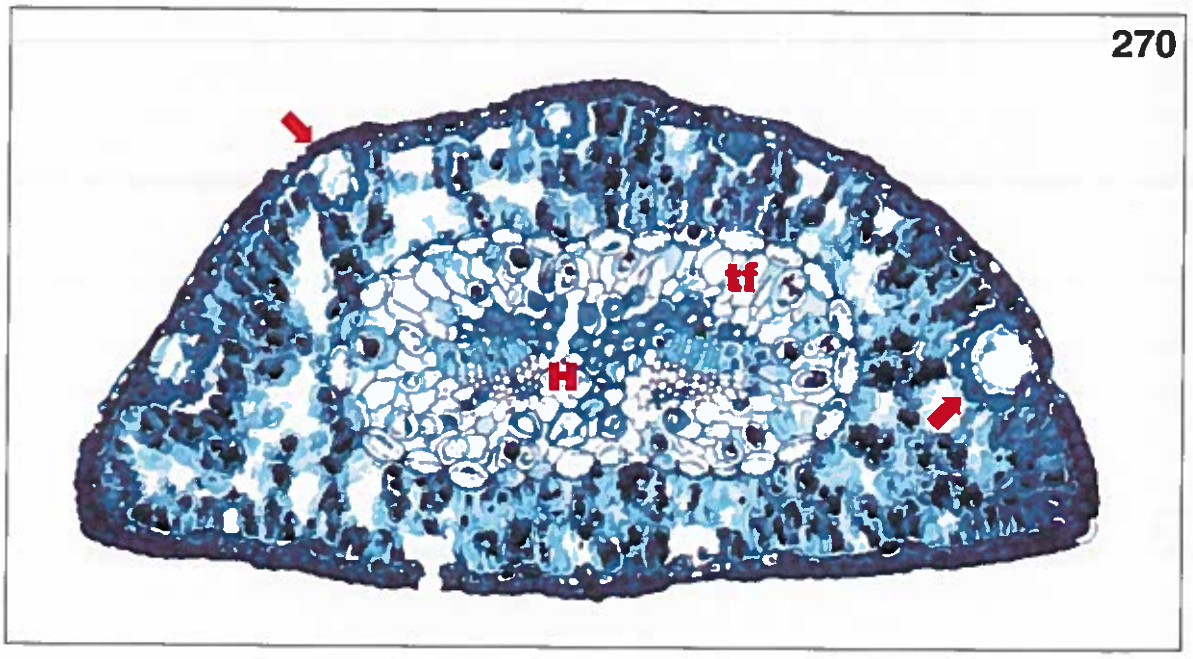
La hoja es el órgano fotosintetizador y transpirador por antonomasia. No presenta crecimiento secundario.

**268.** Hoja de dicotiledónea. MS: mesófito. H: haz vascular. 4x.
**269.** Hoja de monocotiledónea. Las flechas indican los haces vasculares. 4x.
**270.** Hoja de gimnosperma. Acícula de pino. Las flechas indican conductos resiníferos. H: haz vascular. ts: tejido de transfusión. 10x.

Las hojas de dicotiledóneas presentan un haz vascular central (268). Las de monocotiledóneas (269) presentan muchos haces y todos más o menos del mismo orden.


268
MS
H

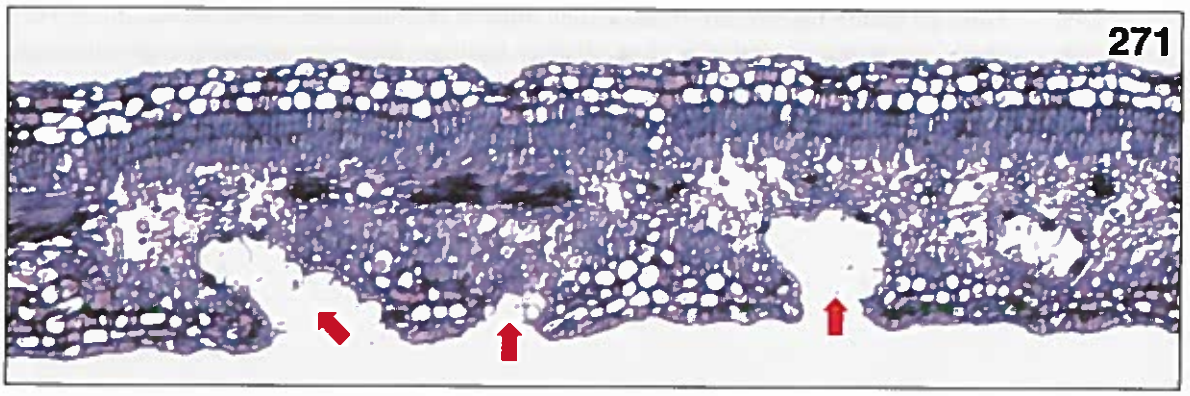

269

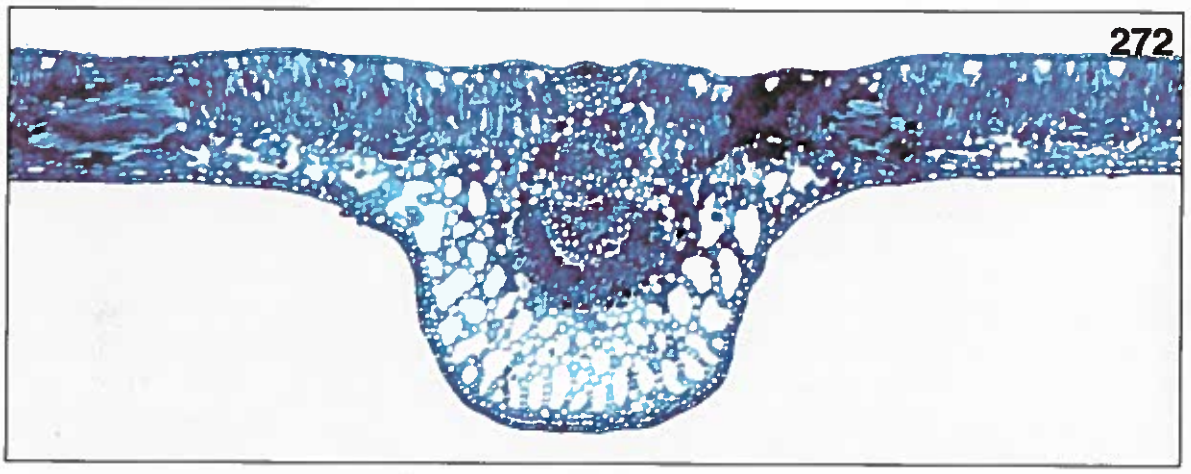

270
tf
H

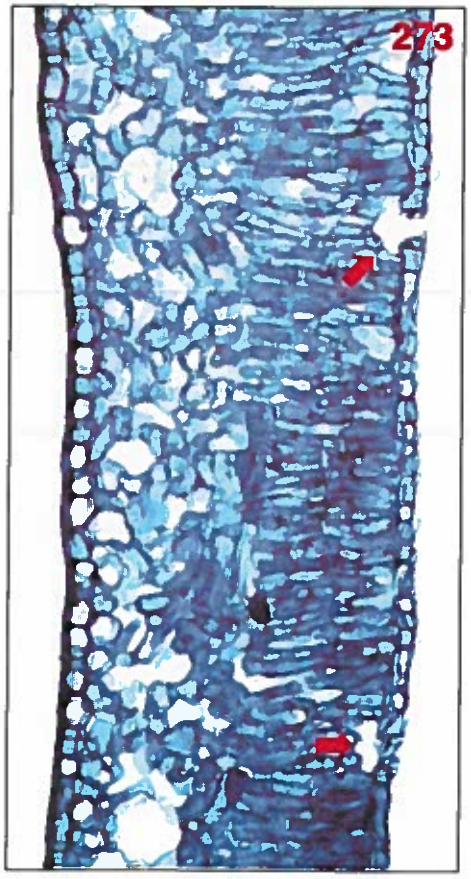
**271.** Hoja de planta xeromórfica. Las flechas indican las criptas estomáticas. 10x.
**272.** Hoja de planta hidrófita. 4x.
**273.** Hoja de planta hidrófita. Detalle de la anterior. Las flechas indican estomas (situados en el haz de la hoja). 20x.
**274.** Hoja de planta C-4. La flecha indica estoma. cv: células de la vaina. cm: células del mesófilo. X: xilema. F: floema. 40x.

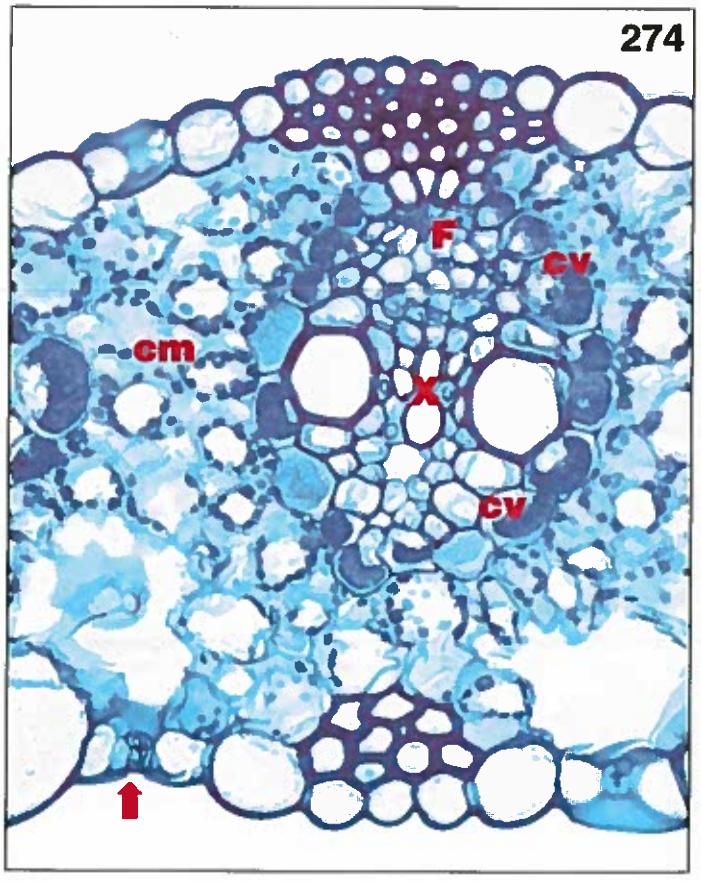
Entre las adaptaciones de las plantas hidrófitas a su hábitat, una es que solamente presentan estomas en el haz de sus hojas (273).

Las plantas C-4 llevan a cabo una fotosíntesis peculiar en la que intervienen dos tipos de células con cloroplastos. Unas más pequeñas, en contacto con los estomas (las células del mesófilo) y otras muy grandes, alejadas de los estomas, que rodean los haces vasculares y que presentan cloroplastos también grandes (las células de la vaina). Esta disposición espacial y la división del trabajo fotosintético en dos tipos de células permite a estas plantas ser particularmente eficientes en la fotosíntesis ante situaciones climáticas adversas.


271

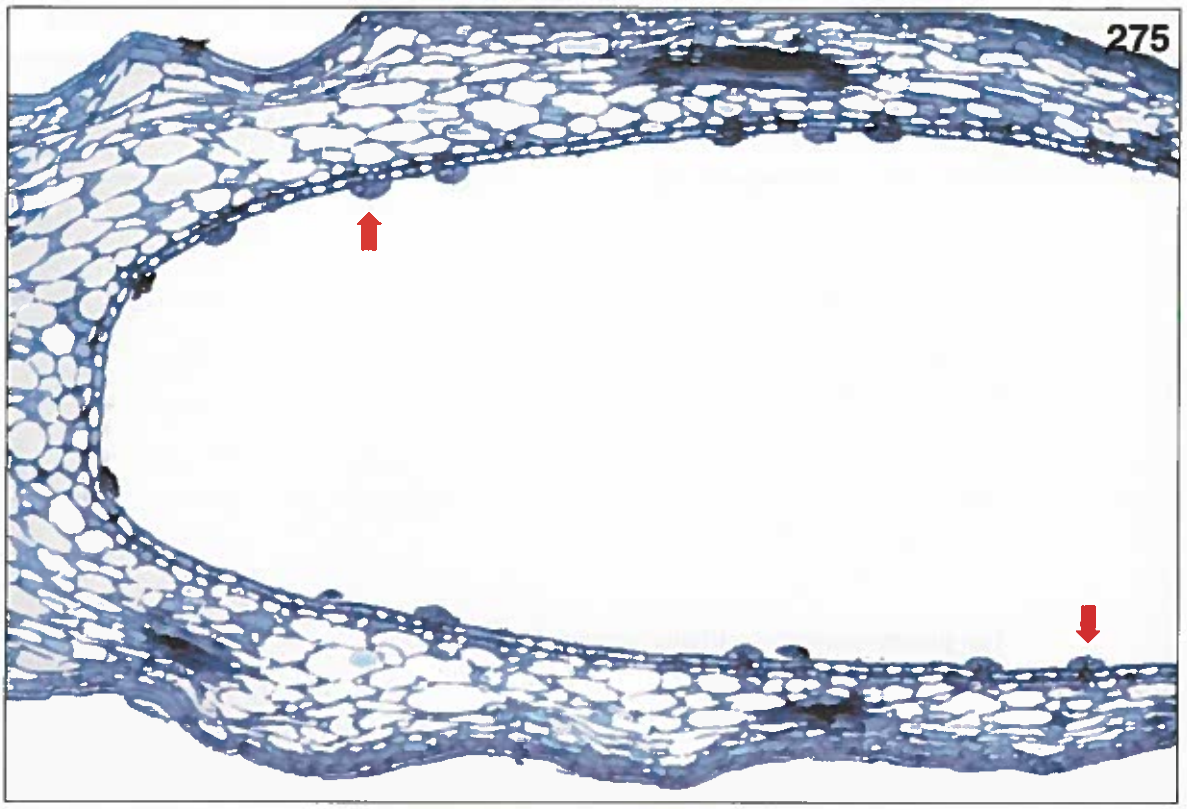

272

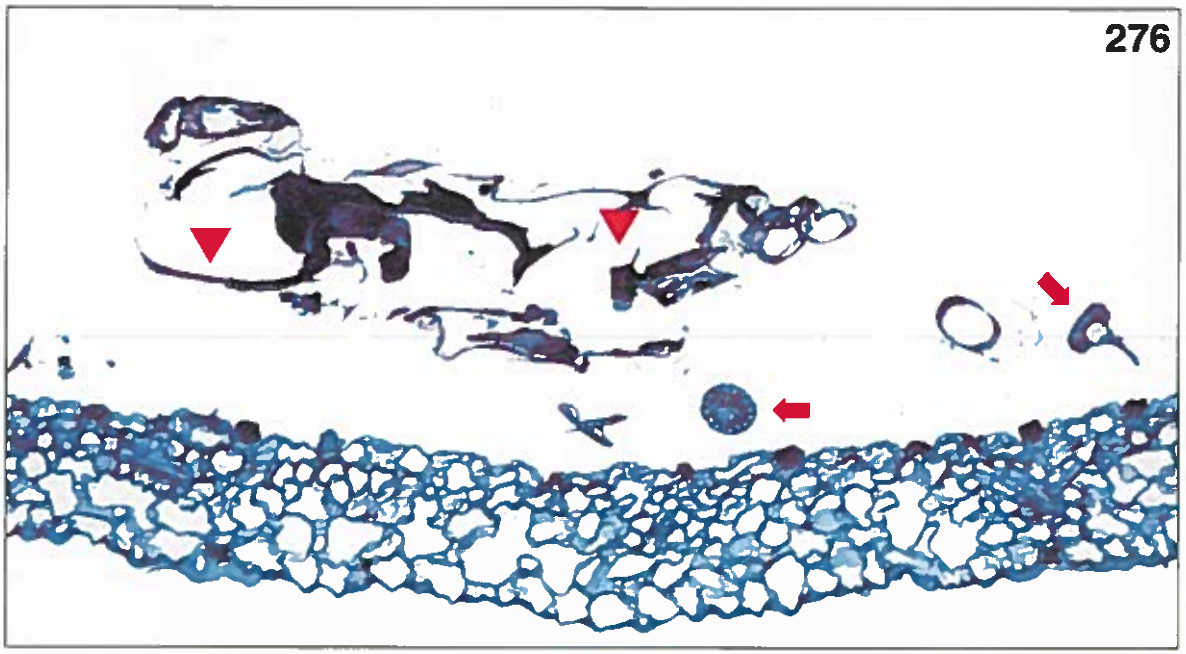

273


274
F
cv
cm
X
cv

**275.** Hoja de planta insectívora. Las flechas indican tricomas secretores de enzimas. 4x.

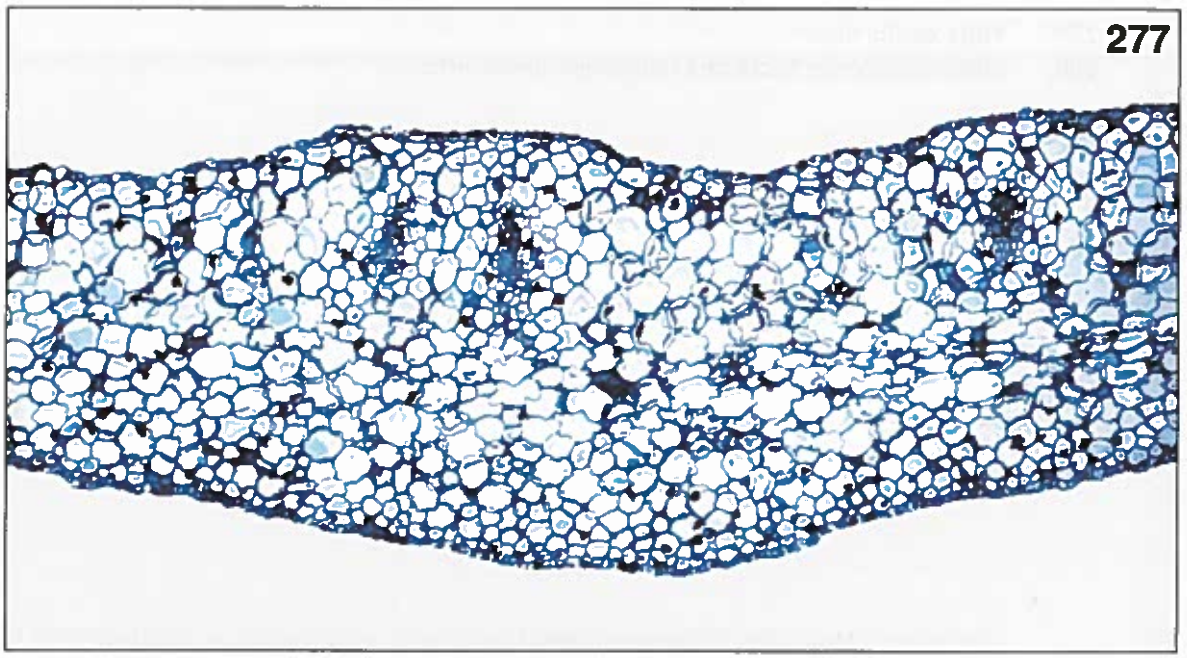
**276.** Hoja de planta insectívora. Las flechas indican tricomas secretores de enzimas. Triángulos: insecto atrapado en la hoja. 10x.

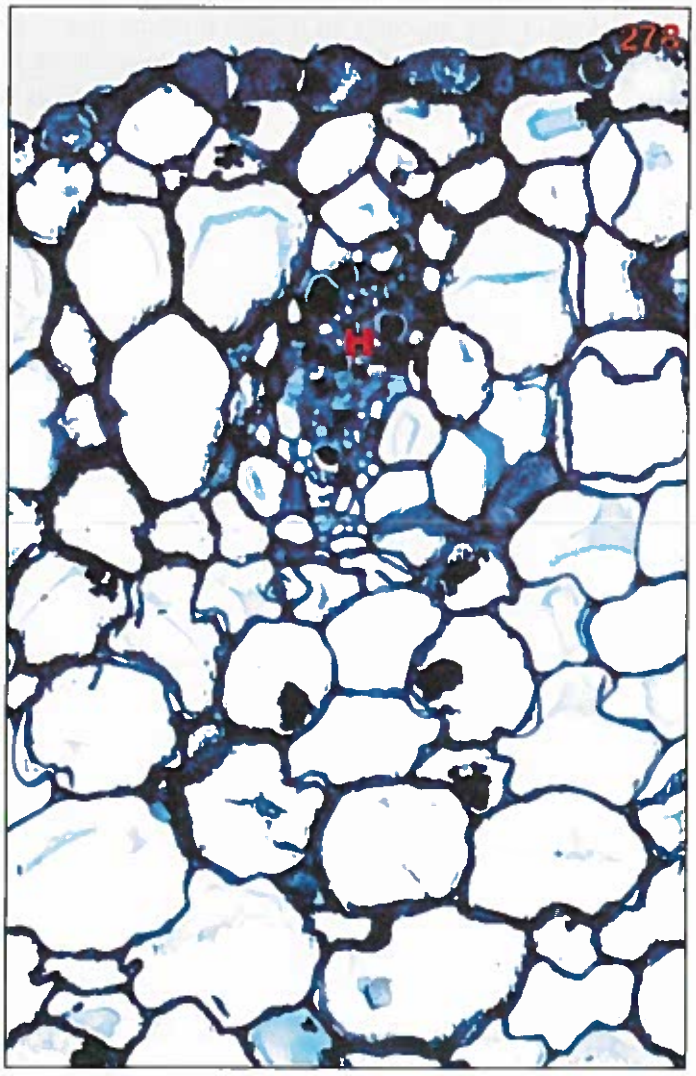

275


276

**277.** Hoja de planta parásita estricta. 4x.
**278.** Hoja de planta parásita estricta. Detalle de la anterior. H: haz vascular. 20x.

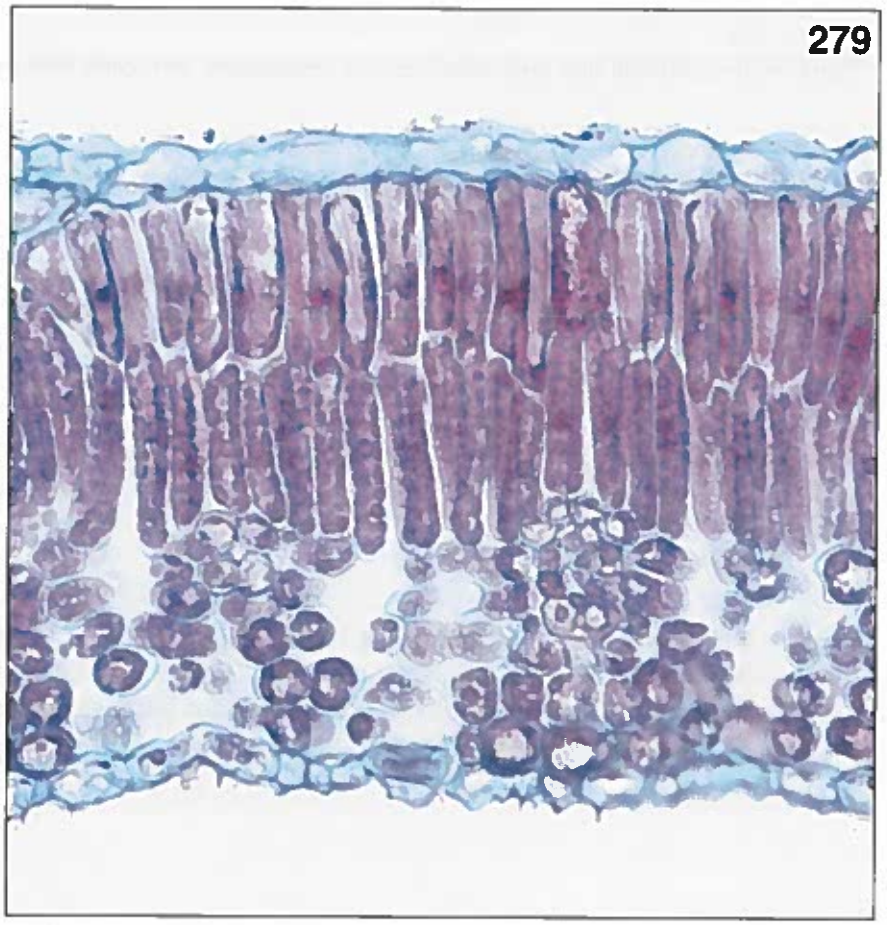
Las plantas parásitas estrictas carecen de cloroplastos.

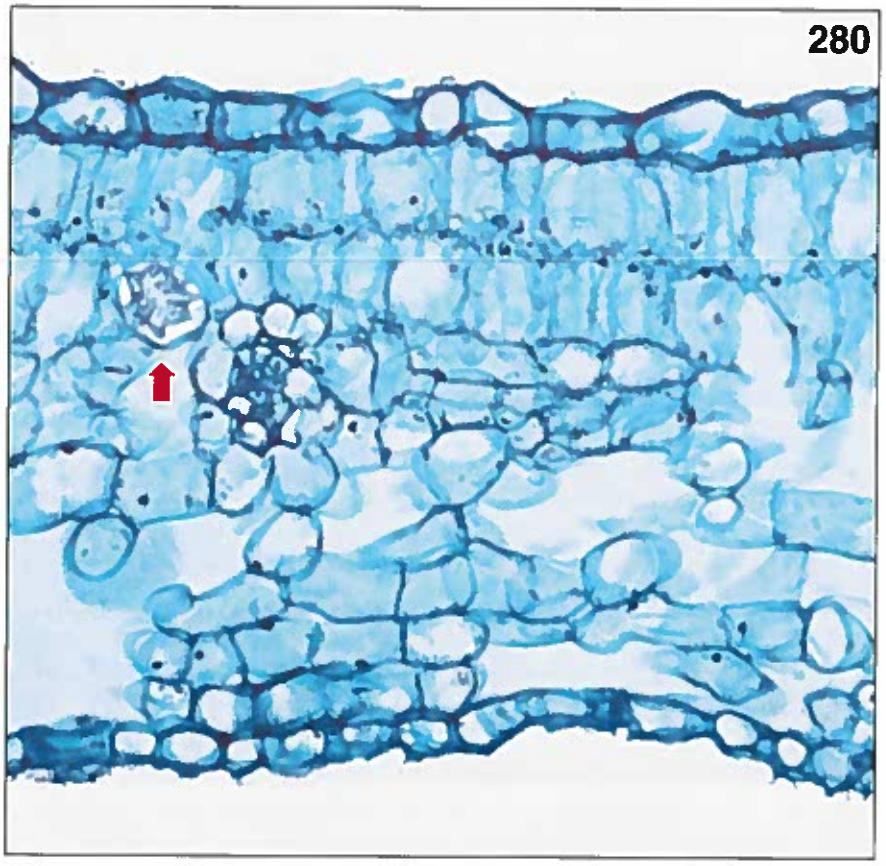

277


278
H

**279.** Hoja verde. 40x.
**280.** Hoja senescente. La flecha indica una drusa. 40x.

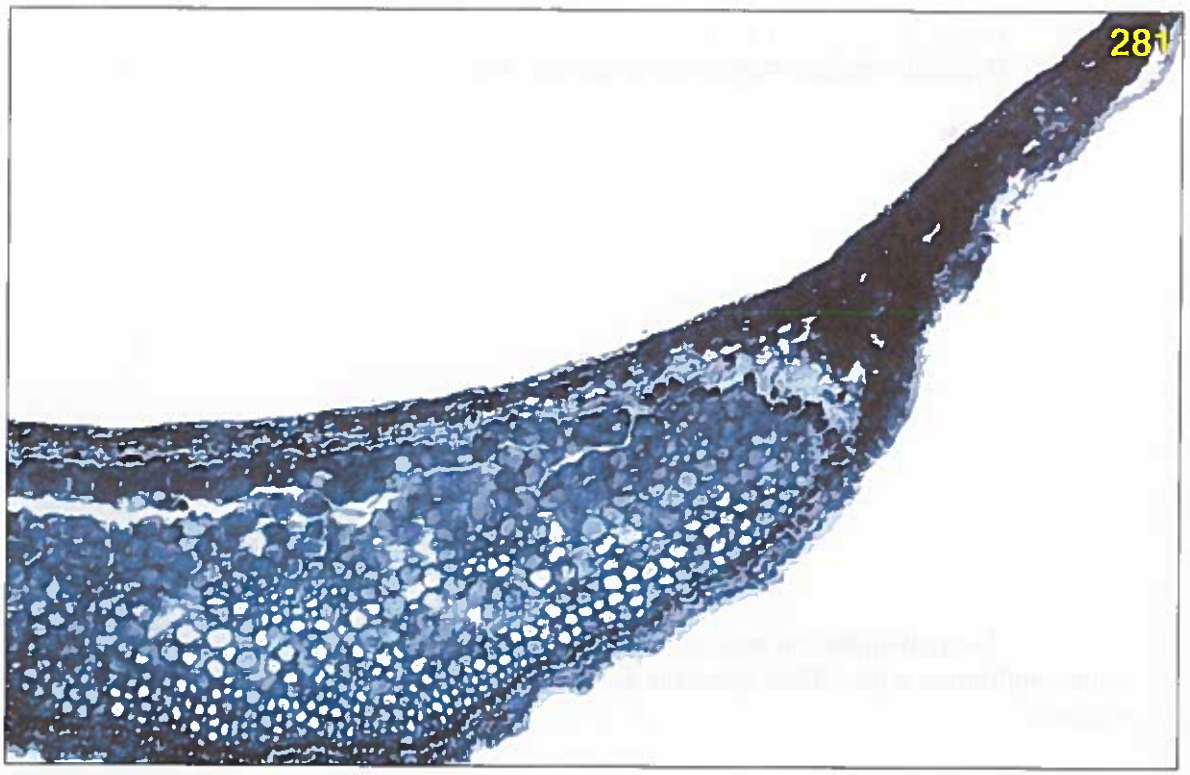
Antes de la abscisión, las hojas sufren el proceso de senescencia: se recupera para la planta la mayor parte de los materiales que pueda reciclar posteriormente (véase en las imágenes los cloroplastos presentes en la 279, ausentes en la 280) mientras que el exceso de sales queda en las hojas, siendo expulsado de la planta al producirse la abscisión de la misma. El conjunto formado por la senescencia y la abscisión es un mecanismo homólogo al de la excreción de los animales.

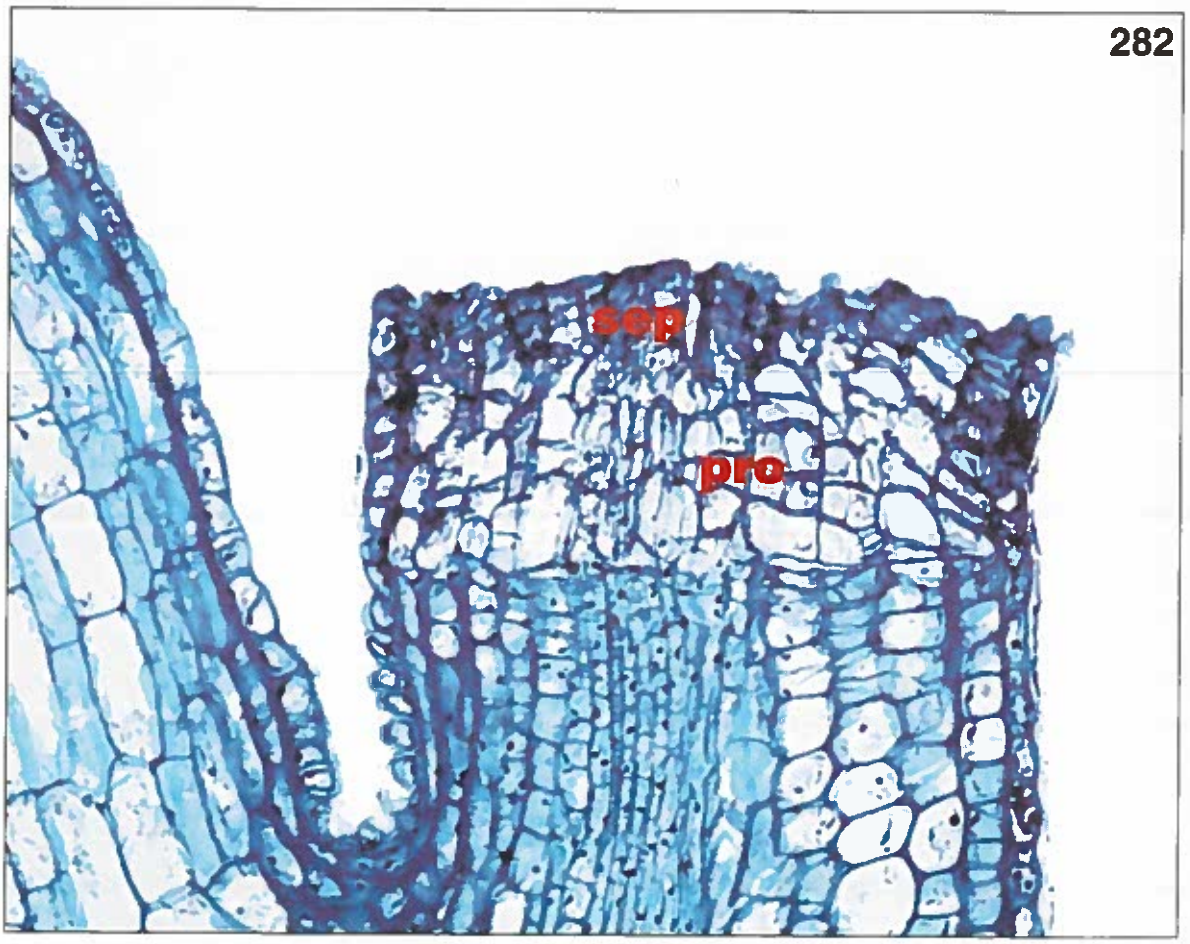

279


280

**281.** Pérula. 10x.
**282.** Zona de abscisión de una hoja. sep: capa de separación. pro: capa protectora 20x.

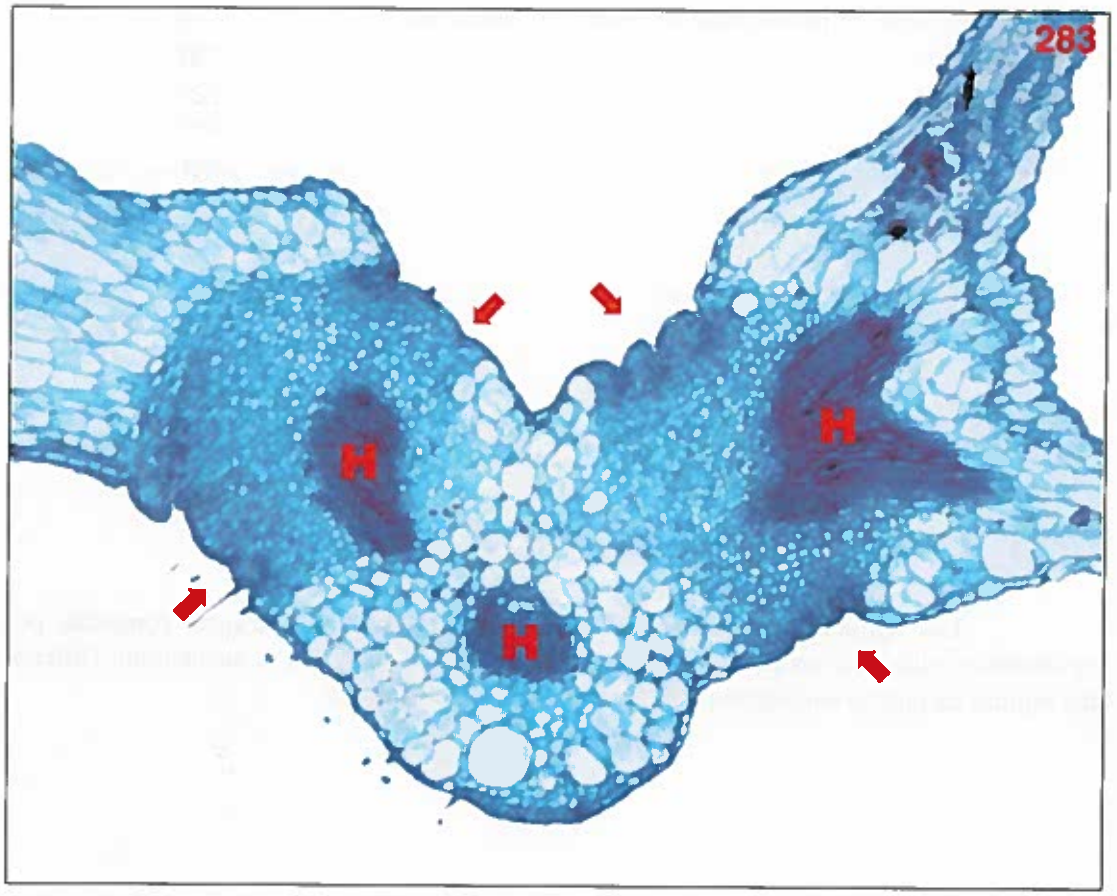
Uno de los mecanismos protectores que habitualmente emplean las plantas es la suberificación. Así ocurre en las células de las pérulas (281) que se suberifican notablemente para proteger a los meristemos durante las épocas desfavorables o en las células expuestas al medio exterior después de la caída de la hoja (282).

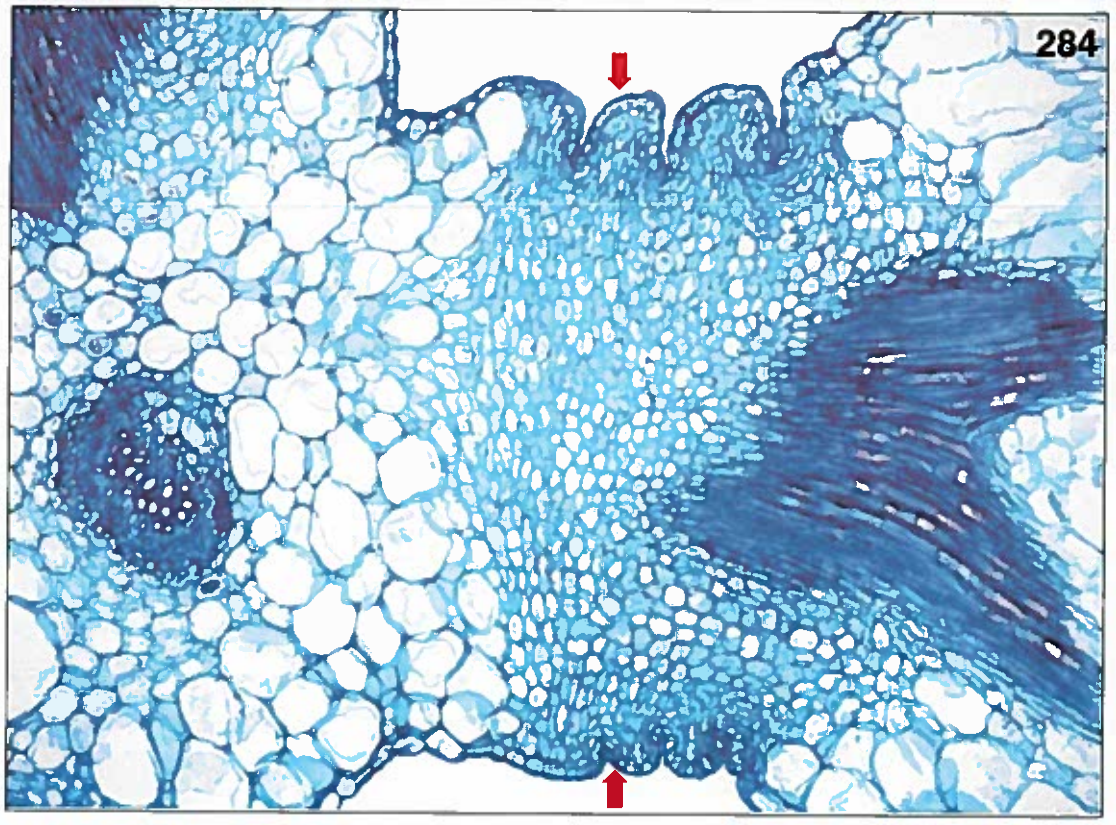

281


282
sep
pro

**283.** Pulvínulos (flechas). H: haces vasculares. 4x
**284.** Pulvínulo (flecha). Detalle de la anterior. 10x.

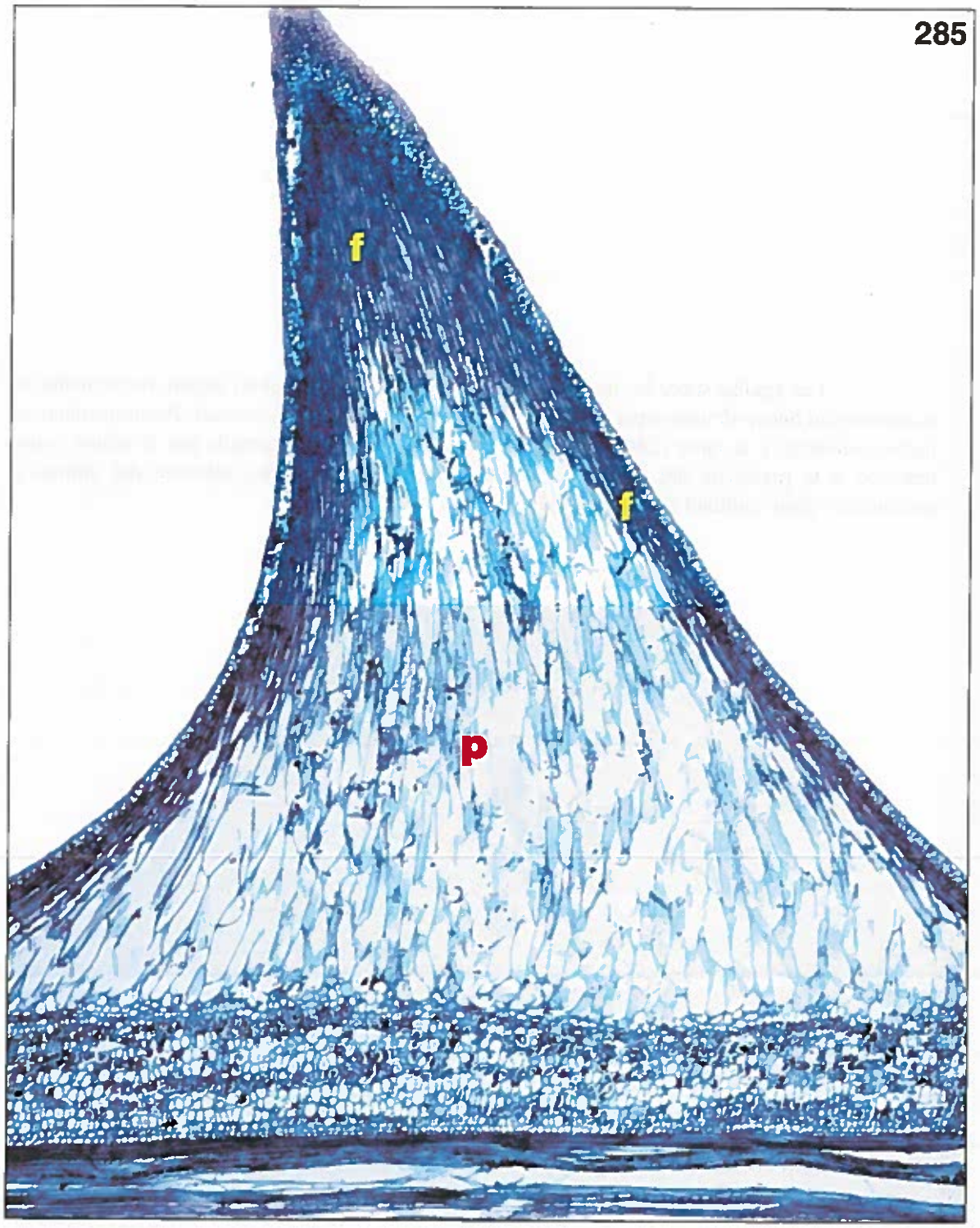
Los pulvínulos son regiones con células que pueden modificar su turgencia (como las células buliformes o las células oclusivas de los estomas) determinando el movimiento de hojas o foliolos.


283
H
H
H


284

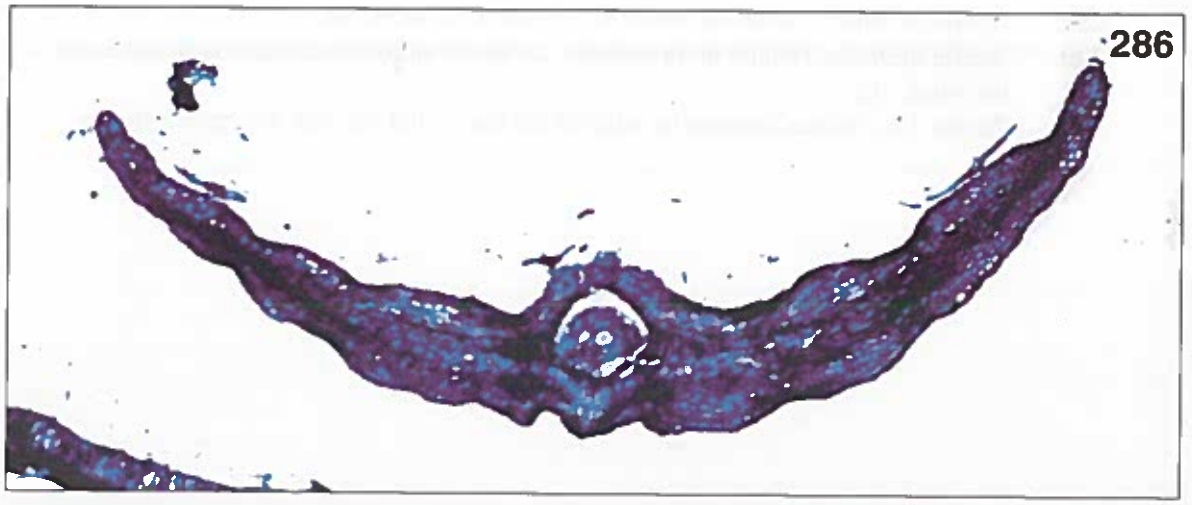
**285.** Aguijón. p: parénquima de reserva. f: fibras. 4x.

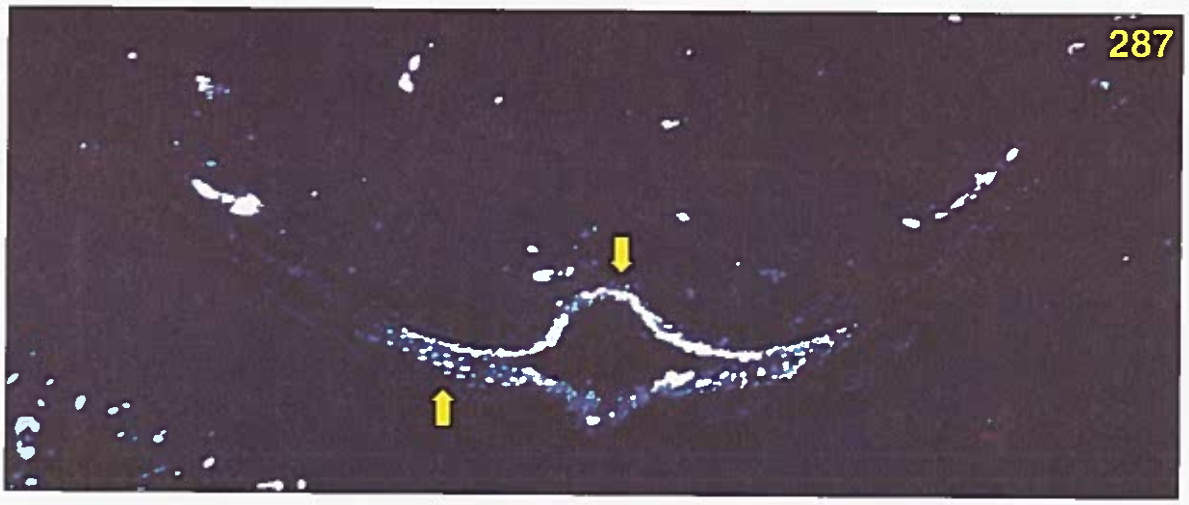
Los aguijones (de *Rosa* en este caso) son estructuras rígidas formadas por la epidermis y tejidos subepidérmicos de la zona de la planta en la que se encuentran. Difieren de las espinas en que no son órganos (hojas, tallos, etc) modificados.

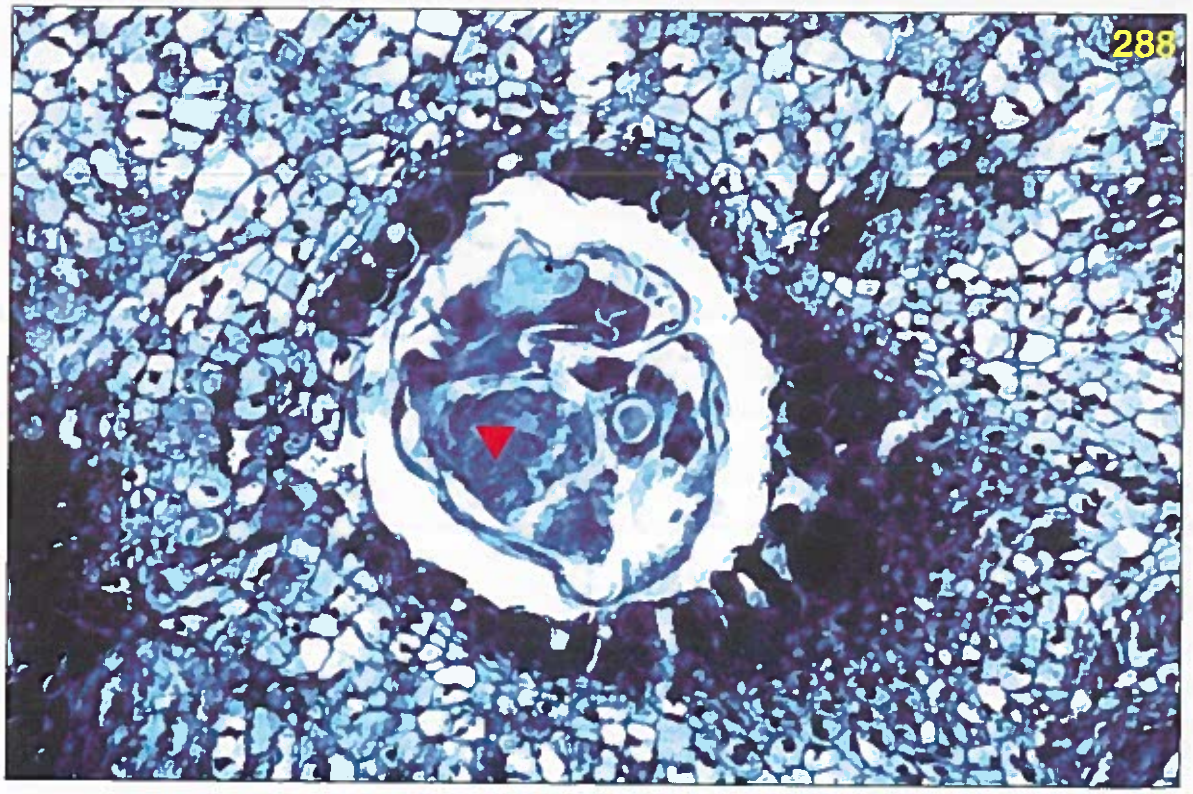

285
f
f
p

286. Agalla de *Quercus*. 4x.
287. La imagen anterior observada con microscopio de polarización. Las flechas indican drusas. 4x.
288. Agalla. Detalle de la anterior. Triángulo: larva de insecto. 20x.

Las agallas sobre las hojas de *Quercus* (lentejuelas del roble) tienen inicialmente en su interior un huevo de una especie de Himenóptero (del género *Neuroterus*). Posteriormente el huevo eclosiona y la larva (288) se alimenta de la propia agalla (formada por la planta como reacción a la presencia del insecto), la cual presenta alrededor del cubículo del animal y rodeándolo, gran cantidad de drusas (287).


286


287

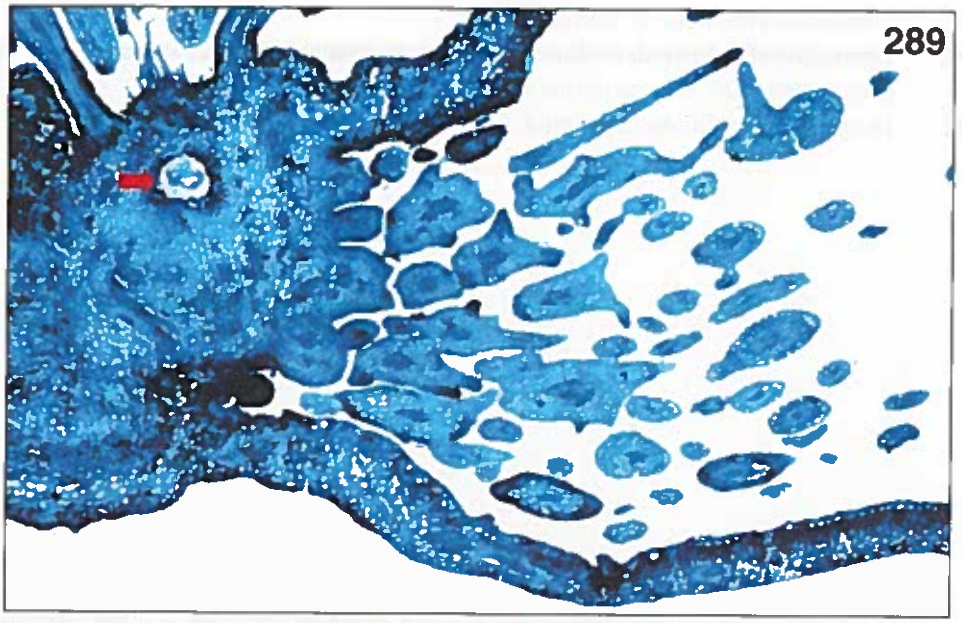

288

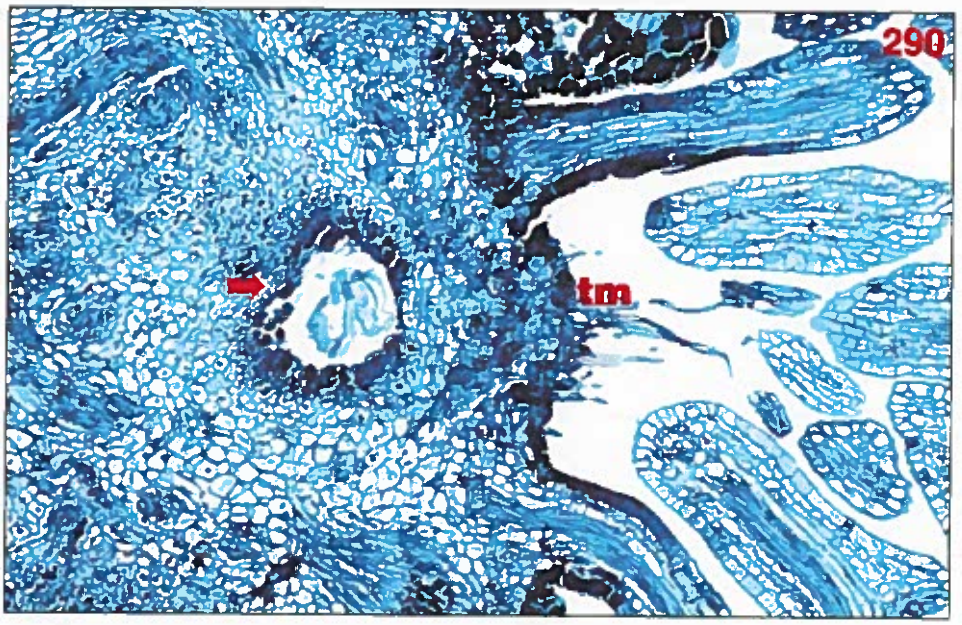
**289.** Agalla de *Rosa*. La flecha indica la cámara de la larva. 4x.

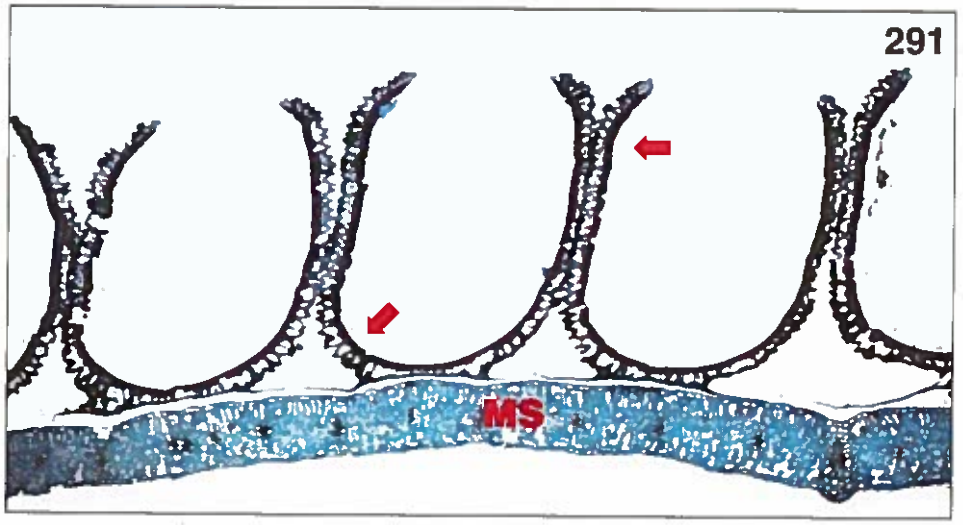
**290.** Agalla de *Rosa*. Detalle de la anterior. La flecha indica la cámara de la larva. tm: tricomas. 10x.

**291.** Puesta. Las flechas indican la cubierta del huevo del insecto. MS: mesófilo. 4x.

La llamada agalla lanosa de *Rosa* alberga en su interior, primero un huevo y después una larva (289, 290) de un Himenóptero (del género *Diplolepis*). La conformación desordenada de la agalla y la proliferación de hebras y tricomas relaciona la acción del insecto madre con una gran producción de hormonas por parte de la planta que reacciona tumoralmente.


289


290
tm

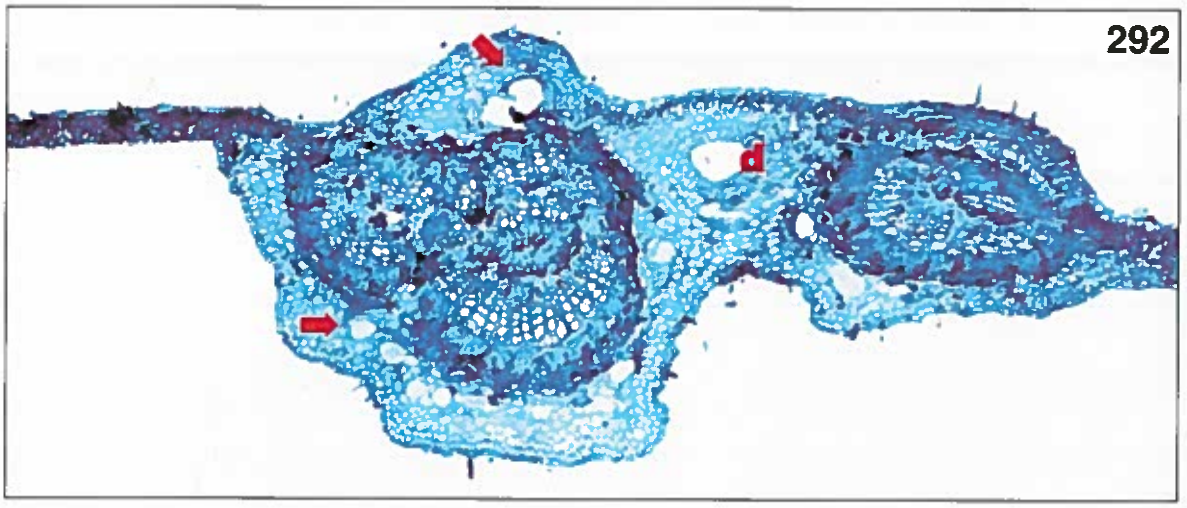

291
MS

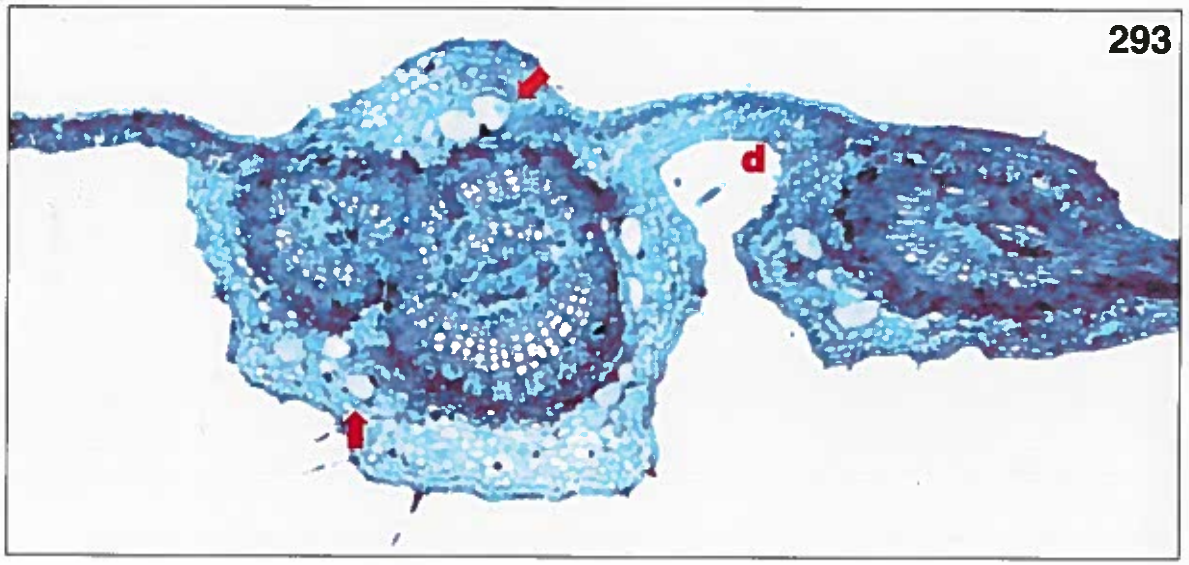
**292.** Domacios (flechas). d: domacio. 4x.

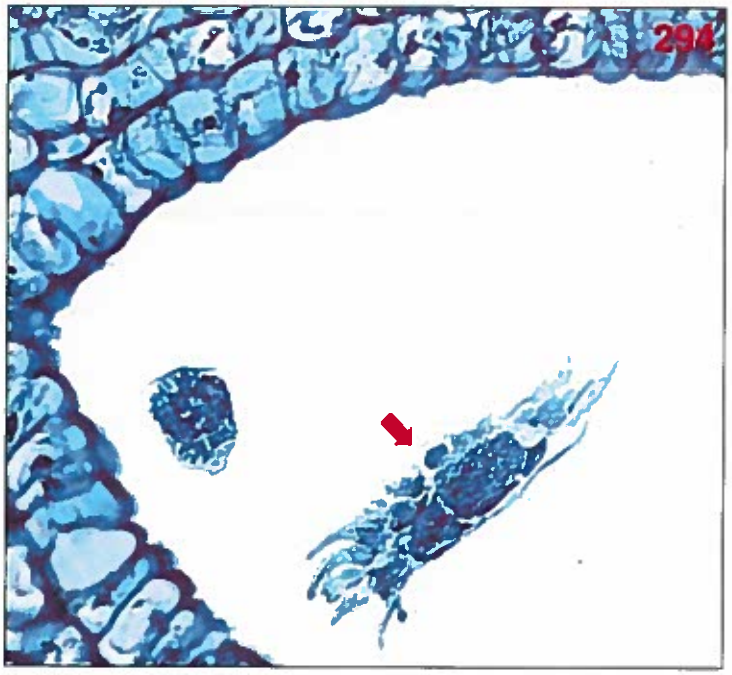
**293.** Domacios (flechas). d: el domacio que en la imagen anterior se observa cerrado, aquí está abierto (tras varios cortes seriados). 4x.

**294.** Domacio. Detalle de la anterior. La flecha indica un habitante del domacio. 40x.

Los domacios son cavidades que pueden aparecer en tallos y hojas. En este caso en la región en la que se produce la ramificación del nervio central de una hoja de *Tilia* (tilo) (292, 293). Pueden estar ocupados por hormigas o ácaros. En la imagen 294 se observa un ácaro eriófido (294) (de la familia *Eriophyidae*).


292
d


293
d

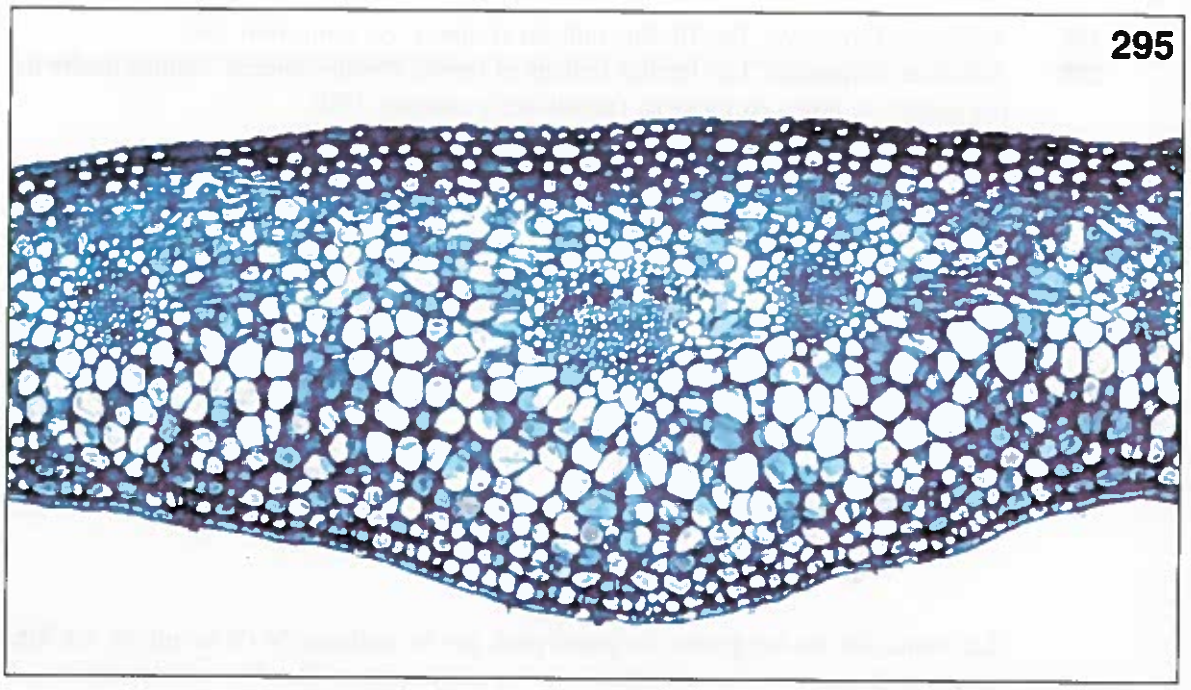

294

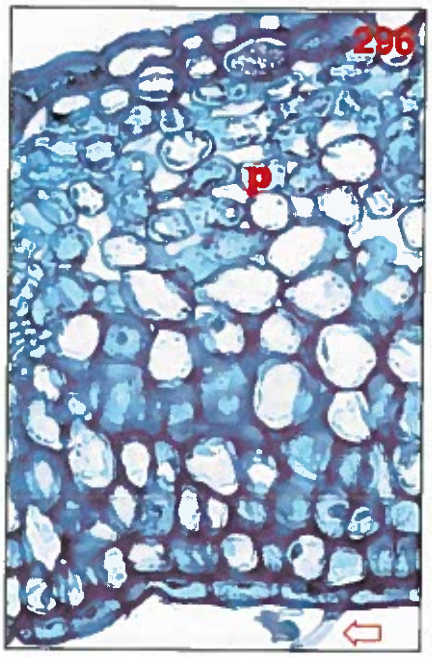
# FLOR

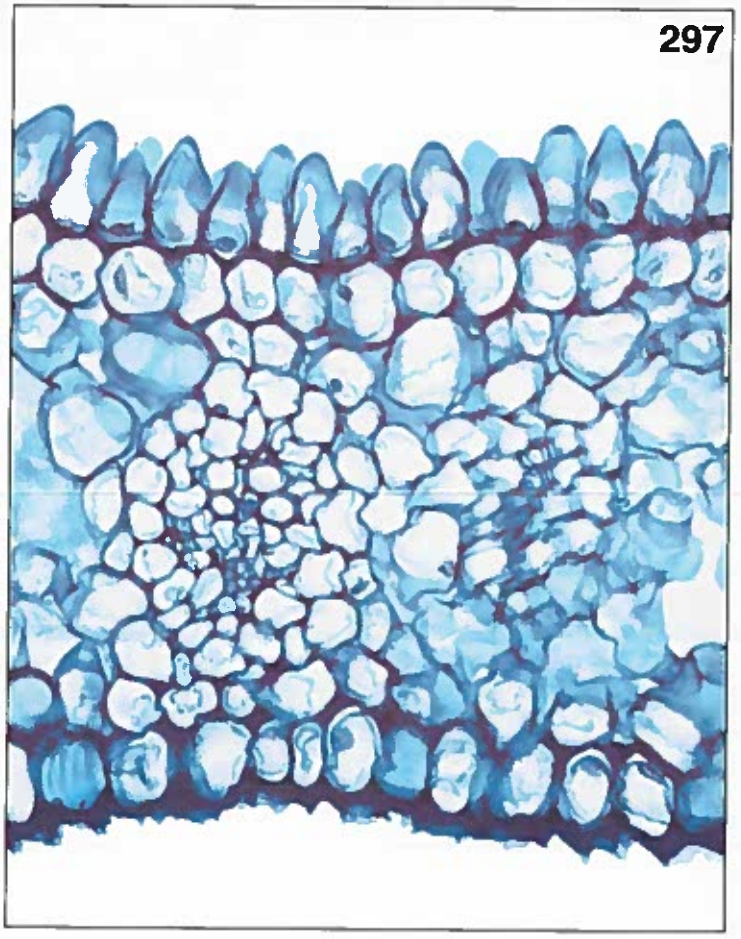
La flor es el órgano reproductor de las plantas. En ella se forman los granos de polen, se desarrollan los primordios seminales u óvulos, se produce la fecundación y se forman el fruto y la semilla. Consta del periantio (la corola constituida por pétalos y el cáliz constituido por sépalos), el gineceo (uno o más carpelos constituidos por el estigma, estilo y ovario) y el androceo (uno o más estambres constituidos por la antera y el filamento).

295. Sépalo. 10x.
296. Sépalo. Detalle de la anterior. p: parénquima clorofílico lagunar. Flecha hueca: tricoma. 40x.
297. Pétalo. 40x.

Todos los componentes florales son hojas más o menos modificadas. Es claro en el caso de los sépalos (295, 296) en los que frecuentemente hay parénquima clorofílico y tricomas. En los pétalos (197) es muy característico que las células epidérmicas del haz presenten papilas.


295

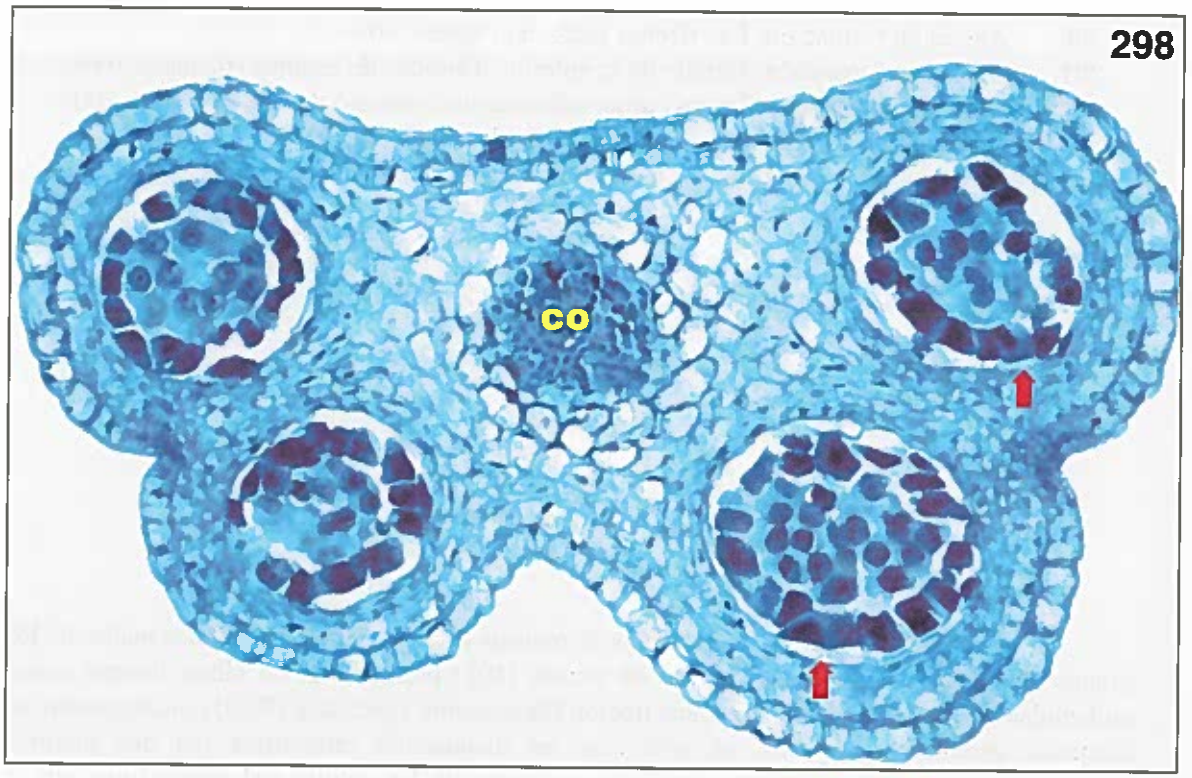

296
p

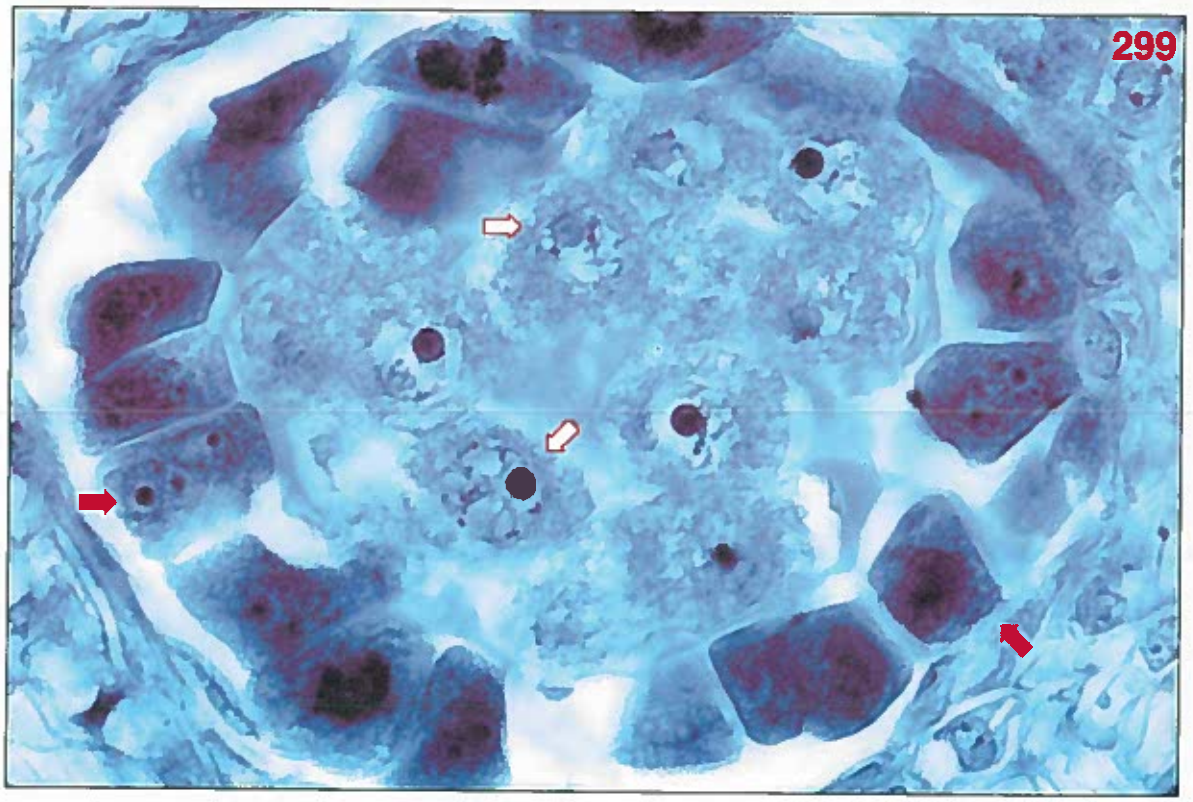

297

**298.** Antera en formación. Las flechas indican el tapete. co: conectivo. 20x.

**299.** Antera en formación. Las flechas indican el tapete. Flechas huecas: células madre de los granos de polen en meiosis. Detalle de la anterior. 100x.

La formación de los granos de polen pasa por la maduración de la antera. Un hito importante en esa maduración es la constitución de las células que rodean los sacos polínicos (el tapete) y la meiosis de las células madre de las microsporas.

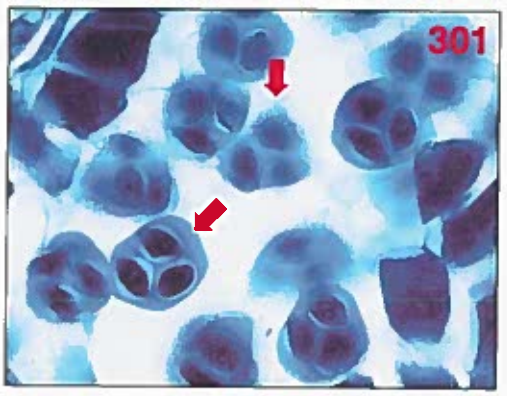

298
co

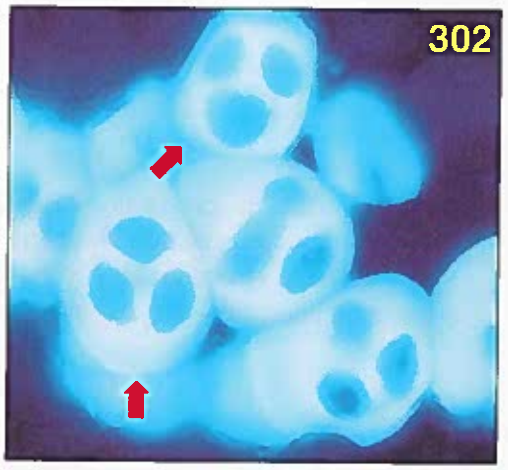

299

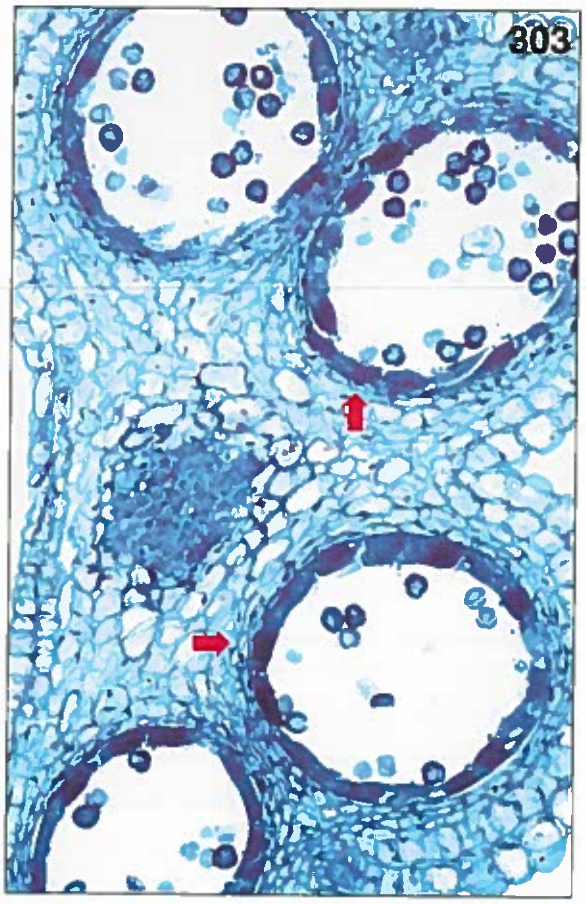
**300.** Antera en formación. Las flechas indican el tapete. 20x
**301.** Antera en formación. Detalle de la anterior. Tétradas de esporas (flechas). 100x.
**302.** Tétradas de esporas (flechas) observada con microscopio de fluorescencia. 100x.
**303.** Antera en formación. Las flechas indican el tapete. 20x.
**304.** Antera en formación. La flecha indica el tapete. g: granos de polen. 20x.

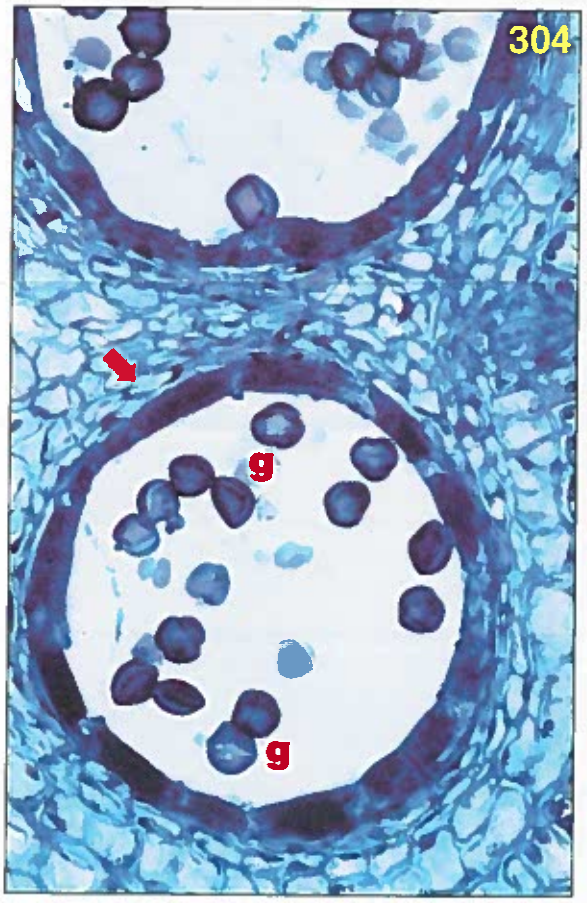
Las cuatro células originadas por la meiosis de cada una de las células madre de los granos de polen (cuatro futuros granos de polen) (301) permanecen un cierto tiempo juntas embebidas en calosa (detectable con una tinción fluorescente específica (302)) constituyendo las llamadas tétradas de esporas, en este caso en disposición tetraédrica (en dos planos). Posteriormente, con el aporte de materiales por parte de las células del tapete (que aún se mantiene íntegro) los granos de polen se independizan (303, 304).


300


301

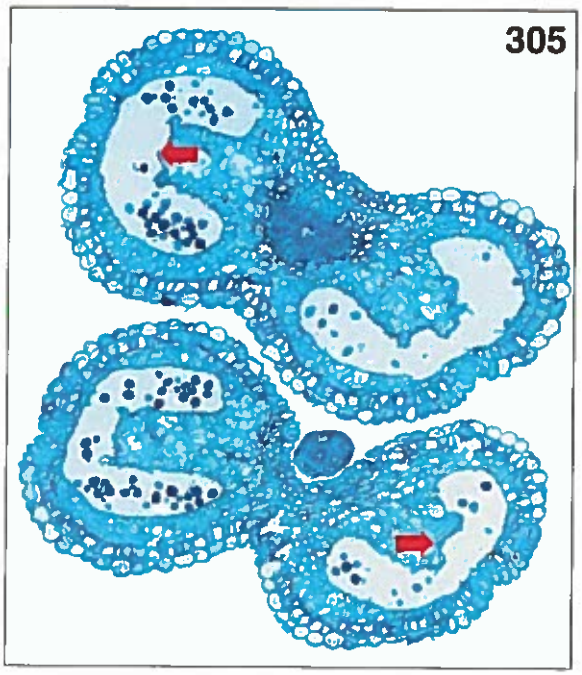

302

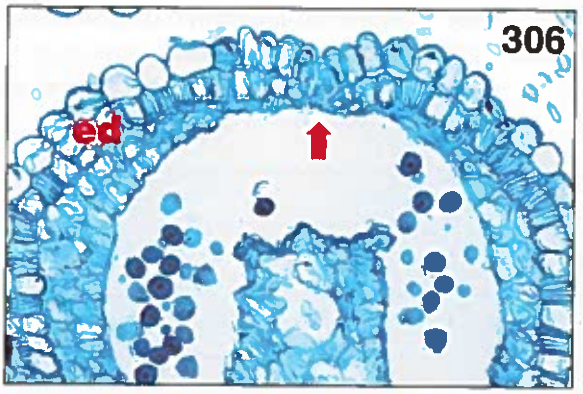

303

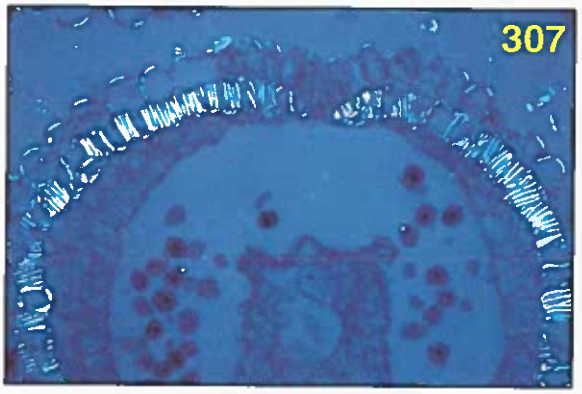

304
g
g

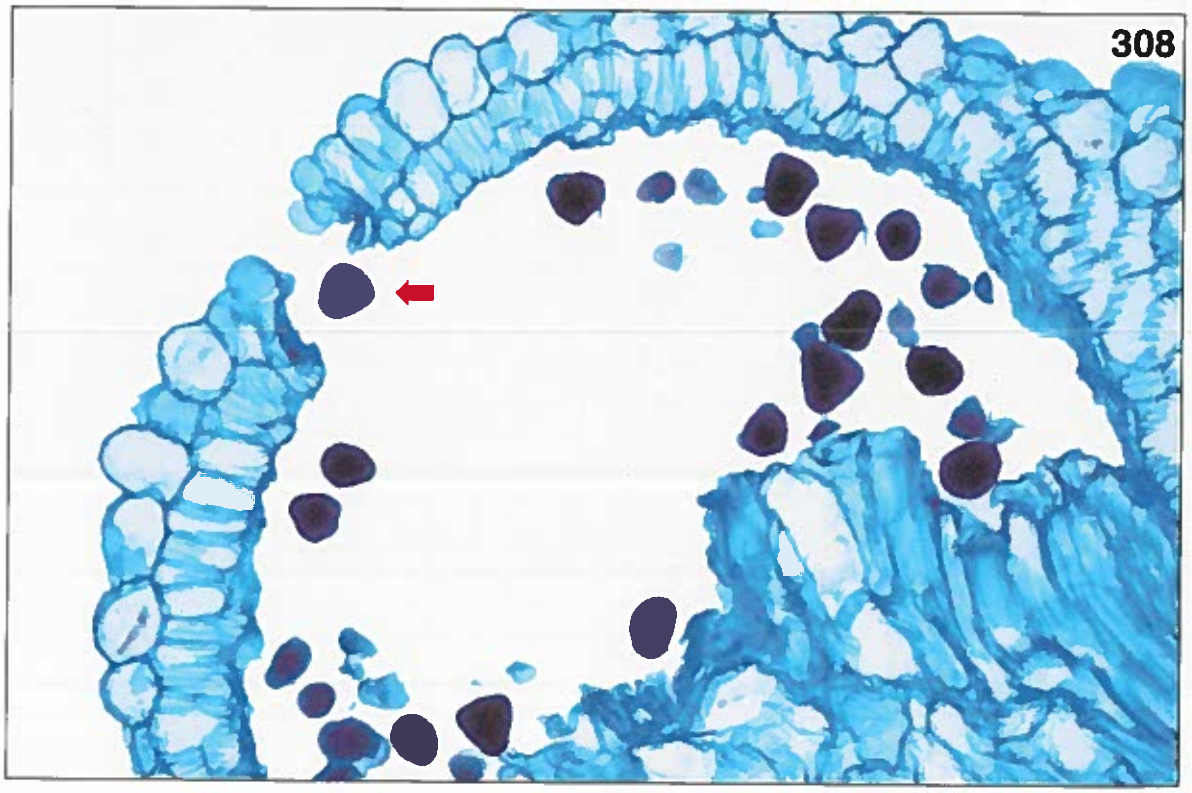
**305.** Anteras en formación. Las flechas indican el tabique incompleto que separa los sacos polínicos de la misma teca. 4x.
**306.** Antera en formación. La flecha indica el estomio. ed: endotecio. 20x.
**307.** La imagen anterior con microscopio de polarización. 20x.
**308.** Antera madura. La flecha indica un grano de polen saliendo por el estomio. 40x.

Las anteras ya no presentan tapete y se está produciendo la comunicación de los sacos polínicos de cada teca (la antera deja de ser tetrasporangiada para ser bisporangiada) (305) y se diferencia el endotecio y el estomio (306). Finalmente la antera abre los estomios y se produce la liberación de los granos de polen (308).


305

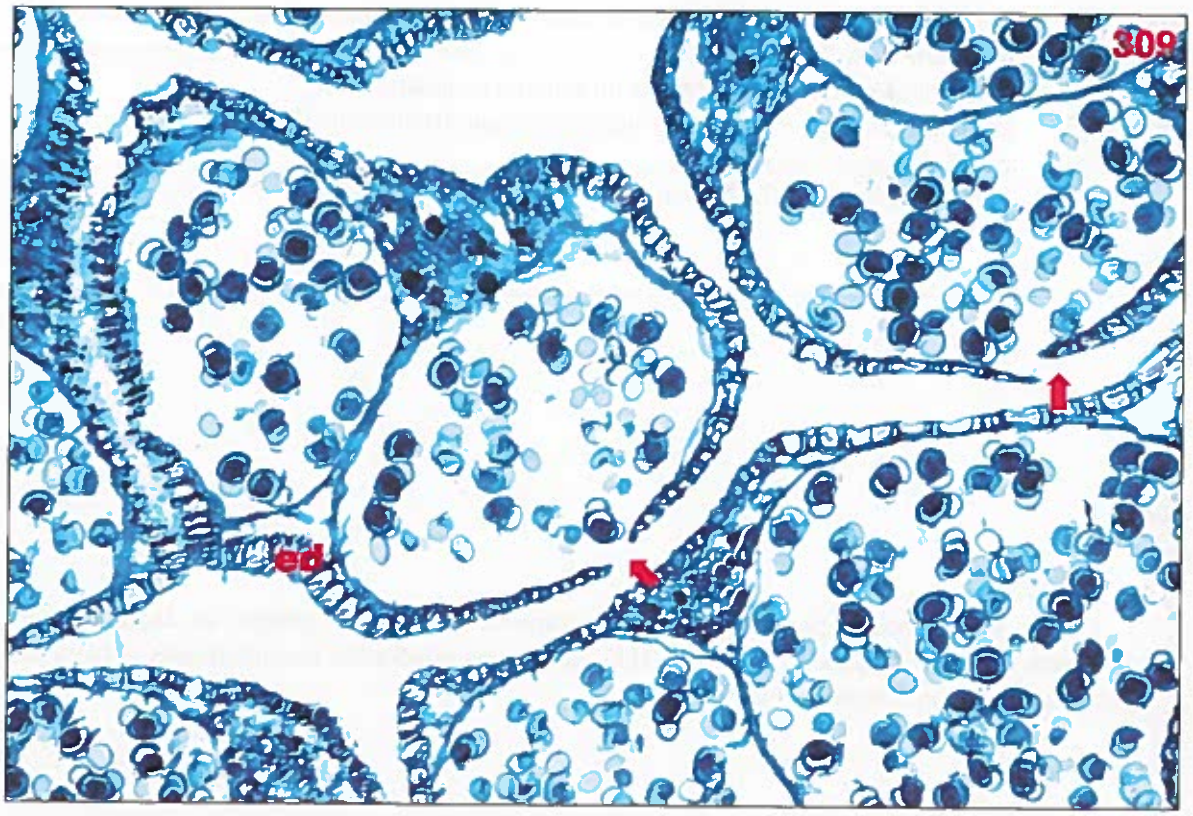

306
ed


307


308

**309.** Estróbilo masculino de gimnosperma. Las flechas indican estomios. ed: endotecio. 10x.

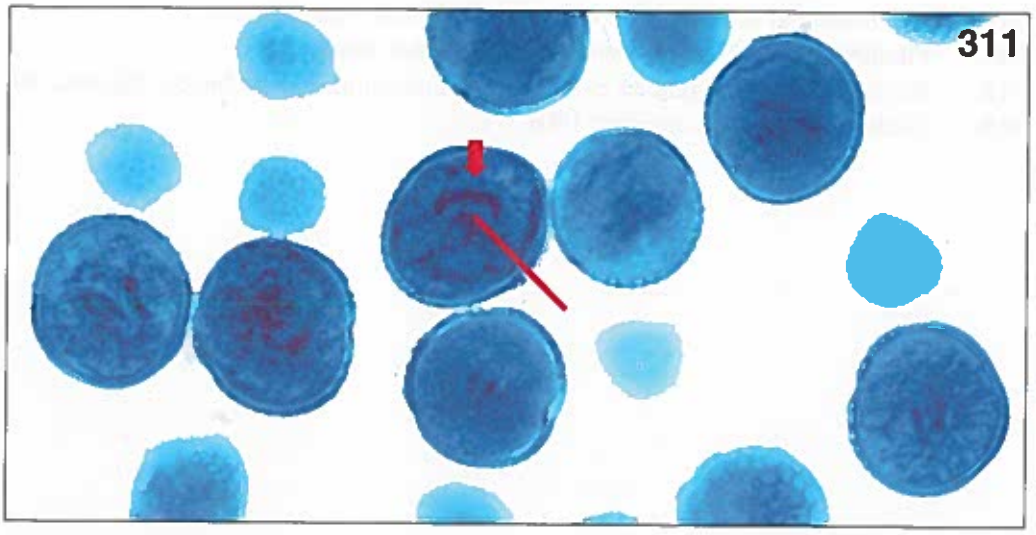
**310.** La imagen anterior vista con microscopio de polarización. 10x.

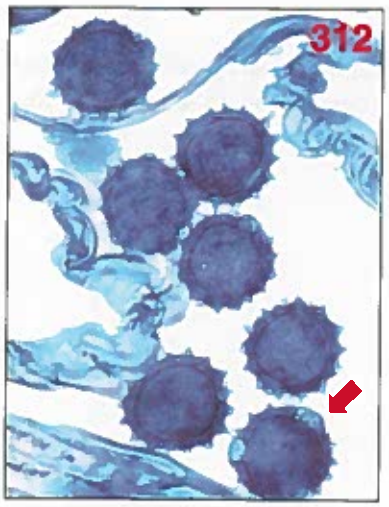

309
ed

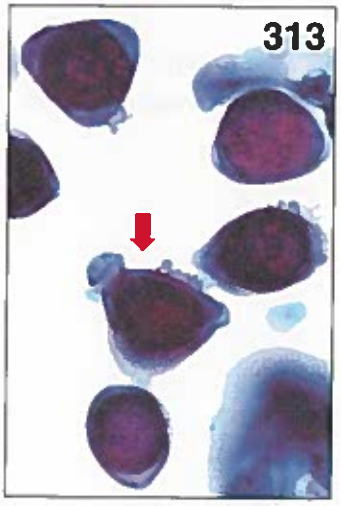

310

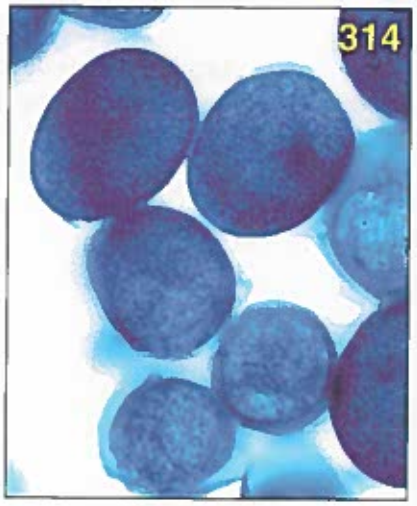
311. Polen de *Salix*. La flecha indica la célula generativa y la línea la célula del tubo polínico. 100x.
312. Polen de *Bellis*. La flecha indica un grano tricolpado. 100x.
313. Polen de *Eucaliptus*. La flecha indica un grano tricolpado. 100x.
314. Polen de *Calla*. 100x.
315. Polen de *Pinus*. La flecha indica la célula del tubo polínico. ft: flotador. 100x.

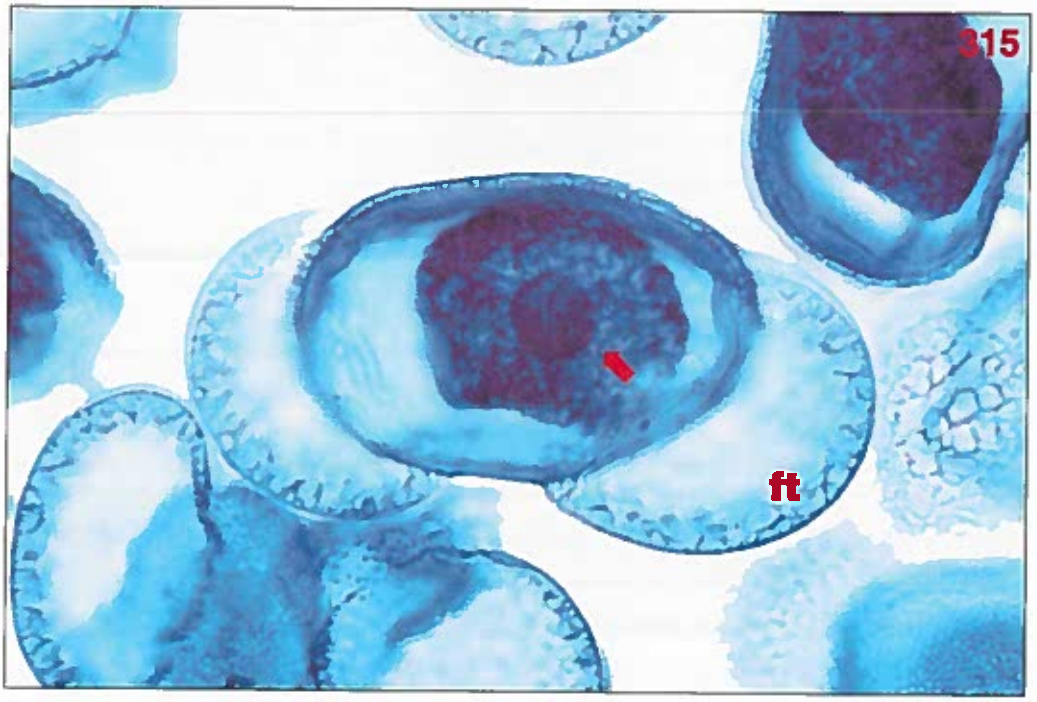
Los granos de polen difieren entre grupos de plantas. En general las dicotiledóneas presentan granos tricolpados (311, 312, 313), las monocotiledóneas monocolpados (314) y las gimnospermas con flotadores (315).


311


312

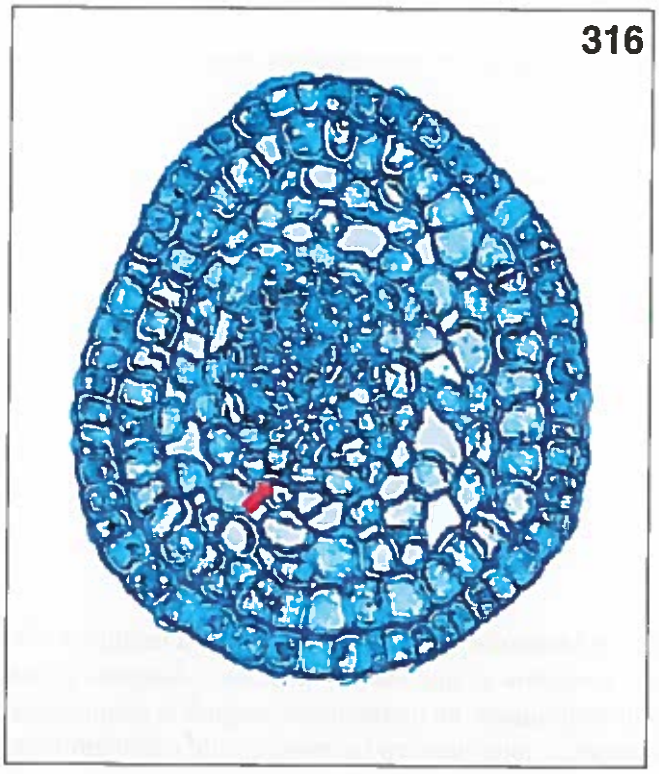

313

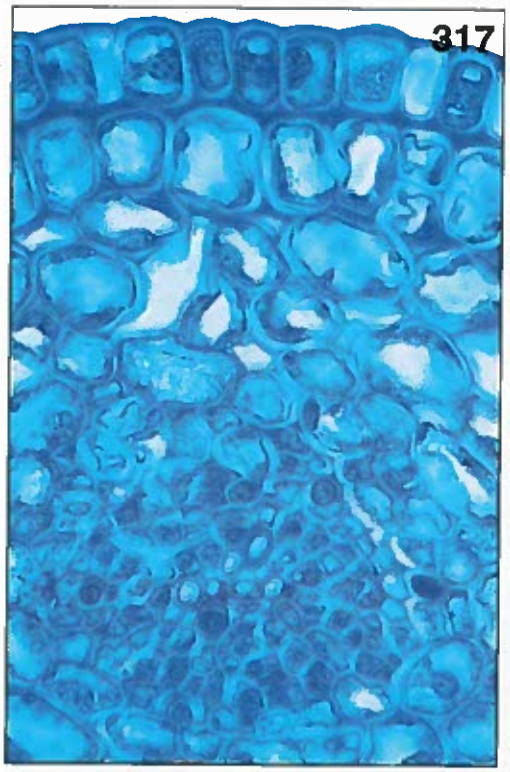

314

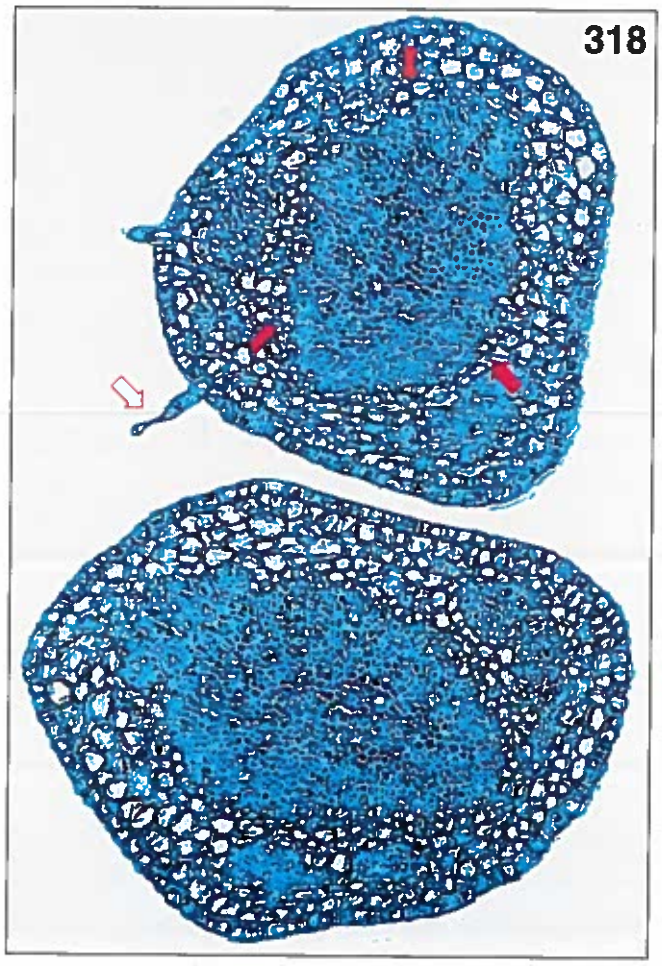

315
ft

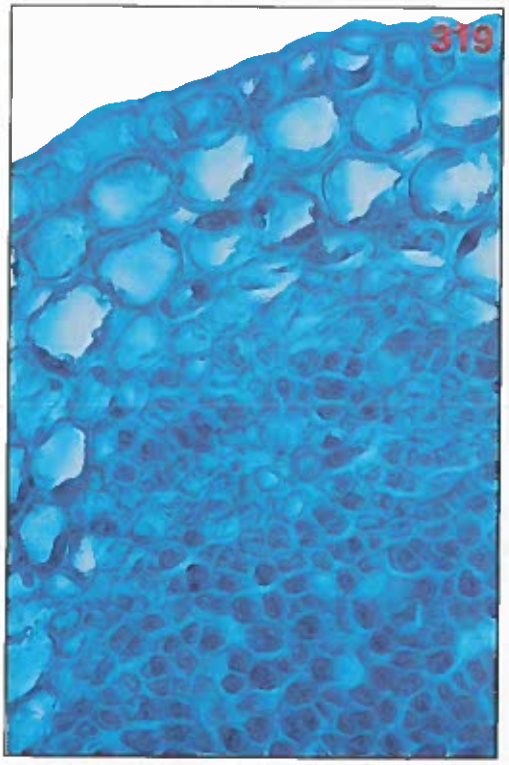
**316.** Filamento del estambre. La flecha indica el haz vascular. 20x.
**317.** Filamento del estambre. Detalle de la anterior. 100x.
**318.** Estilo. Las flechas indican el tejido de transmisión. Flecha hueca: tricoma. 20x.
**319.** Estilo. Detalle de la anterior. 100x.

Los filamentos de los estambres (316, 317) suelen ser uninervados y anficribales. Los estilos (318, 319) se caracterizan por presentar el tejido de transmisión (a través del cual penetrará el tubo polínico).


316

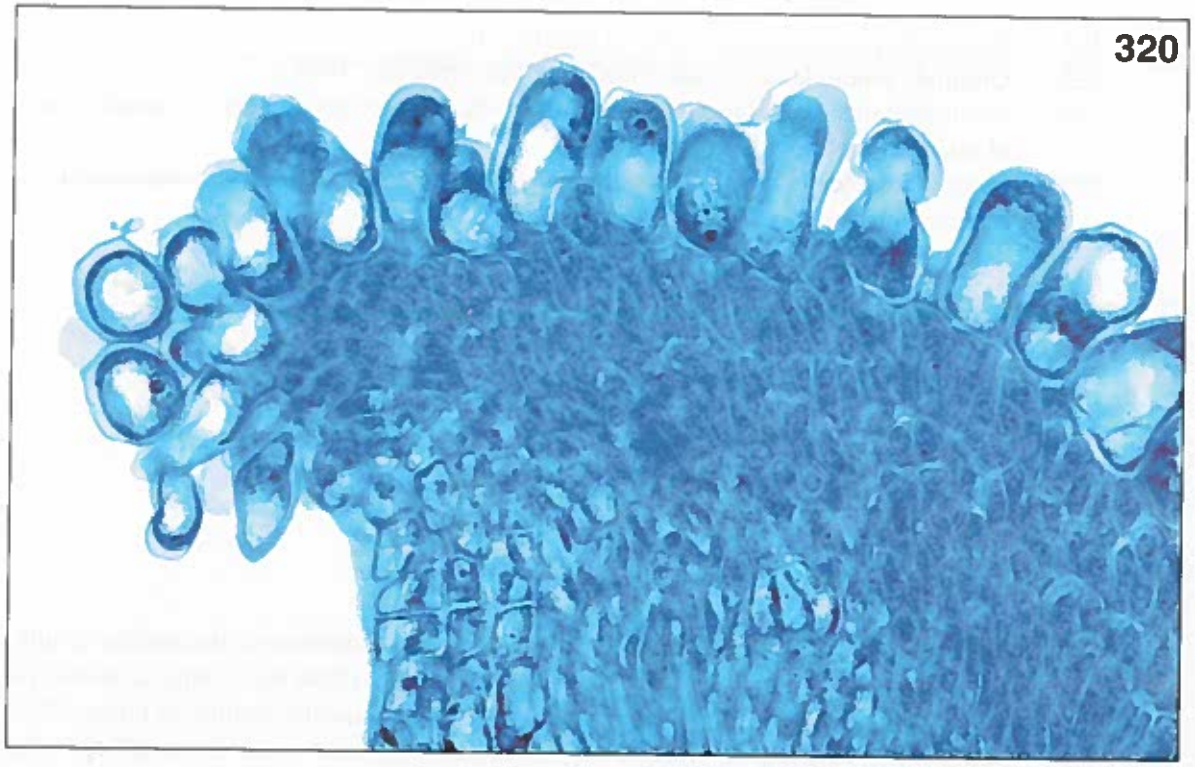

317

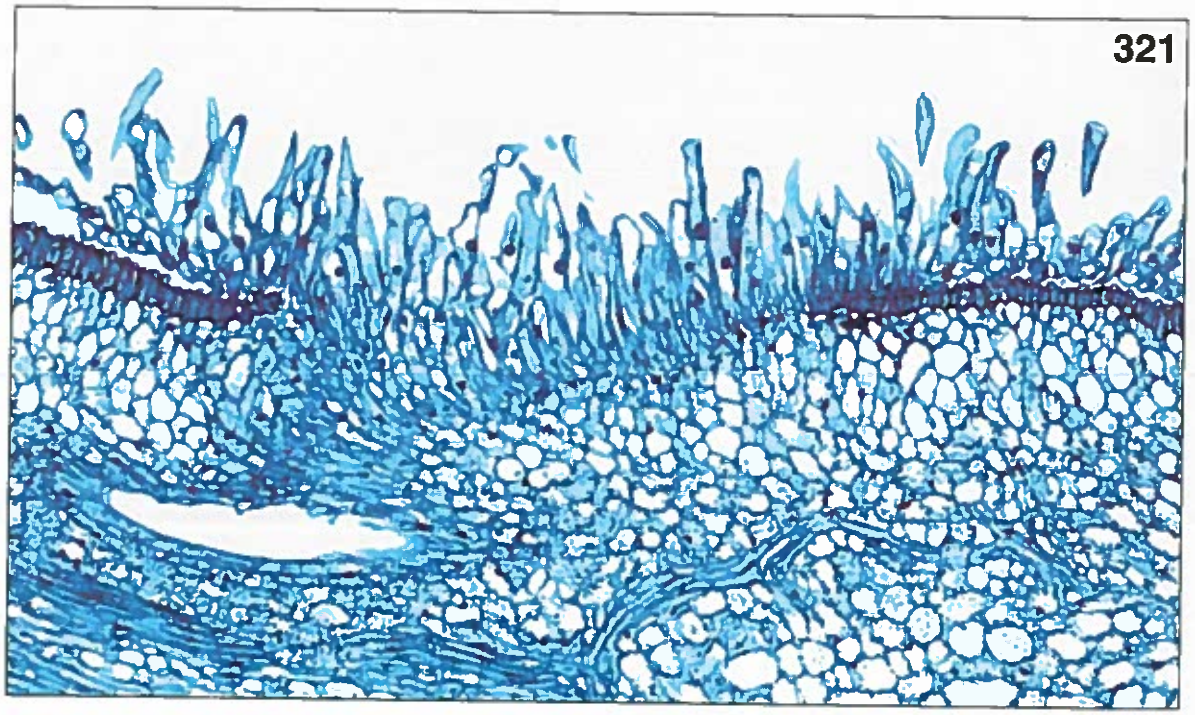

318


319

**320.** Estigma. 40x.
**321.** Estigma. 10x.

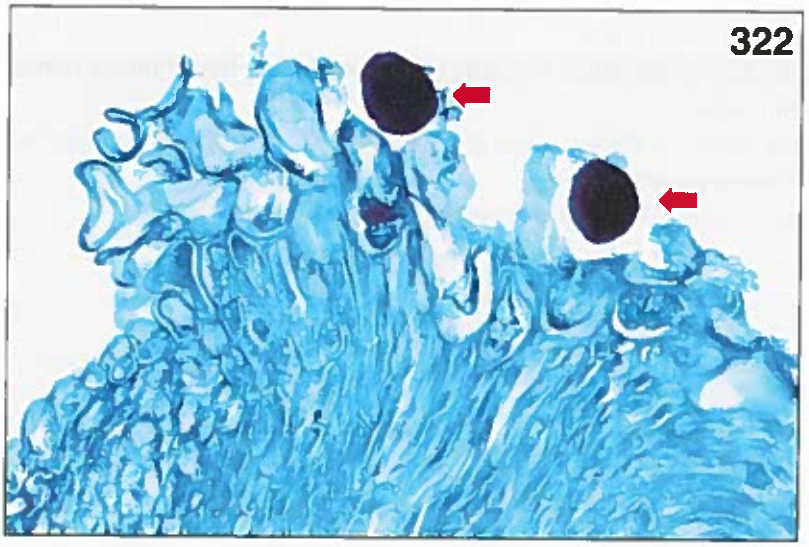
El tejido del estigma (320, 321) es glandular (se asemeja mucho a un nectario (154, 155) en estructura y función). Las células epidérmicas que suelen mostrarse alargadas o con papilas, segregan, junto a varios estratos subepidérmicos, un material que asegura la germinación del polen, protege contra insectos e infecciones, e interviene en los procesos de compatibilidad del polen.


320


321

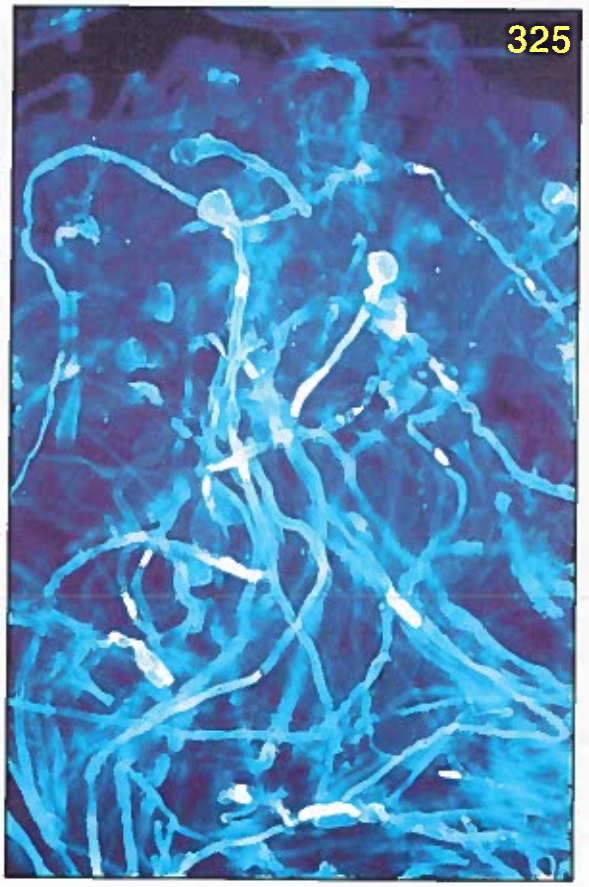
322. Granos de polen (flechas) sobre el estigma. 40x.
323. Grano de polen desarrollando el tubo polínico (flecha). 100x.
324. Grano de polen con el tubo polínico desarrollado (flechas). Imagen observada con el microscopio de fluorescencia. 100x.
325. Granos de polen con los tubos polínicos desarrollados. Imagen observada con el microscopio de fluorescencia. 10x.

El grano de polen en el estigma (322) se asienta y comienza a desarrollar el tubo polínico (323) que avanzará por el tejido de transmisión del estilo (324) hasta llegar al óvulo. Es un proceso en el que, para garantizar la fecundación, intervienen muchos granos de polen (325). El tubo polínico consta fundamentalmente de calosa que se puede poner de manifiesto con técnicas fluorescentes específicas (324, 325).


322


323


324


325

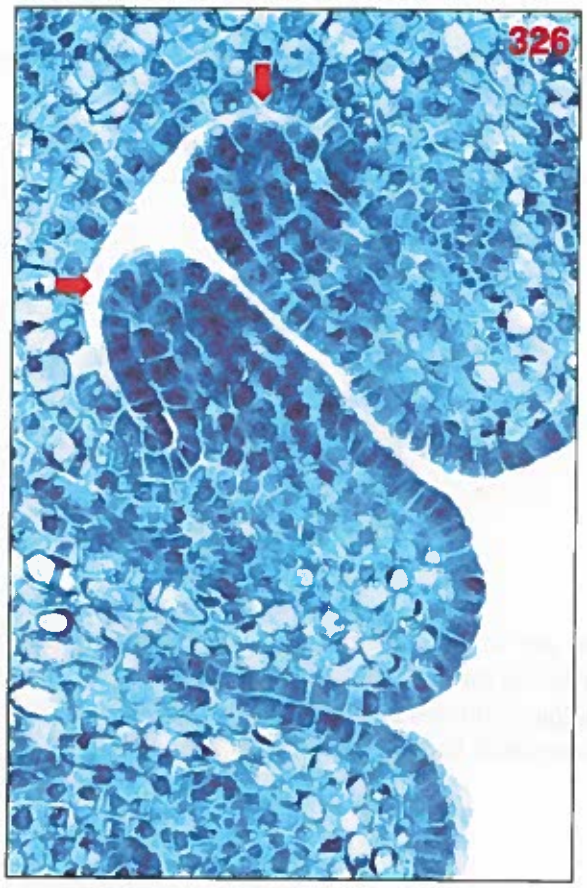
**326.** Óvulos en formación (flechas). 40x.

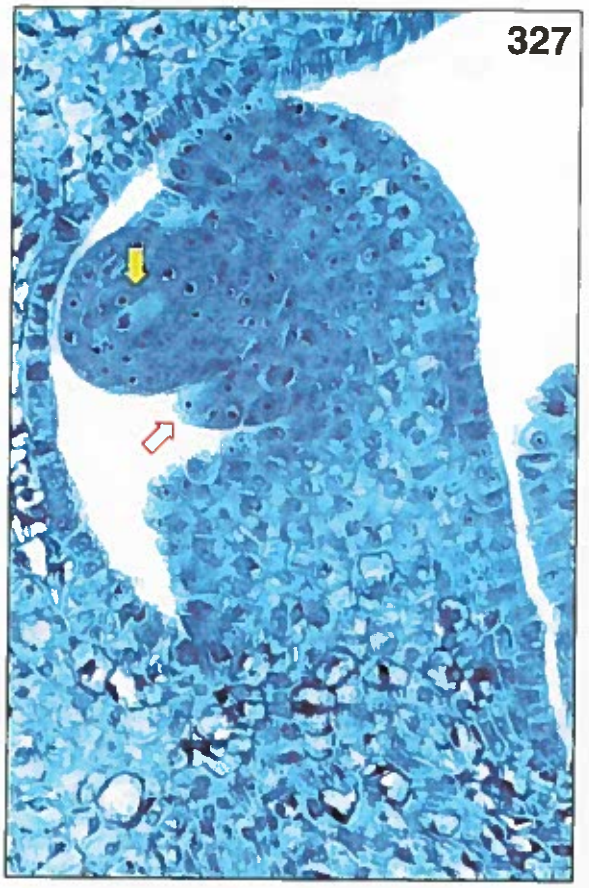
**327.** Óvulo en formación. La flecha indica la célula arquespórica. La flecha hueca indica el tegumento interno. 40x.

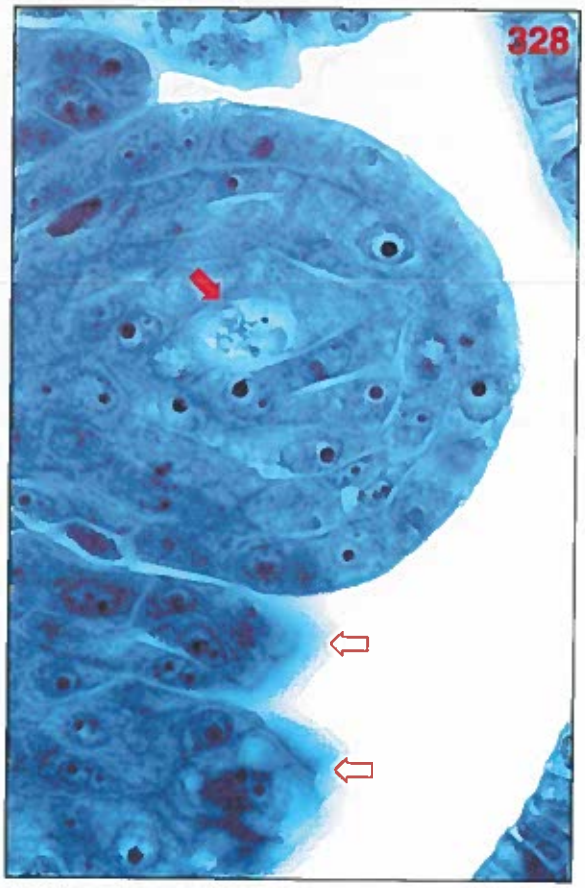
**328.** Óvulo en formación. 100x. La flecha indica el megasporocito en meiosis. Las flechas huecas indican los dos tegumentos.

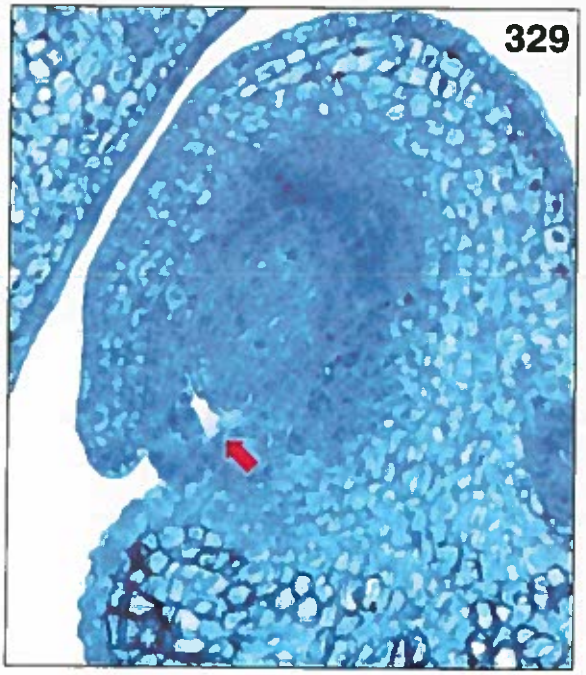
**329.** Óvulo en formación. La flecha indica el micropilo. 20x.

En el proceso de maduración de los óvulos primero se forma, normalmente, el tegumento interno (327), después el externo (328), creciendo ambos hasta dejar un pequeño orificio de entrada para el tubo polínico (el micropilo) (329). En la imagen 329 el óvulo se observa anátropo. Por otra parte el megasporocito de divide por meiosis (328) para dar lugar posteriormente al saco embrionario.


326


327

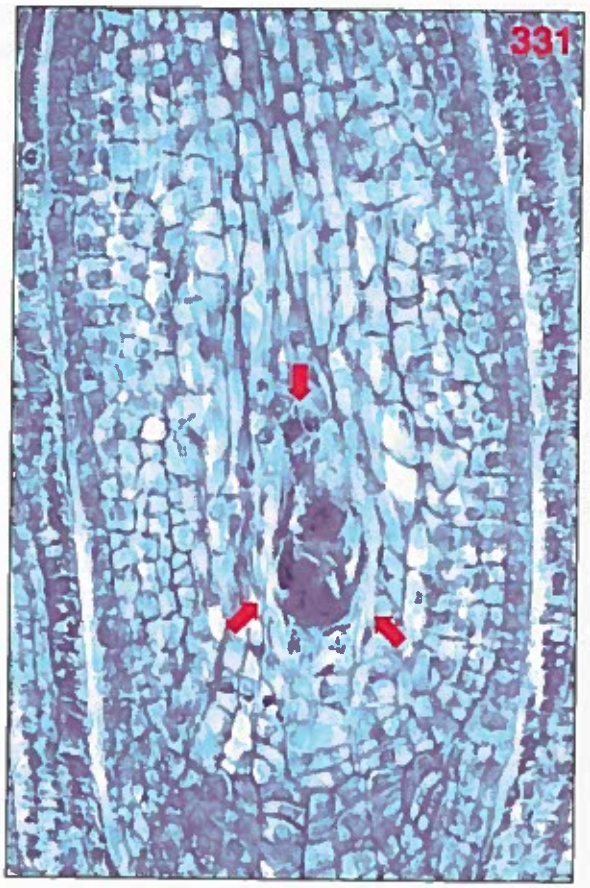

328

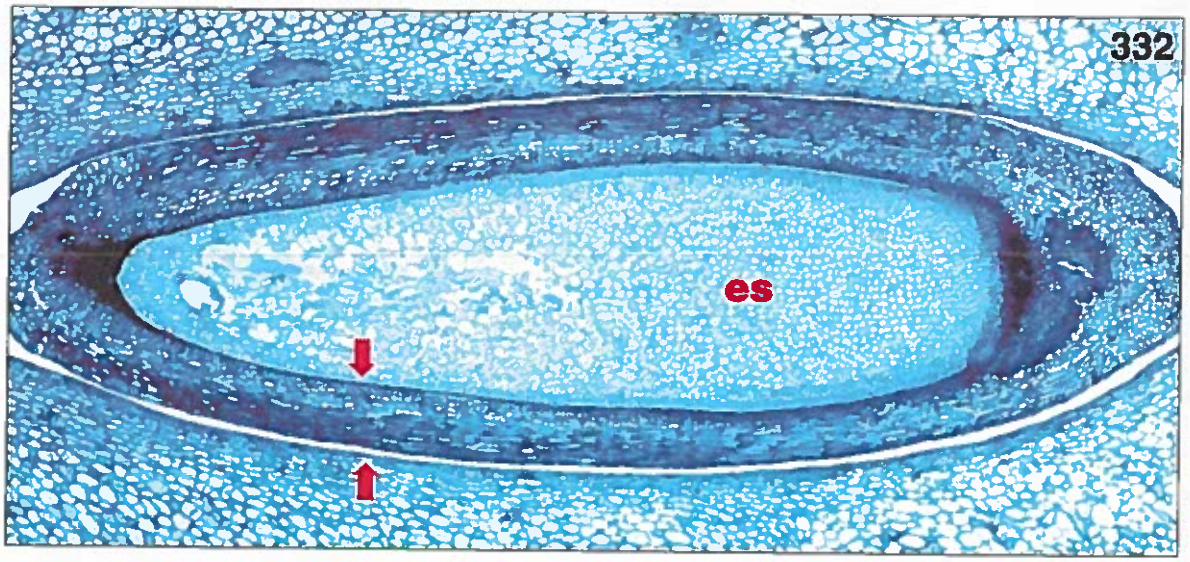

329

330. Saco embrionario (flechas). 40x.
331. Saco embrionario después de la fecundación (flechas). 40x.
332. Semilla en formación. Las flechas indican la cubierta seminal en formación. es: endospermo. 4x.

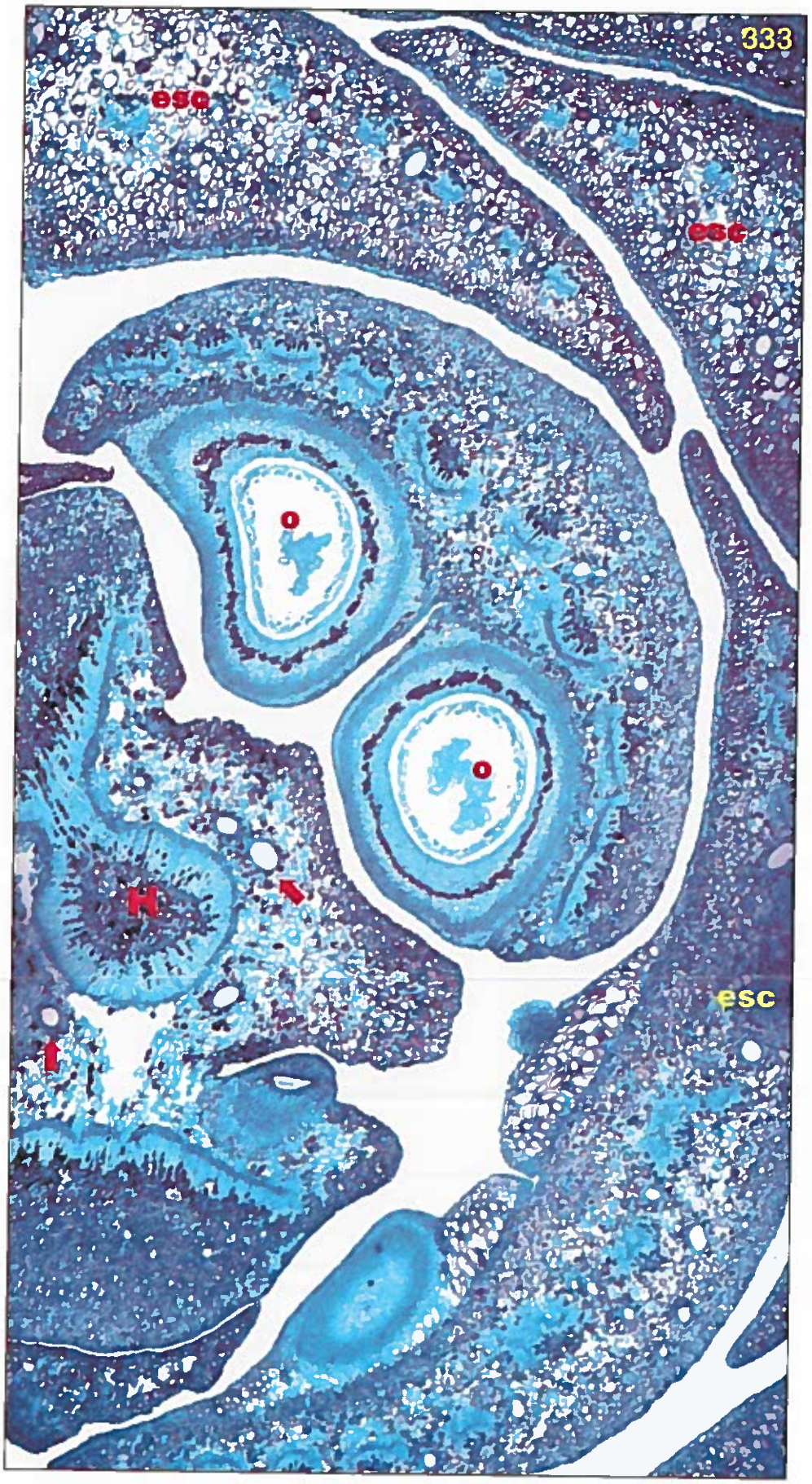
El saco embrionario está constituido por un conjunto de células (normalmente siete) y núcleos (normalmente ocho) que se disponen de una forma más o menos ordenada (330); orden que desaparece cuando se produce la fecundación (331). En un estadio de desarrollo posterior los tegumentos comienzan a modificarse para constituir la cubierta seminal (332).


330


331


332
es

**333.** Estróbilo femenino de gimnosperma. Las flechas indican conductos resiníferos. o: óvulos con nucela multicelular. esc: escamas. H: haz vascular del eje del cono. 10x.

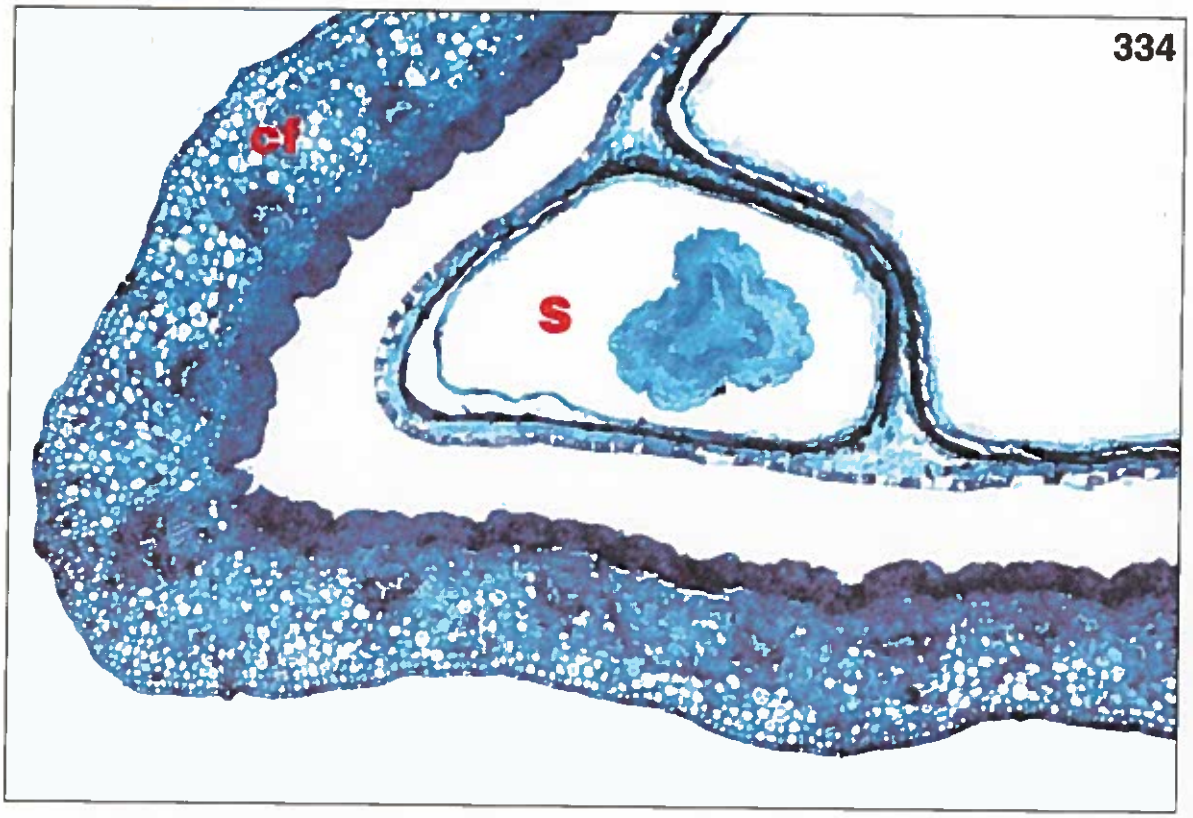

333
esc
esc
o
o
H
esc

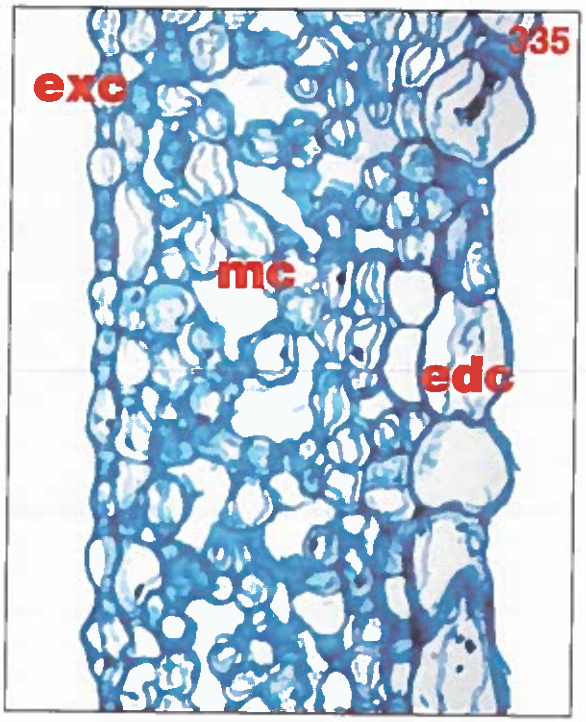
# FRUTO

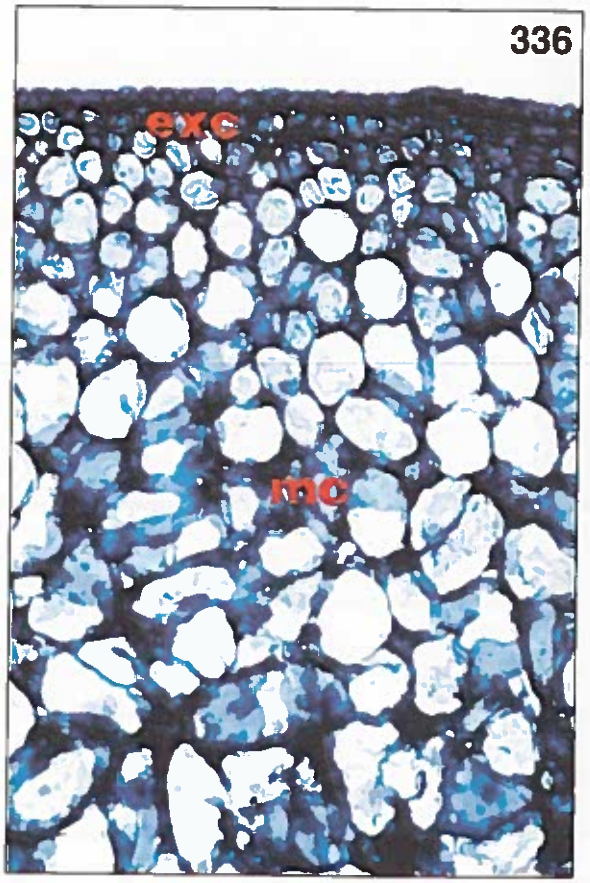
El fruto es el órgano de la planta que alberga la semilla. En él la morfología de sus cubiertas es fundamental para garantizar la dispersión de la semilla.

**334.** Fruto. cf: cubiertas. S: semilla. 4x.
**335.** Cubierta del fruto. exc: exocarpo. mc: mesocarpo. edc: endocarpo. 10x.
**336.** Pericarpo. exc: exocarpo. mc: mesocarpo. 20x.

El fruto consta de una serie de cubiertas: la más externa (exocarpo) de tejido dérmico, la intermedia (mesocarpo) de tejido fundamental y la más interna (endocarpo) de tejido dérmico.


334
cf
s


335
exc
mc
edc

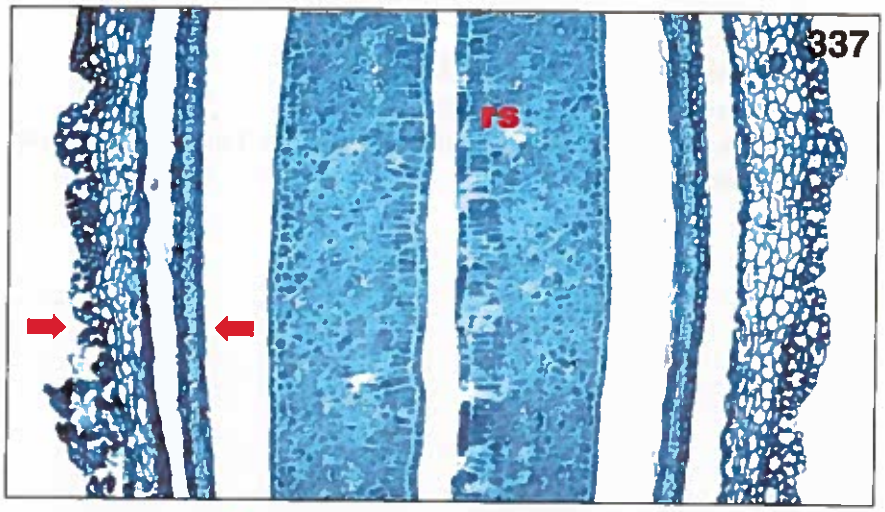

336
exc
mc

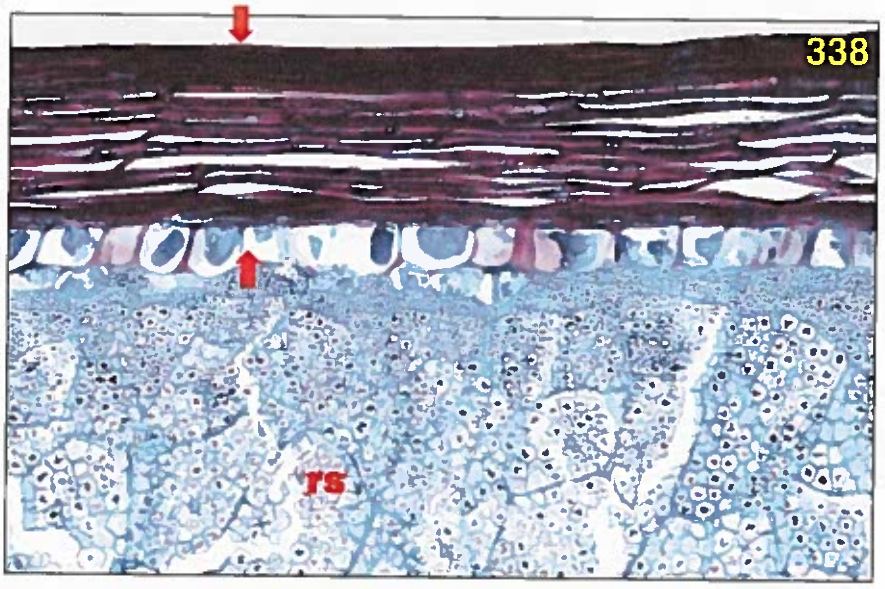
# SEMILLA

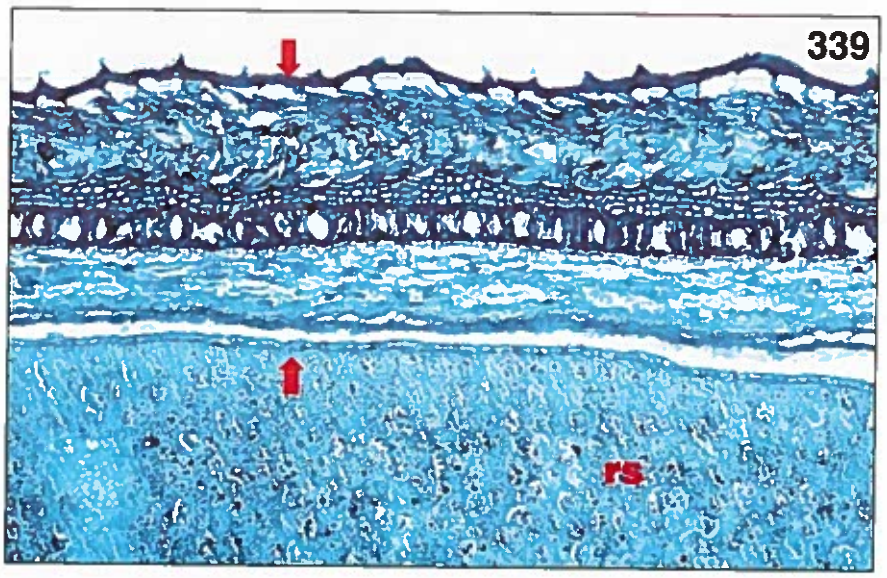
La semilla es la fase de la vida de la planta mejor adaptada para resistir las condiciones ambientales adversas. Consta de embrión, cubierta seminal o testa y reserva de nutrientes.

**337.** Cubierta seminal o testa (flechas). rs: material de reserva. 10x.
**338.** Cubierta seminal o testa (flechas). rs: material de reserva. 20x.
**339.** Cubierta seminal o testa (flechas). rs: material de reserva. 10x.

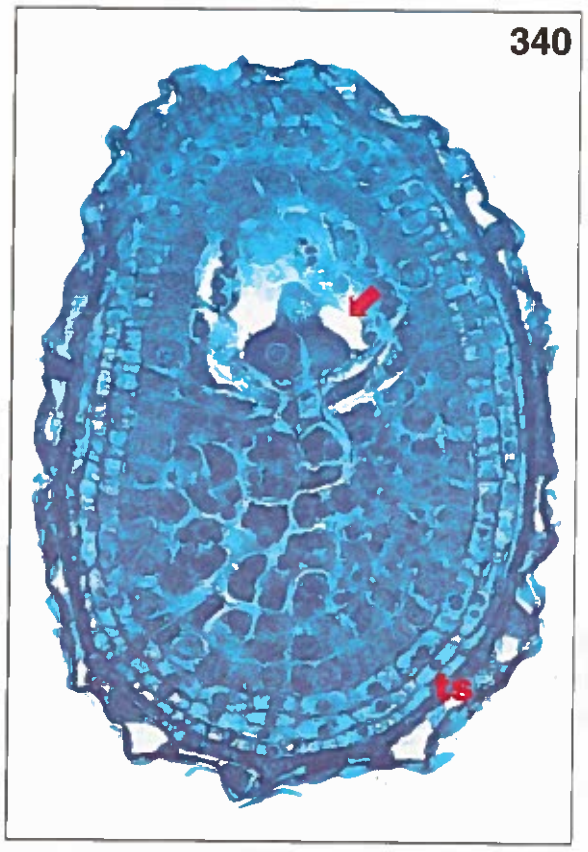
En la semilla la cubierta seminal o testa juega un papel fundamental, siendo histológicamente muy variada (58, 59, 337, 338, 339).

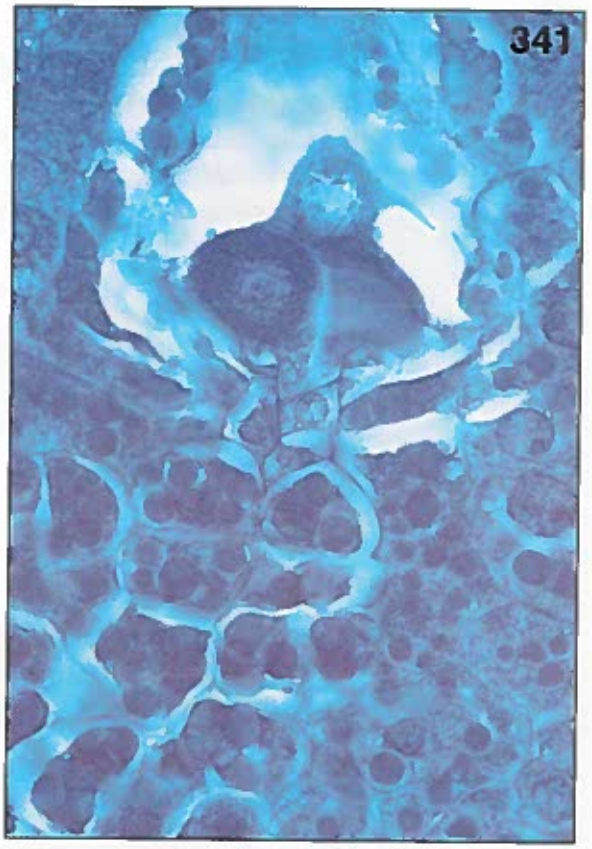

337
rs

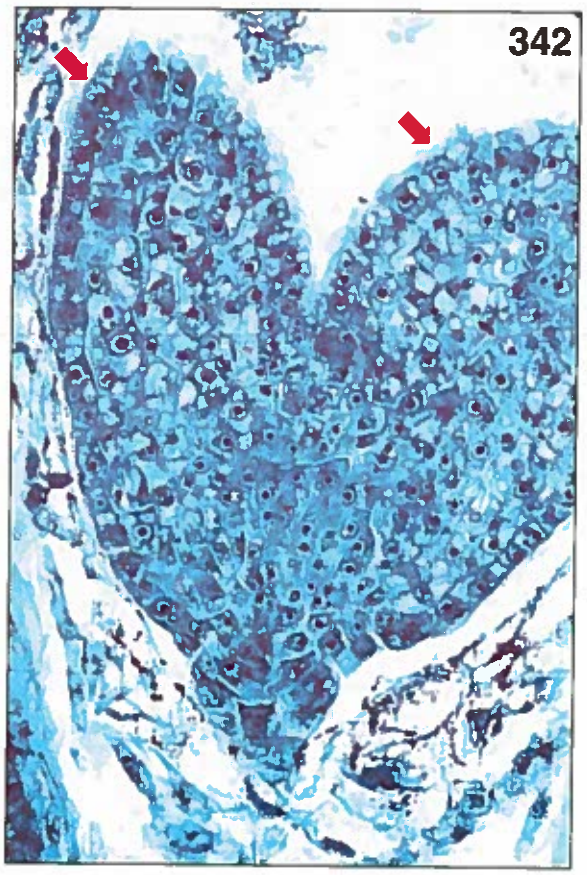

338
rs

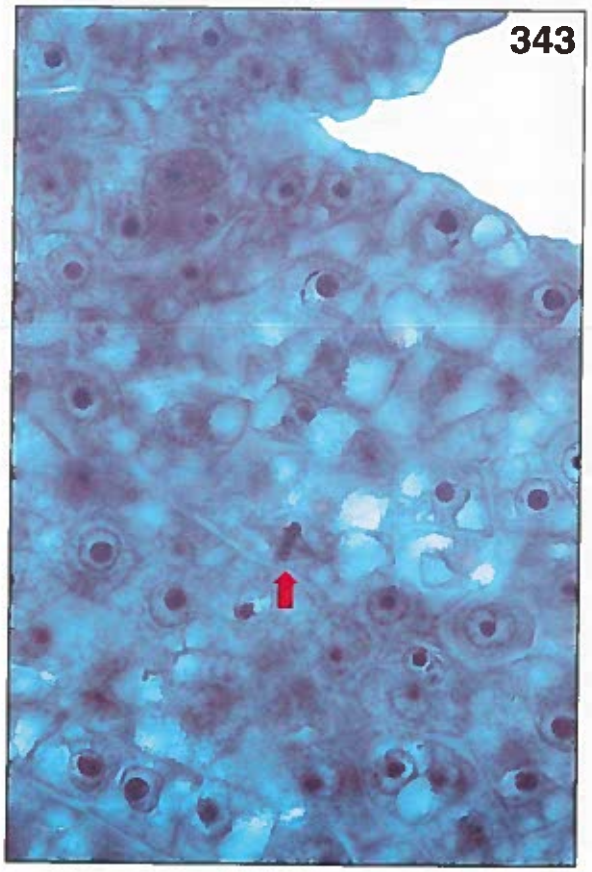

339
rs

**340.** Embrión (flecha). ts: testa. 40x.
**341.** Embrión. Detalle de la anterior. 100x.
**342.** Cotiledones diferenciándose (flechas). 40x.
**343.** Cotiledones diferenciándose. Detalle de la anterior. La flecha indica una célula dividiéndose. 100x.


340
ts


341


342


343

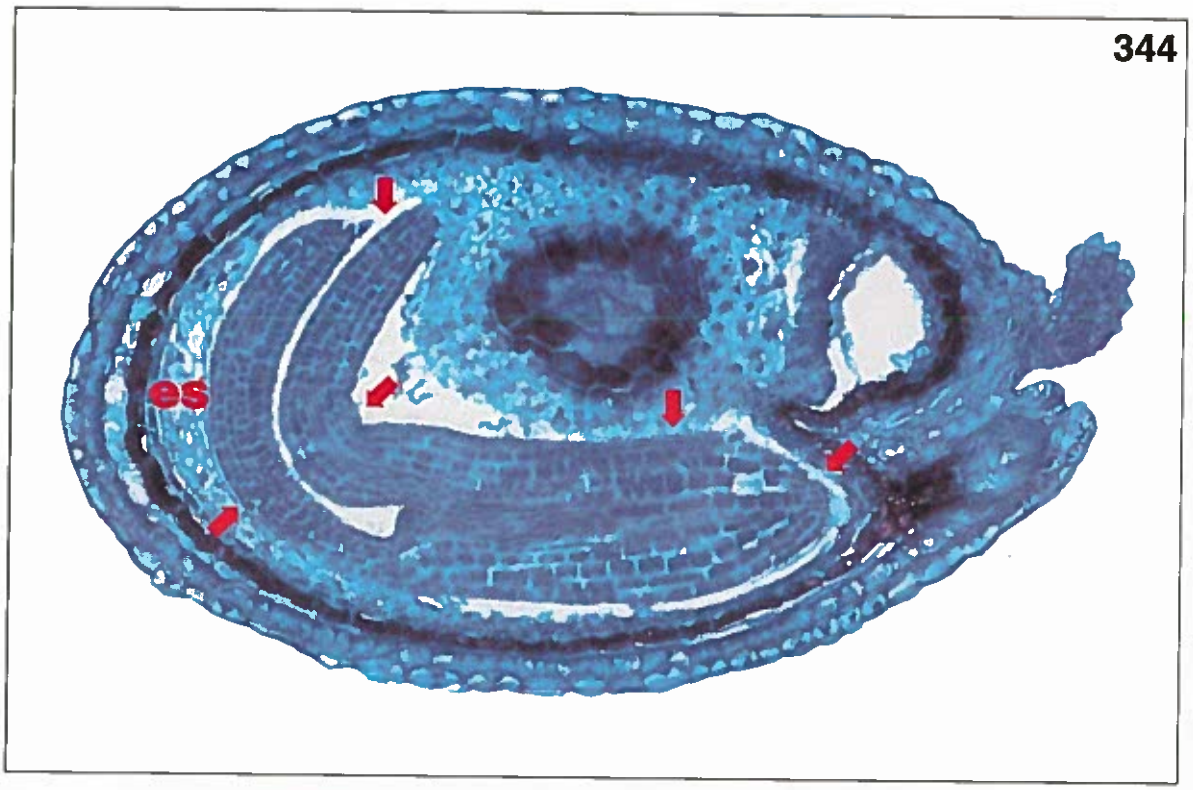
**344.** Embrión madurando (flechas). ts:. testa. es: endospermo. 10x.

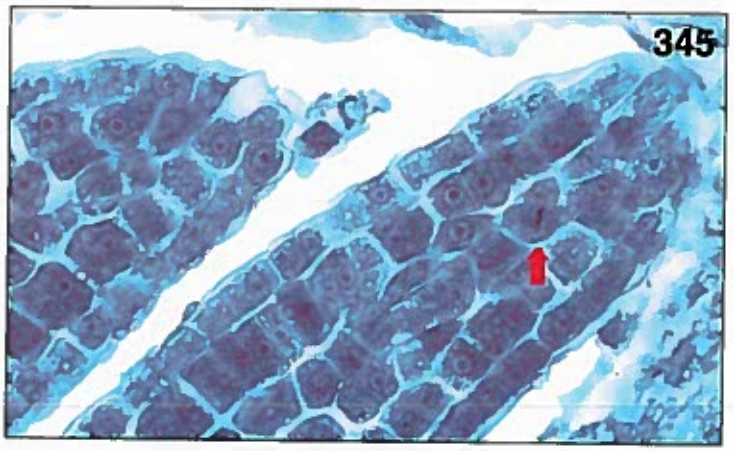
**345.** Embrión madurando. Detalle de la anterior. Cotiledones. La flecha indica una célula en división. 100x.

**346.** Embrión madurando. Detalle de la anterior. Ápice del tallo. La flecha indica una célula en división. 100x.

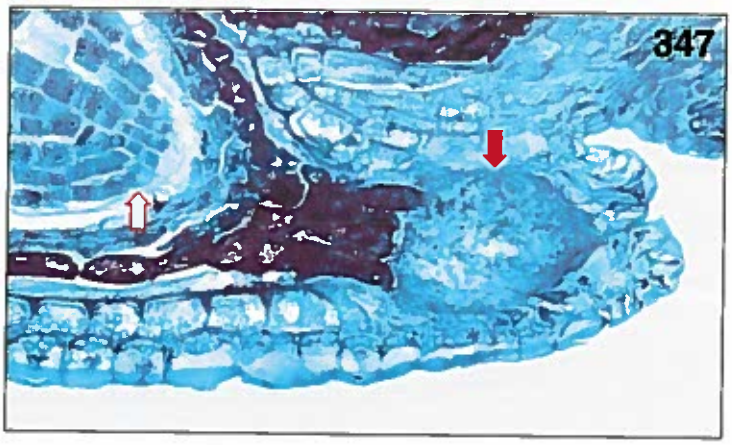
**347.** Embrión madurando. Detalle de la anterior. Ápice de la raíz (flecha hueca) y célula basal (flecha). 100x.

En el interior de la semilla el embrión se está formando y las mitosis son abundantes. La semilla pronto alcanzará la madurez morfológica: se desecará cediendo agua y la testa se endurecerá protegiendo así al embrión y la reserva alimenticia.


344
es


345


346


347

# APÉNDICE

Correspondencia imagen planta

Se indica en la columna de la izquierda el número de la imagen y en la columna de la derecha, la planta (y la parte de la planta) de la que procede la imagen correspondiente.

| | |
|---|---|
| Cubierta. | Hoja de *Polygonum bistorta.* |
| 1 | Tallo de *Coleus blumei.* |
| 2 | Raíz de *Ranunculus bulbosus.* |
| 3 | Tallo de *Sambucus nigra.* |
| 4 | Fruto de *Pyrus communis.* |
| 5 | Tallo de *Linum usitatissimum.* |
| 6 | Tallo de *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata.* |
| 7 | Tallo de *Urtica dioica.* |
| 8 | Hoja de *Eucaliptus globulus.* |
| 9 | Tallo de *Narcissus poeticus.* |
| 10 | Tallo de *Quercus suber.* |
| 11 | Raíz de *Allium cepa.* |
| 12 | Tallo de *Cytisus cantabricus.* |
| 13 | Hoja de *Potamogeton lucens.* |
| 14 | Flor de *Salix alba.* |
| 15 | Fruto de *Hacer japonica.* |
| 16 | Semilla de *Capsella bursa-pastoris.* |
| 17 | Tallo de *Coleus blumei.* |
| 18 | Tallo de *Coleus blumei.* |
| 19 | Tallo de *Coleus blumei.* |
| 20 | Tallo de *Polygonum bistorta.* |
| 21 | Raíz de *Allium cepa.* |
| 22 | Raíz de *Allium cepa.* |
| 23 | Raíz de *Iris germanica.* |
| 24 | Tallo de *Urtica dioica.* |
| 25 | Raíz de *Linum narborense.* |
| 26 | Tallo de *Urtica dioica.* |
| 27 | Tallo de *Quercus suber.* |
| 28 | Hoja de *Eucalyptus globulus.* |
| 29 | Hoja de *Eucalyptus globulus.* |
| 30 | Hoja de *Olea europaea.* |
| 31 | Tallo de *Urtica dioica.* |

| | |
|---|---|
| 32 | Tallo de *Humulus lupulus*. |
| 33 | Tallo de *Urtica dioica*. |
| 34 | Fruto de *Aesculus hippocastanum*. |
| 35 | Fruto de *Aesculus hippocastanum*. |
| 36 | Semilla de *Catalpa bignonioides*. |
| 37 | Hoja de *Nerium oleander*. |
| 38 | Fruto de *Musa paradisiaca*. |
| 39 | Fruto de *Musa paradisiaca*. |
| 40 | Semilla de *Phaseolus vulgaris*. |
| 41 | Semilla de *Phaseolus vulgaris*. |
| 42 | Hoja de *Iris pseudoacorus*. |
| 43 | Hoja de *Viscum album*. |
| 44 | Hoja de *Viscum album*. |
| 45 | Hoja de *Rosa canina*. |
| 46 | Hoja de *Rosa canina*. |
| 47 | Flor de *Calla palustris*. |
| 48 | Flor de *Calla palustris*. |
| 49 | Hoja de *Cuppressus serpemvirens*. |
| 50 | Hoja de *Cuppressus serpemvirens*. |
| 51 | Tallo de *Lycopersicum esculentum*. |
| 52 | Tallo de *Lycopersicum esculentum*. |
| 53 | Tallo de *Lycopersicum esculentum*. |
| 54 | Fruto de *Erodium cicutarium*. |
| 55 | Fruto de *Erodium cicutarium*. |
| 56 | Hoja de *Salix alba*. |
| 57 | Hoja de *Salix alba*. |
| 58 | Semilla de *Phaseolus vulgaris*. |
| 59 | Semilla de *Phaseolus vulgaris*. |
| 60 | Peciolo de *Saintpaulia ionantha*. |
| 61 | Peciolo de *Saintpaulia ionantha*. |
| 62 | Peciolo de *Nymphaea odorata*. |
| 63 | Peciolo de *Nymphaea odorata*. |
| 64 | Hoja de *Nerium oleander*. |
| 65 | Hoja de *Olea europaea*. |
| 66 | Hoja de *Echium vulgare*. |
| 67 | Hoja de *Polygonum bistorta*. |
| 68 | Tallo de *Mentha aquatica*. |
| 69 | Tallo de *Scirpus lacustris*. |
| 70 | Fruto de *Citrullus lanatus*. |
| 71 | Tallo de *Zea mays*. |
| 72 | Tallo de *Mentha longifolia*. |
| 73 | Tallo de *Taraxacum officinalis*. |
| 74 | Tallo de *Taraxacum officinalis*. |
| 75 | Peciolo de *Malva sylvestris*. |
| 76 | Hoja de *Rosa canina*. |
| 77 | Raíz de *Cytisus scoparius*. |
| 78 | Tallo de *Cytisus cantabricus*. |
| 79 | Tallo de *Cytisus cantabricus*. |
| 80 | Tallo de *Nerium oleander*. |
| 81 | Zarcillo de *Brionia cretica* subsp. *dioica*. |

82 Tallo de *Fragaria vesca.*
83 Hoja de *Olea europaea.*
84 Bráctea de la inflorescencia de *Ananas comosus.*
85 Tallo de *Lantana camara.*
86 Hoja de *Olea europaea.*
87 Hoja de *Olea europaea.*
88 Tallo de *Lantana camara.*
89 Tallo de *Urtica dioica.*
90 Flor de *Eucalyptus globulus.*
91 Fruto de *Prunus persica.*
92 Semilla de *Phaseolus vulgaris.*
93 Semilla de *Phaseolus vulgaris.*
94 Hoja de *Nymphaea odorata.*
95 Peciolo de *Nymphaea odorata.*
96 Hoja de *Olea europaea.*
97 Hoja de *Olea europaea.*
98 Fruto de *Cupressus sempervirens.*
99 Flor de *Cupressus sempervirens.*
100 Fruto de *Cupressus sempervirens.*
101 Tallo de *Sambucus nigra.*
102 Tallo de *Lantana camara.*
103 Tallo de *Cytisus cantabricus.*
104 Tallo de *Aesculus hippocastanum.*
105 Madera de *Salix alba.*
106 Tallo de *Quercus robur.*
107 Raíz de *Zea mays.*
108 Raíz de *Zea mays.*
109 Raíz de *Zea mays.*
110 Tallo de *Melilotus alba.*
111 Tallo de *Capsella bursa-pastoris.*
112 Tallo de *Linum usitatissimum.*
113 Madera de *Salix alba.*
114 Hoja de *Pinus pinaster.*
115 Raíz de *Pinus pinaster.*
116 Raíz de *Cytisus scoparius.*
117 Raíz de *Pinus pinaster.*
118 Tallo de *Pancratium maritimus.*
119 Tallo de *Lavandula stoechas* subsp. *pudunculata.*
120 Rizoma de *Equisetum termatella.*
121 Rizoma de *Equisetum termatella.*
122 Madera de *Salix alba.*
123 Raíz de *Linum usitatissimum.*
124 Raíz de *Linum usitatissimum.*
125 Tallo de *Pinus pinaster.*
126 Tallo de *Pinus pinaster.*
127 Receptáculo floral de *Malus domestica.*
128 Tallo de *Pancratium maritimus.*
129 Hoja de *Triticum vulgare.*
130 Tallo de *Pancratium maritimus.*
131 Tallo de *Cactus* sp.

| | |
|---|---|
| 132 | Tallo de *Cactus* sp. |
| 133 | Tallo de *Pinus pinaster.* |
| 134 | Tallo de *Pinus pinaster.* |
| 135 | Raíz de *Castanea sativa.* |
| 136 | Raíz de *Beta vulgaris.* |
| 137 | Raíz de *Ranunculus bulbosus.* |
| 138 | Hoja de *Triticum vulgare.* |
| 139 | Hoja de *Laurus nobilis.* |
| 140 | Tallo de *Helleborus foetidus.* |
| 141 | Tallo de *Laminum maculatum.* |
| 142 | Flor de *Eucalyptus globulus.* |
| 143 | Bulbo de *Allium sativum.* |
| 144 | Hoja de *Nerium oleander.* |
| 145 | Tallo de *Equisetum termatella.* |
| 146 | Tallo de *Equisetum termatella.* |
| 147 | Tallo de *Cytinus hypocistis.* |
| 148 | Bulbo de *Allium sativum.* |
| 149 | Tallo de *Eucalyptus globulus.* |
| 150 | Fruto de *Prunus amygdalus.* |
| 151 | Receptáculo floral de *Malus domestica.* |
| 152 | Hoja de *Abies pinsapo.* |
| 153 | Fruto de *Citrus sinensis.* |
| 154 | Nectario floral de *Ranunculus bulbosus.* |
| 155 | Nectario floral de *Passiflora incarnata.* |
| 156 | Hoja de *Eucaliptus globulus.* |
| 157 | Hoja de *Viscum album.* |
| 158 | Hoja de *Nerium oleander.* |
| 159 | Hoja de *Ficus elastica.* |
| 160 | Hoja de *Quercus suber.* |
| 161 | Pétalo de *Rosa canina.* |
| 162 | Tallo de *Narcissus poeticus.* |
| 163 | Flor de *Calla palustris.* |
| 164 | Pétalo de *Rosa canina.* |
| 165 | Hoja de *Ficus elastica.* |
| 166 | Hoja de *Ficus elastica.* |
| 167 | Hoja de *Quercus suber.* |
| 168 | Tallo de *Hedera helix.* |
| 169 | Raíz de *Zea mays* |
| 170 | Hoja de *Ranunculus acuatilis.* |
| 171 | Hoja de *Zea mays.* |
| 172 | Hoja de *Urtica dioica.* |
| 173 | Hoja de *Ficus elastica.* |
| 174 | Hoja de *Ficus elastica.* |
| 175 | Epidermis de *Pelargonium* sp. |
| 176 | Epidermis de *Sedum album.* |
| 177 | Epidermis de *Potentilla reptans.* |
| 178 | Epidermis de *Allium sativum.* |
| 179 | Epidermis de *Dianthus caryophyllus.* |
| 180 | Epidermis de *Dactylis glomerata.* |
| 181 | Epidermis de *Sedum album.* |

182 Hoja de *Viscum album.*
183 Hoja de *Triticum vulgare.*
184 Hoja de *Pinus pinaster.*
185 Hoja de *Pinus pinaster.*
186 Tallo de *Narcissus poeticus.*
187 Hoja de *Taxus baccata.*
188 Hoja de *Mentha aquatica.*
189 Hoja de *Nerium oleander.*
190 Hoja de *Nerium oleander.*
191 Epidermis de *Echium vulgare.*
192 Epidermis de *Potentilla reptans.*
193 Fruto de *Helleborus foetidus.*
194 Hoja de *Olea europaea.*
195 Hoja de *Verbascum pulverulentum.*
196 Hoja de *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata.*
197 Tallo de *Coleus blumei.*
198 Hoja de *Teucrium polium.*
199 Tallo de *Pteridium aquilinum.*
200 Epidermis de *Papaver rhoeas.*
201 Epidermis de *Papaver rhoeas.*
202 Hoja de *Teucrium polium.*
203 Tallo de *Phaseolus vulgaris.*
204 Peciolo de *Teucrium polium.*
205 Fruto de *Erodium cicutarium.*
206 Flor de *Cytinus hypocistis.*
207 Hoja de *Pingüicula grandiflora.*
208 Hoja de *Dionaea muscipula.*
209 Hoja de *Urtica dioica.*
210 Rizoma de *Equisetum termatella.*
211 Semilla de *Helianthus annuus.*
212 Tallo de *Quercus suber.*
213 Tallo de *Malus domestica.*
214 Tallo de *Aesculus hippocastanum.*
215 Placenta de *Malus domestica.*
216 Tallo de *Sambucus nigra.*
217 Tallo de *Quercus suber.*
218 Raíz de *Ranunculus bulbosus.*
219 Raíz de *Ranunculus bulbosus.*
220 Raíz de *Zea mays.*
221 Raíz de *Allium cepa.*
222 Raíz de *Castanea sativa.*
223 Raíz de *Quercus ilex.*
224 Raíz de *Zea mays.*
225 Raíz de *Iris pseudocorus.*
226 Raíz de *Iris pseudocorus.*
227 Raíz de *Iris pseudocorus.*
228 Raíz de *Scirpus lacustris.*
229 Raíz de *Scirpus lacustris.*
230 Raíz de *Castanea sativa.*
231 Raíz de *Quercus ilex.*

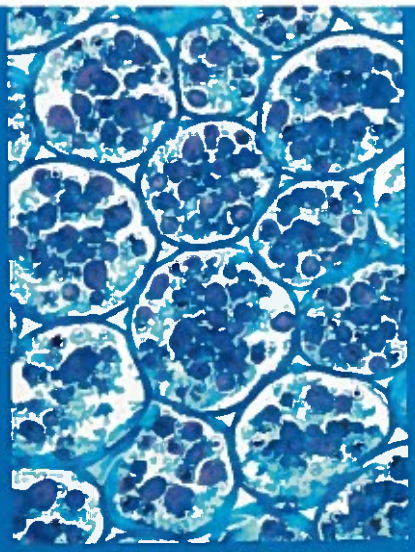
| | |
|---|---|
| 232 | Raíz de *Quercus ilex.* |
| 233 | Raíz de *Cytisus scoparius.* |
| 234 | Tallo de *Iris pseudocorus.* |
| 235 | Tallo de *Iris pseudocorus.* |
| 236 | Bulbo de *Allium sativum.* |
| 237 | Raíz de *Beta vulgaris.* |
| 238 | Rizoma de *Iris pseudocorus.* |
| 239 | Tubérculo de *Solanum tuberosum.* |
| 240 | Raíz de *Ophrys tenthrediniphera.* |
| 241 | Raíz de *Ophrys tenthrediniphera.* |
| 242 | Raíz de *Ophrys tenthrediniphera.* |
| 243 | Raíz de *Ophrys tenthrediniphera.* |
| 244 | Raíz de *Pinus pinaster.* |
| 245 | Raíz de *Pinus pinaster.* |
| 246 | Raíz de *Cytisus scoparius.* |
| 247 | Nódulo de *Cytisus scoparius.* |
| 248 | Nódulo de *Cytisus scoparius.* |
| 249 | *Cuscuta epithymum.* |
| 250 | Haustorio de *Cuscuta epithymum.* |
| 251 | Haustorio de *Viscum album.* |
| 252 | Tallo de *Eucalyptus globulus.* |
| 253 | Tallo de *Rubus ulmifolius.* |
| 254 | Tallo de *Mentha longifolia.* |
| 255 | Tallo de *Narcissus poeticus.* |
| 256 | Tallo de *Abies pinsapo.* |
| 257 | Tallo de *Mentha aquatica.* |
| 258 | Tallo de *Alisma plantago acuatica.* |
| 259 | Tallo de *Cactus* sp. |
| 260 | Tallo de *Quercus suber.* |
| 261 | Tallo de *Aesculus hippocastanum.* |
| 262 | Tallo de *Euphorbia peplus.* |
| 263 | Zarcillo de *Brionia cretica* subsp. *dioica.* |
| 264 | Zarcillo de *Brionia cretica* subsp. *dioica.* |
| 265 | Bulbo de *Allium sativum.* |
| 266 | Injerto de *Lycopersicum esculentum.* |
| 267 | Injerto de *Lycopersicum esculentum.* |
| 268 | Hoja de *Laurus nobilis.* |
| 269 | Hoja de *Iris pseudocorus.* |
| 270 | Hoja de *Pinus pinaster.* |
| 271 | Hoja de *Nerium oleander.* |
| 272 | Hoja de *Polygonum bistorta.* |
| 273 | Hoja de *Polygonum bistorta.* |
| 274 | Hoja de *Zea mays.* |
| 275 | Hoja de *Dionaea muscipula.* |
| 276 | Hoja de *Pingüicula grandiflora.* |
| 277 | Hoja de *Cytinus hypocistis.* |
| 278 | Hoja de *Cytinus hypocistis.* |
| 279 | Hoja de *Populus alba.* |
| 280 | Hoja de *Populus alba.* |
| 281 | Yema de invierno de *Malus domestica.* |

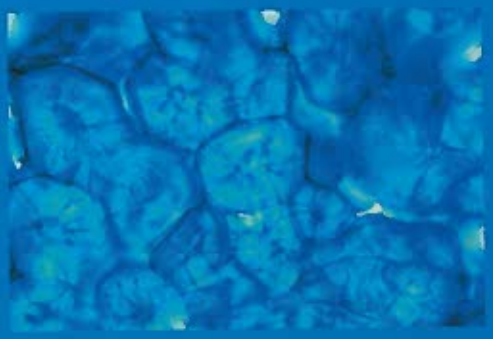
282 Tallo de *Euphorbia peplus.*
283 Hoja de *Oxalis acetosella.*
284 Hoja de *Oxalis acetosella.*
285 Aguijón de *Rosa canina.*
286 Agalla de *Quercus pyrenaica.*
287 Agalla de *Quercus pyrenaica.*
288 Agalla de *Quercus pyrenaica.*
289 Agalla de *Rosa canina.*
290 Agalla de *Rosa canina.*
291 Hoja de *Lactuca* sp.
292 Hoja de *Tilia platyphyllos.*
293 Hoja de *Tilia platyphyllos.*
294 Hoja de *Tilia platyphyllos.*
295 Sépalo de *Rosa canina.*
296 Sépalo de *Rosa canina.*
297 Pétalo de *Rosa canina.*
298 Flor de *Malus domestica.*
299 Flor de *Malus domestica.*
300 Flor de *Malus domestica.*
301 Flor de *Malus domestica.*
302 Flor de *Malus domestica.*
303 Flor de *Malus domestica.*
304 Flor de *Malus domestica.*
305 Flor de *Malus domestica.*
306 Flor de *Malus domestica.*
307 Flor de *Malus domestica.*
308 Flor de *Malus domestica.*
309 Flor de *Pinus sylvestris.*
310 Flor de *Pinus sylvestris.*
311 Flor de *Salix alba.*
312 Flor de *Bellis perennis.*
313 Flor de *Eucalyptus globulus.*
314 Flor de *Calla palustris.*
315 Flor de *Pinus sylvestris.*
316 Flor de *Malus domestica.*
317 Flor de *Malus domestica.*
318 Flor de *Malus domestica.*
319 Flor de *Malus domestica.*
320 Flor de *Malus domestica.*
321 Flor de *Papaver rhoeas.*
322 Flor de *Malus domestica.*
323 Flor de *Passiflora incarnata.*
324 Flor de *Malus domestica.*
325 Flor de *Malus domestica.*
326 Flor de *Malus domestica.*
327 Flor de *Malus domestica.*
328 Flor de *Malus domestica.*
329 Flor de *Malus domestica.*
330 Flor de *Malus domestica.*
331 Flor de *Malus domestica.*

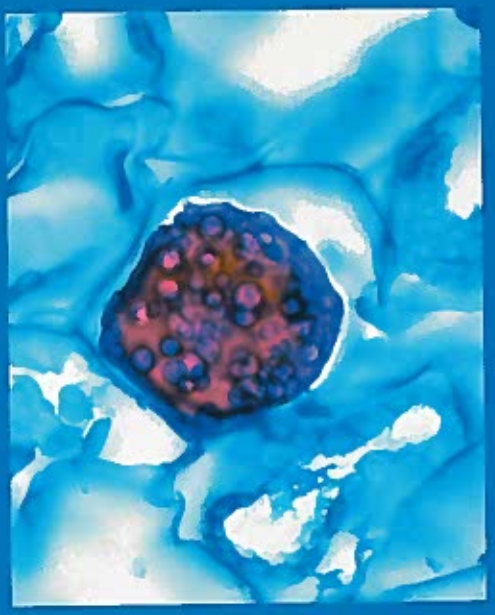
| | |
|---|---|
| 332 | Flor de *Malus domestica*. |
| 333 | Flor de *Pinus sylvestris*. |
| 334 | Fruto de *Hacer japonica*. |
| 335 | Fruto de *Helleborus foetidus*. |
| 336 | Fruto de *Citrus sinensis*. |
| 337 | Semilla de *Catalpa bignonioides*. |
| 338 | Semilla de *Zea mays*. |
| 339 | Semilla de *Cucúrbita máxima*. |
| 340 | Semilla de *Papaver rhoeas*. |
| 341 | Semilla de *Papaver rhoeas*. |
| 342 | Semilla de *Ulmus glabra*. |
| 343 | Semilla de *Ulmus glabra*. |
| 344 | Semilla de *Capsella bursa-pastoris*. |
| 345 | Semilla de *Capsella bursa-pastoris*. |
| 346 | Semilla de *Capsella bursa-pastoris*. |
| 347 | Semilla de *Capsella bursa-pastoris*. |

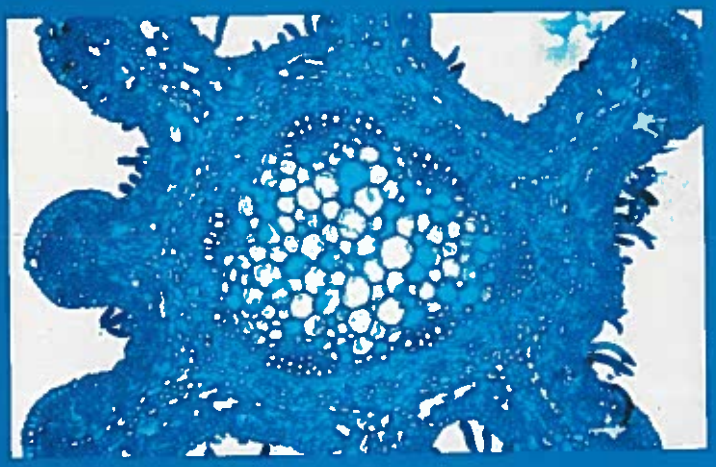
# ÍNDICE ALFABÉTICO

(Se indican los números correspondientes a las imágenes)









UNIVERSIDAD DE LEON
Secretariado de Publicaciones
y Medios Audiovisuales