

# SISTEMA VASCULAR EN LAS PLANTAS

Clase preparada por  
Ing. Agr. M. Sc. Myrna Herrera  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de  
Guatemala

# SISTEMA VASCULAR

- El xilema, junto con el floema, conforman el Sistema Vascular de las “Plantas Vasculares” (musgos, helechos, Pinophytas, Magnoliophytas).
- El Sistema Vascular es continuo a lo largo de toda la planta.
- Se encarga del transporte a larga distancia en las plantas.

El sistema vascular  
está conformado por  
2 tejidos complejos:

Xilema ←

y

Floema ←



**XILEMA**

# XILEMA

El Xilema es un tejido complejo conformado por células conductoras, fibras y células de parénquima



Fotografía : Myrna Herrera

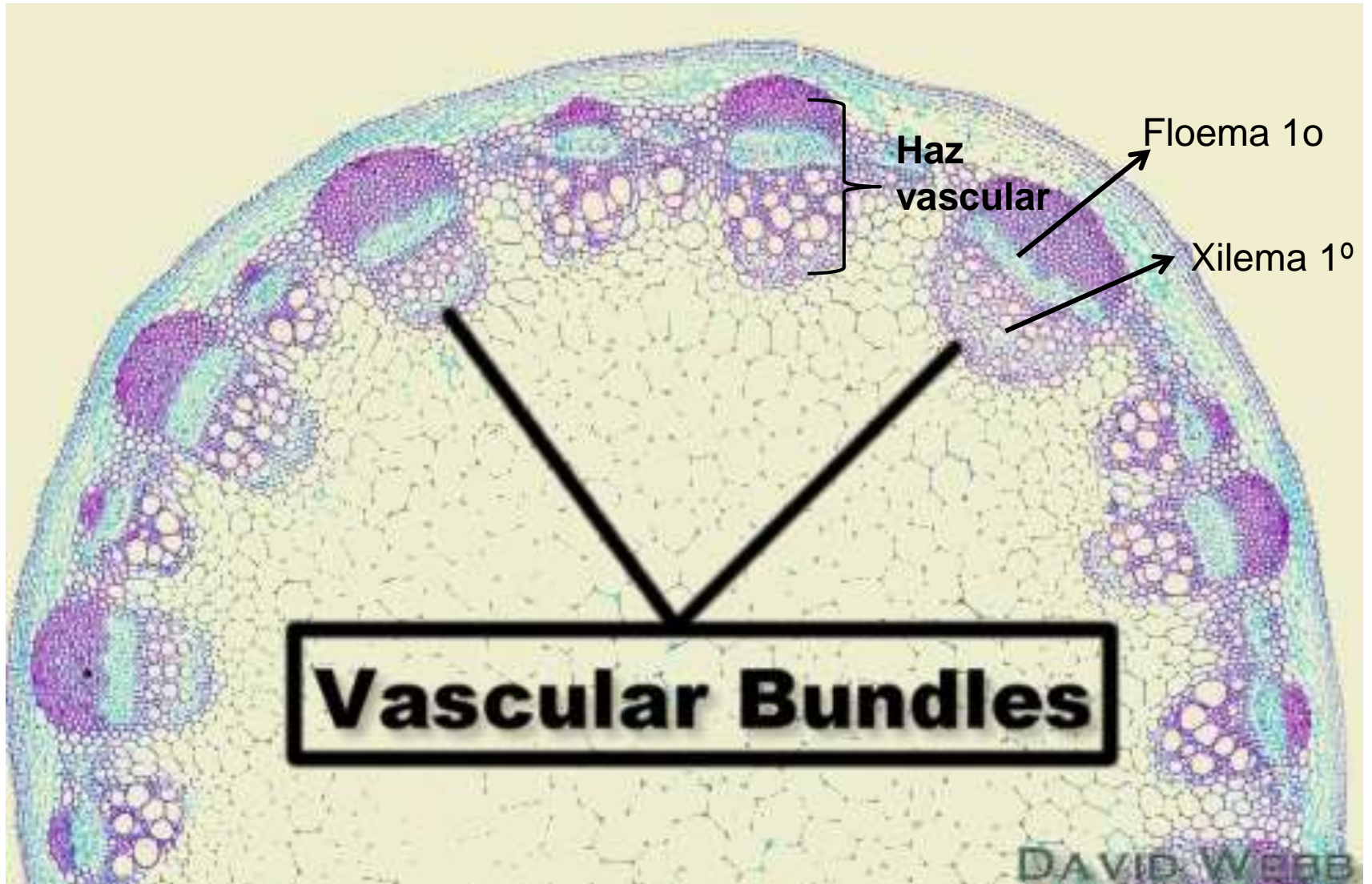
# **FUNCIONES DEL XILEMA**

- 1. Conducción y agua y minerales en dirección ascendente en la planta.**
- 2. Soporte mecánico de la planta.**
- 3. Almacenamiento de Sustancias de Reserva como almidón, proteínas, agua, etc.**

# **CLASIFICACIÓN DEL XILEMA POR SU ORIGEN**

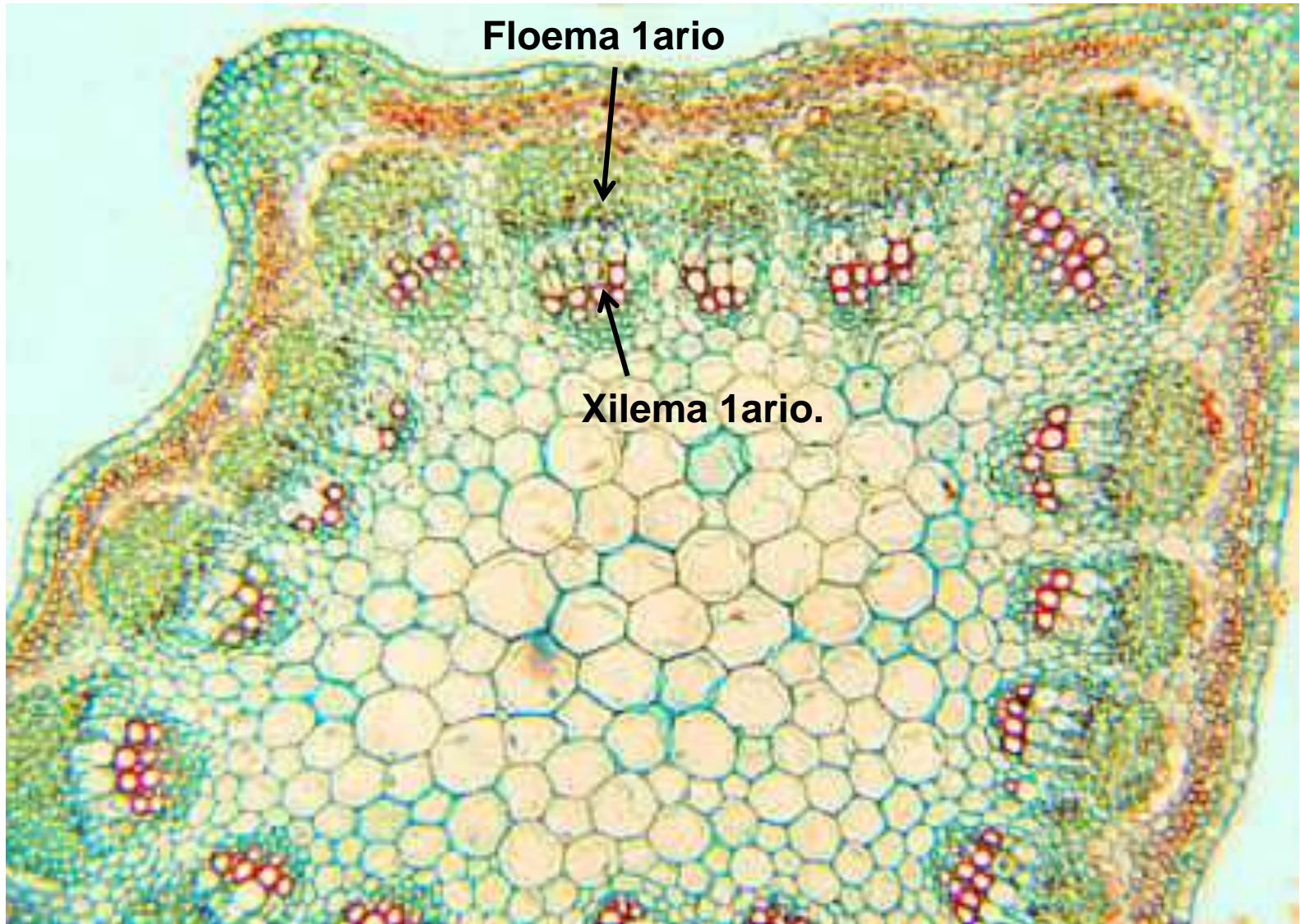
- **XILEMA PRIMARIO: Se origina del procambium.**
- **XILEMA SECUNDARIO: Se origina del Cambium Vascular.**

# Tallo dicotiledonea con crecimiento primario

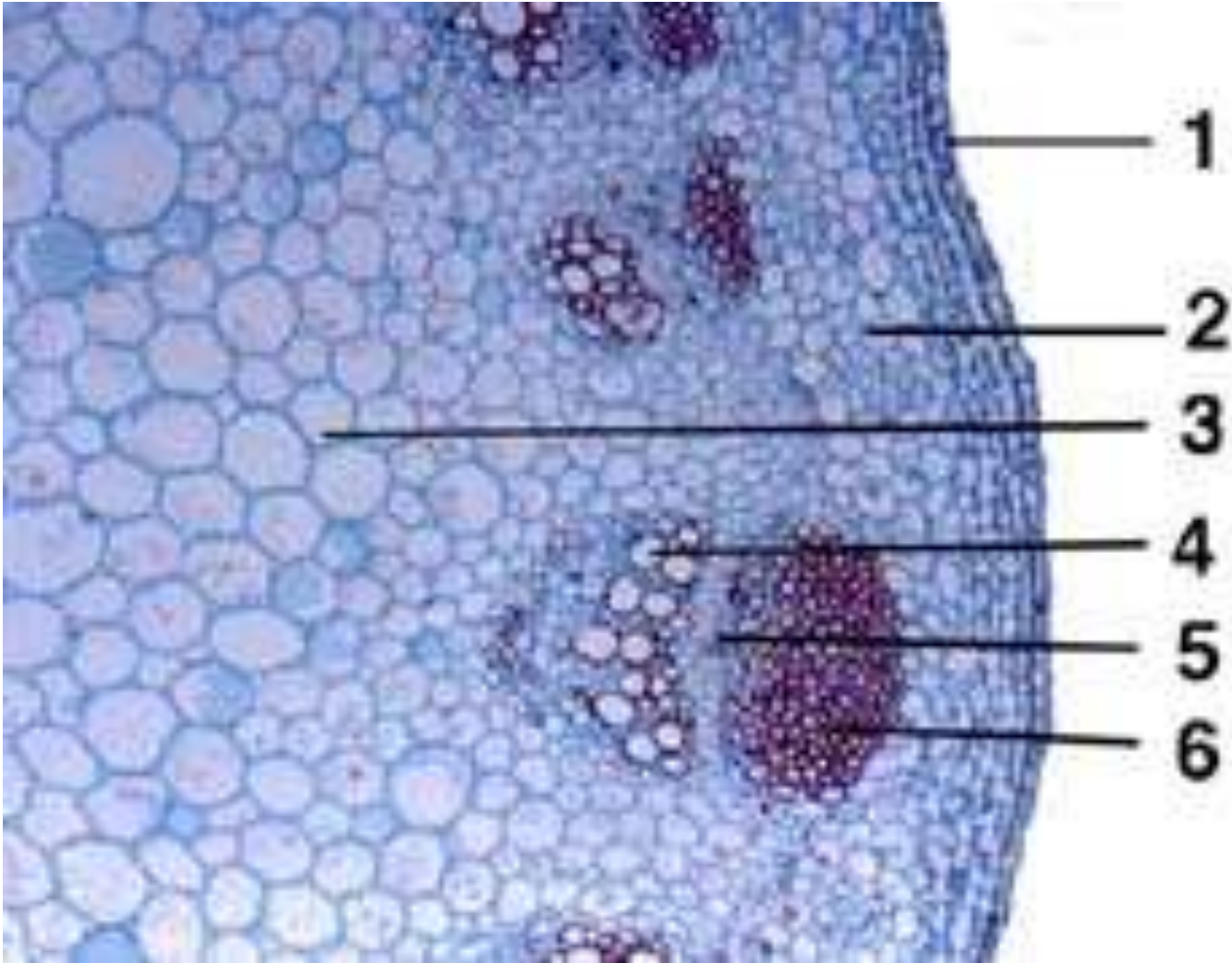




# Tallo dicotiledonea con crecimiento primario

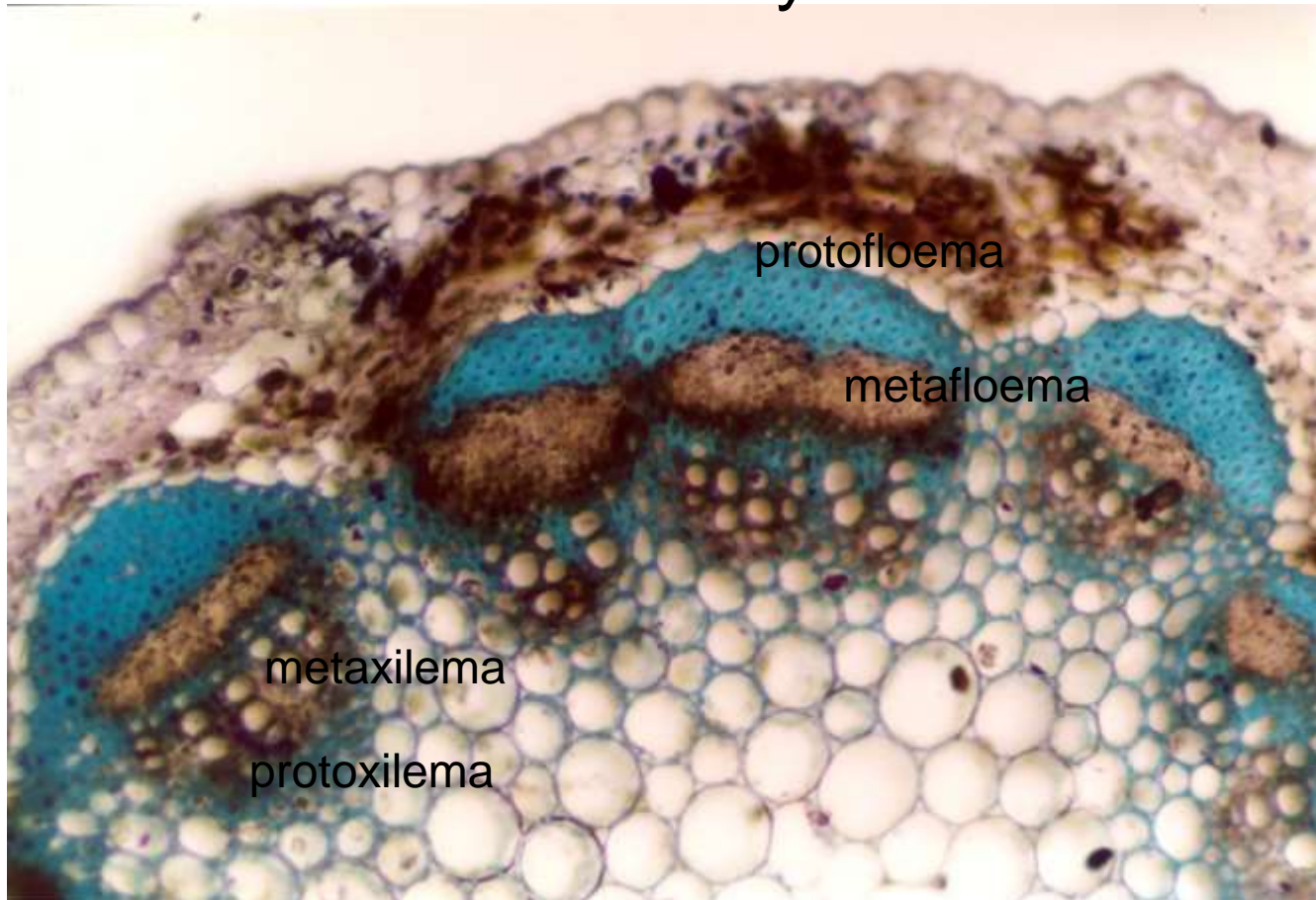


# Tallo dicotiledonea con crecimiento primario

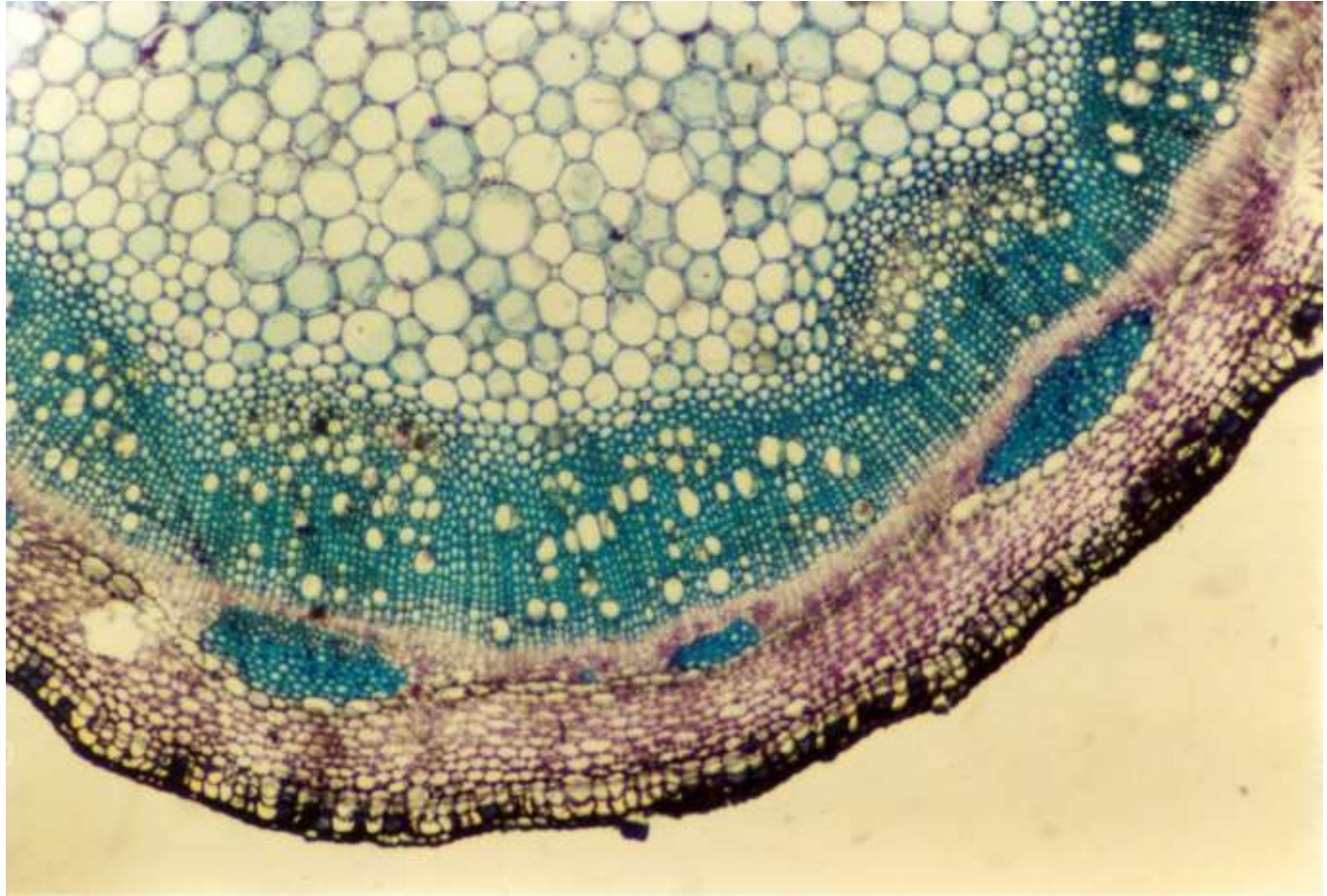


Tallo de Pericón con Xilema Primario:  
En el xilema primario hay:

Protoxilema y Metaxilema

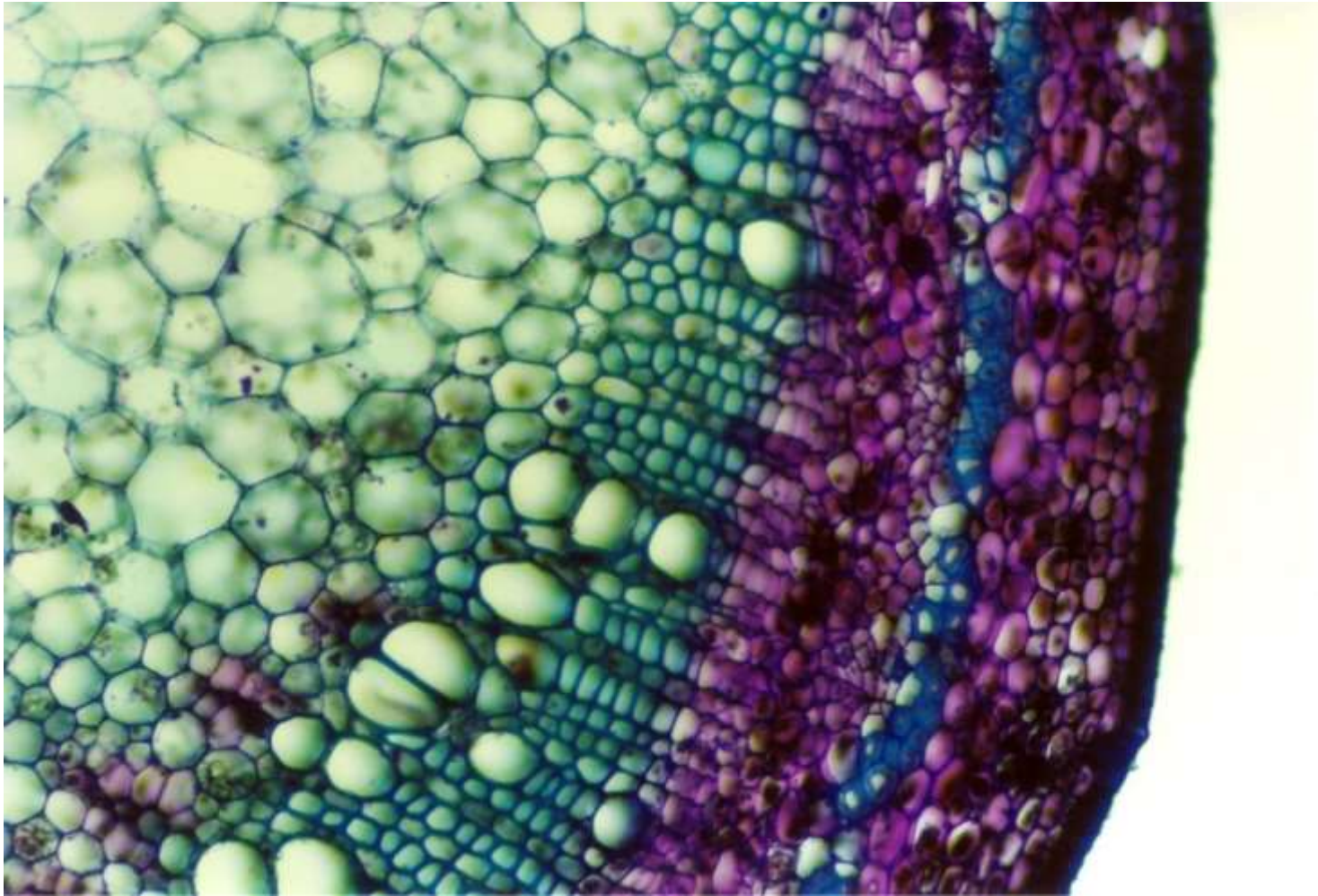


# Tallo de Magnoliopsida con xilema2



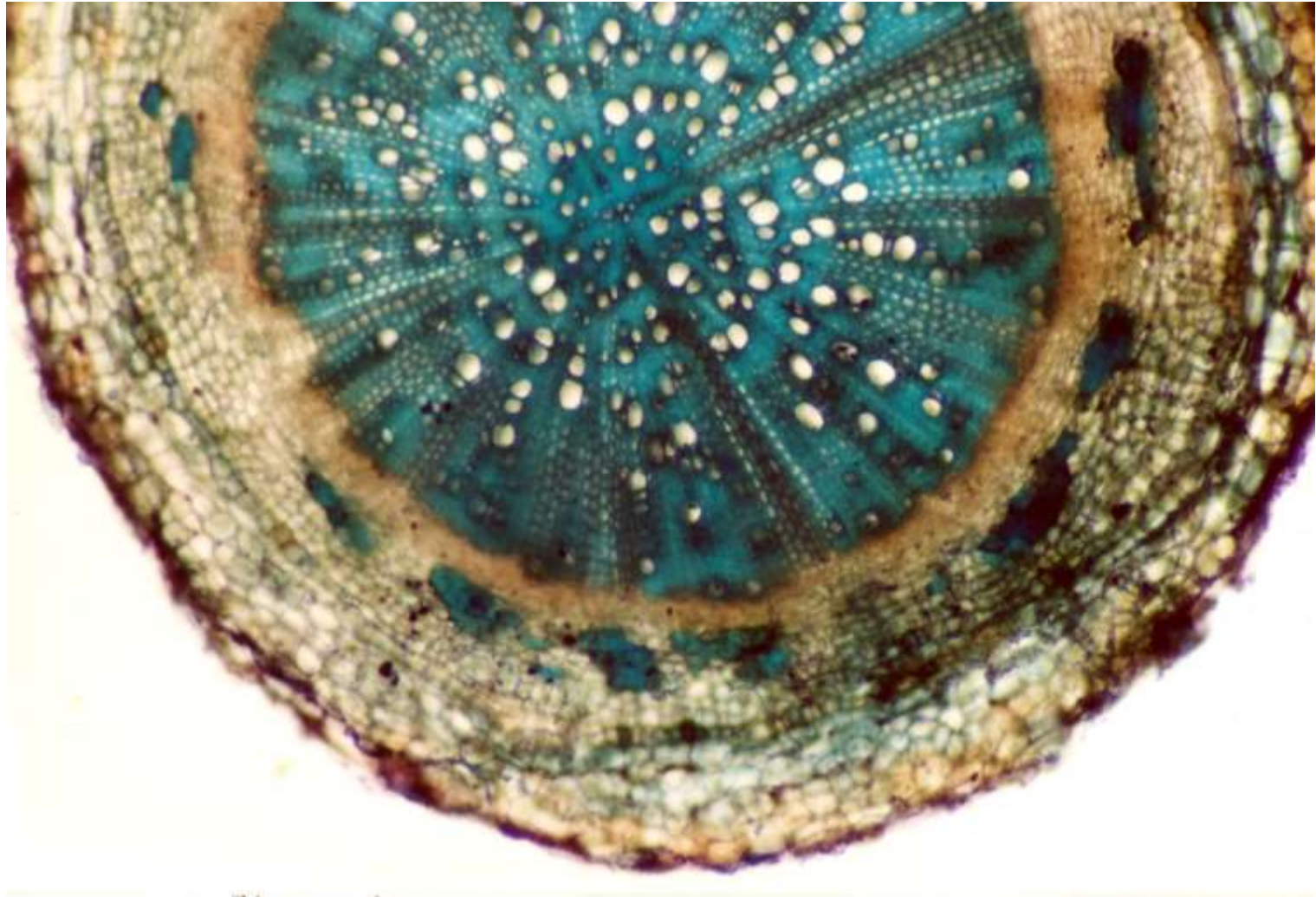
Myrna Herrera

# Tallo de Magnoliopsida con xilema2

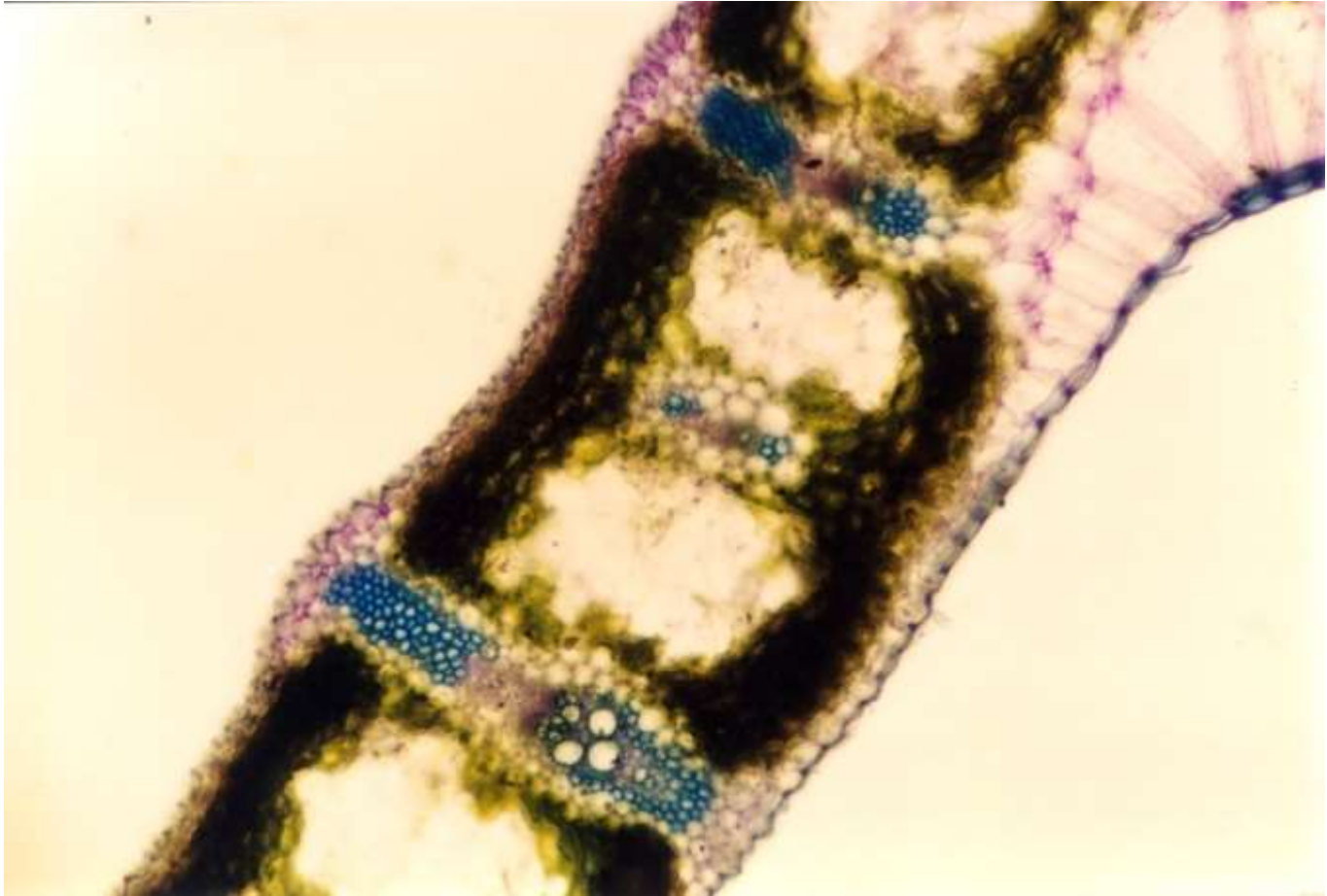


Myrna Herrera

# Raíz de Magnoliopsida con xilema 2



# Xilema en hoja de lirio



Myrna Herrera

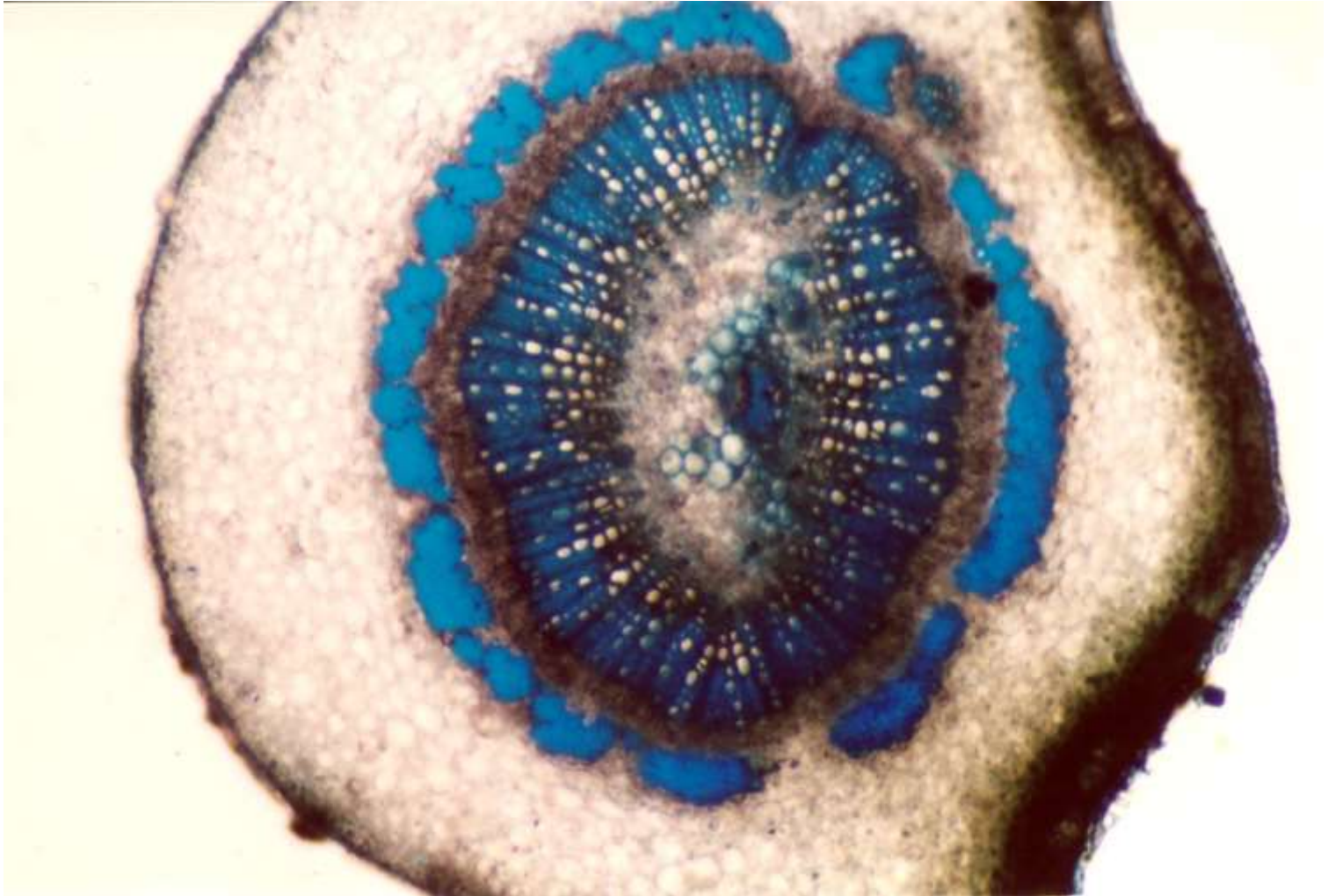
# Xilema en nervadura central Hoja de Alcanfor



Myrna Herrera



# Nervadura central de hoja de Lima



Myrna Herrera

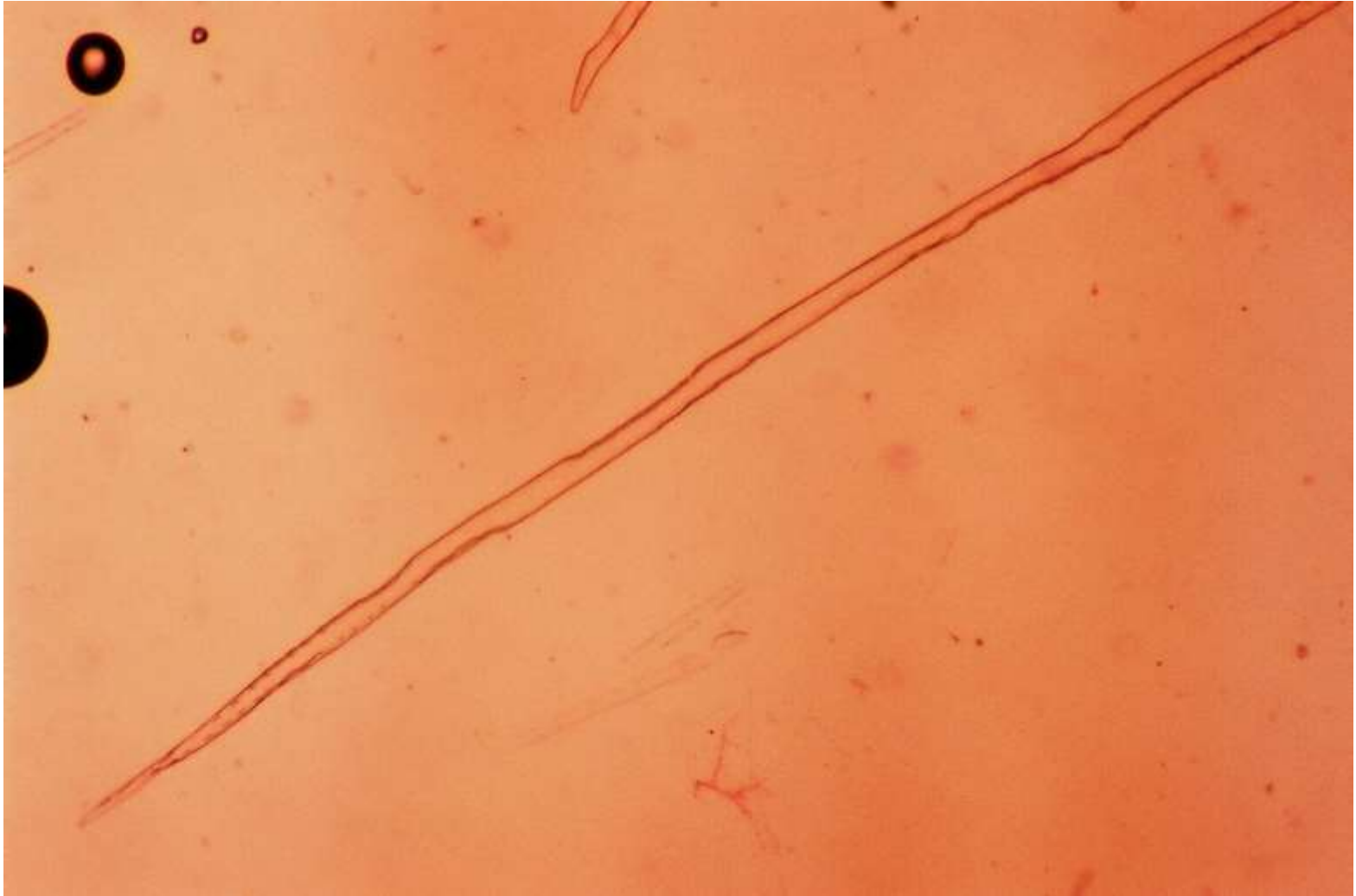
# TIPOS DE CÉLULAS DEL XILEMA

- CÉLULAS CONDUCTORAS
  - TRAQUEIDAS
  - ELEMENTOS DE LOS VASOS DEL XILEMA
- FIBRAS
- CÉLULAS DE PARÉNQUIMA

# TRAQUEIDAS

- Son células largas, puntiagudas; presentan paredes secundarias.
- Tienen punteaduras.
- **FUNCIONES:**
  - Conducen agua y minerales a larga distancia con dirección ascendente.
- Plantas en las que están presentes:
  - Pinophytas, helechos, musgos, otras vasculares inferiores

# Traqueidas en X2 de Ciprés



4x myrna Herrera

# Traqueidas en X2 de Ciprés



# Vista longitudinal de traqueidas en ciprés



4x

Myrna Herrera

# Elementos de los Vasos del Xilema

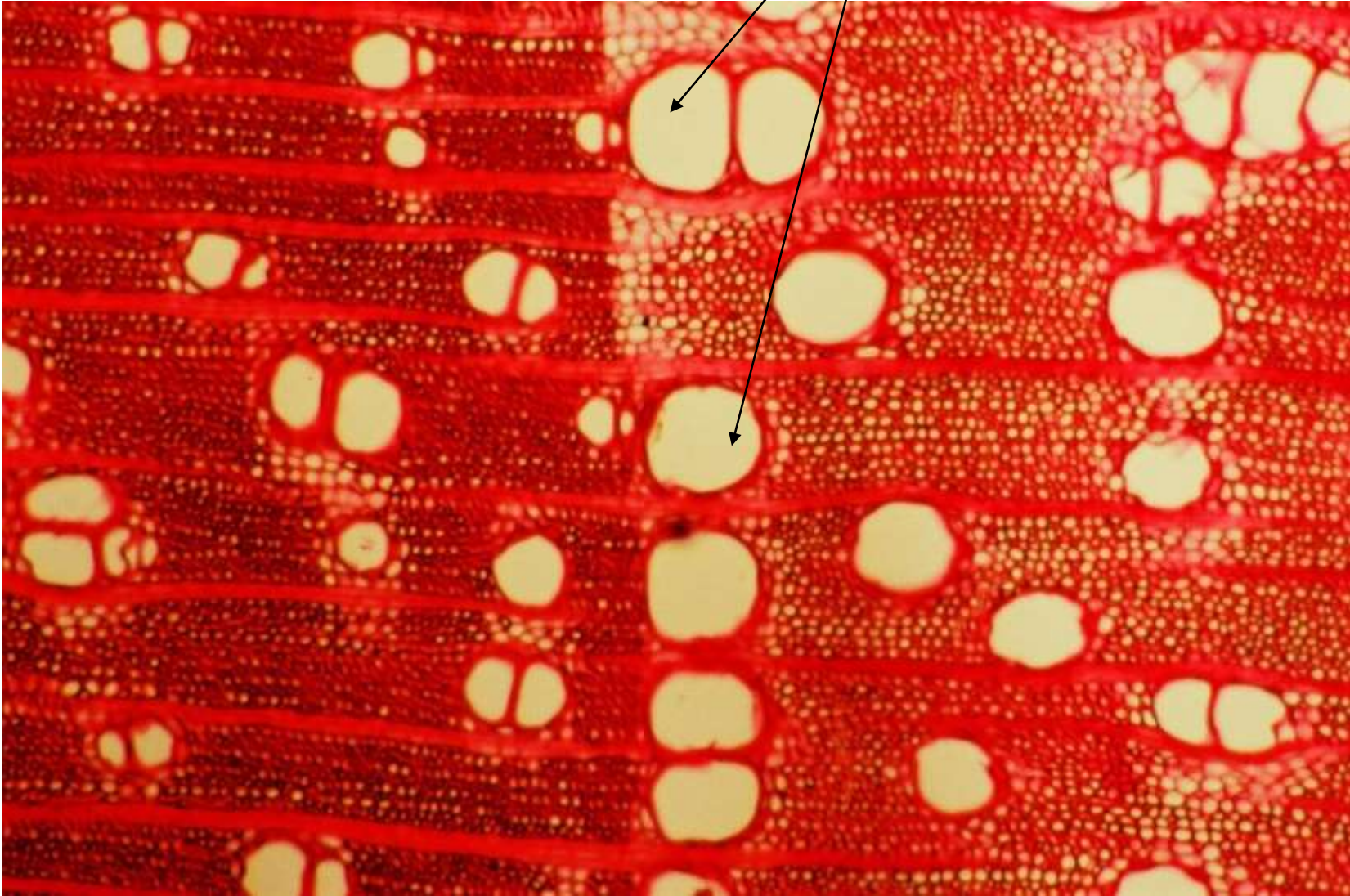
- Son Células cilíndricas, unidas entre sí para formar largos vasos conductores de agua y minerales.
- Presentan paredes secundarias y punteaduras.
- **FUNCIONES:**
- Conducir agua y minerales a largas distancias, en forma ascendente

# Plantas que presentan elementos de los vasos del xilema

- La gran mayoría de Magnoliopsidas.
- Todas las Liliopsidas

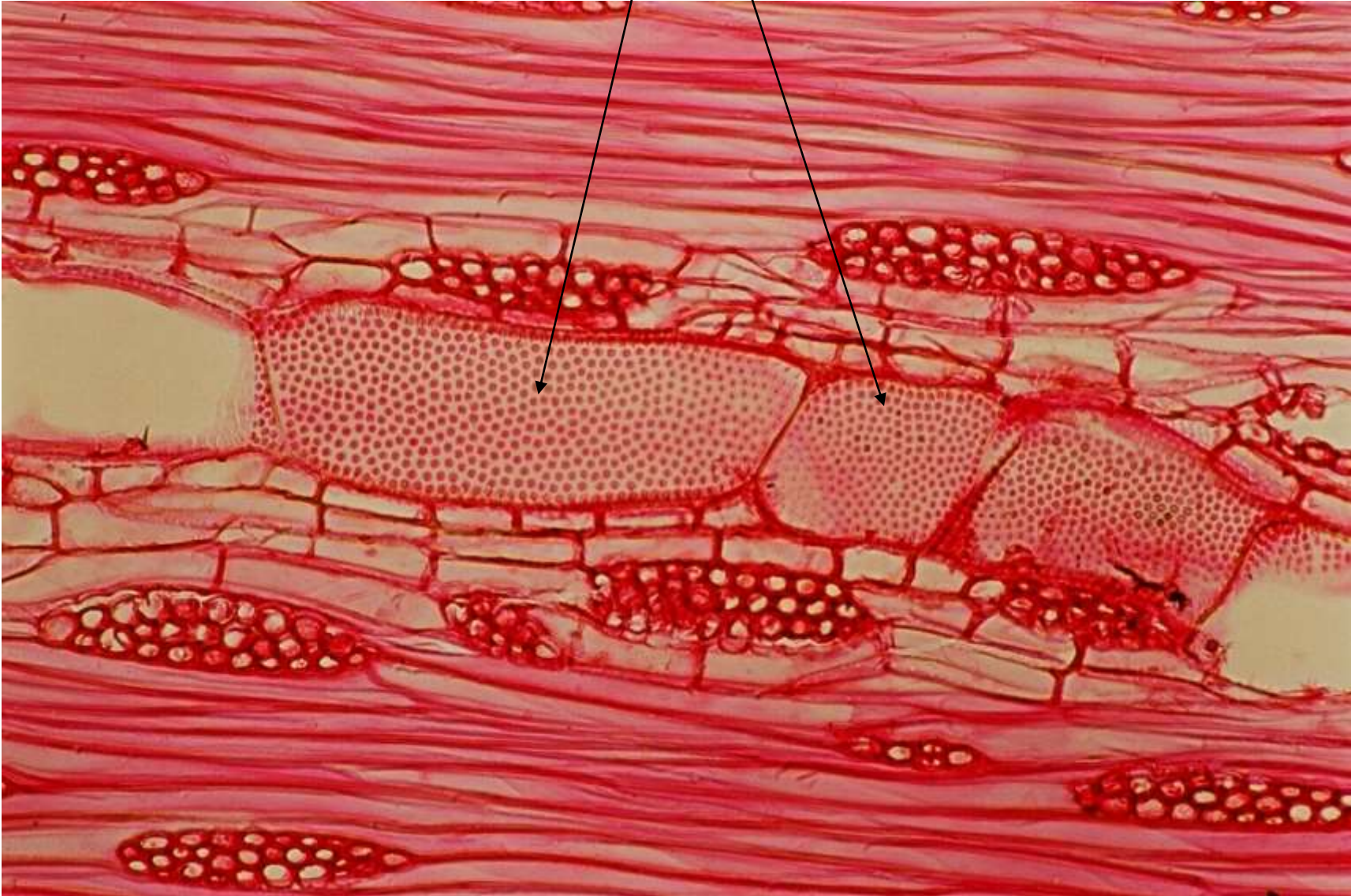


# Elementos de los Vasos del Xilema



40X Myrna Herrera

# Elementos de los Vasos del Xilema



20X

Myrna Herrera

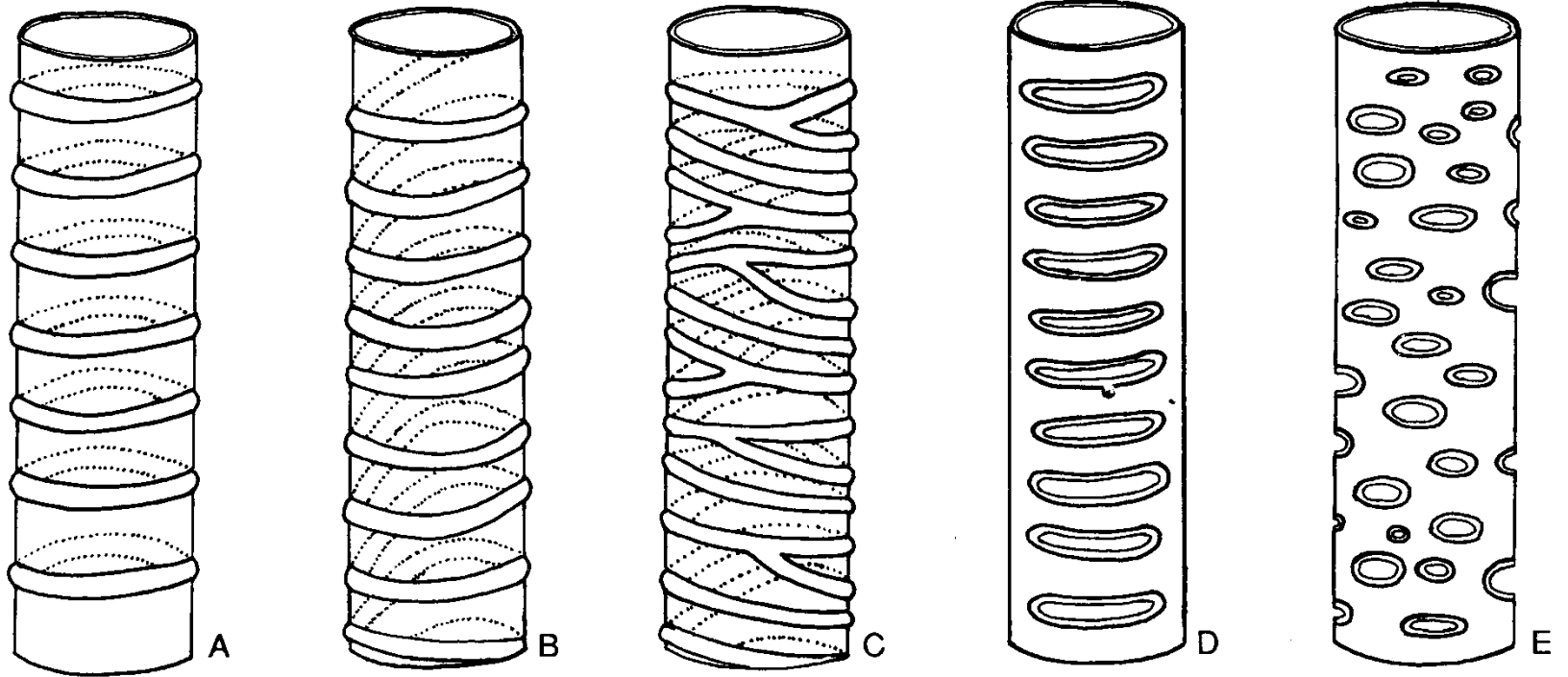
# Elementos de los Vasos del Xilema



40X

Myrna Herrera

# Engrosamiento de la pared secundaria de los elementos de los vasos del xilema



*FIGURA No. 97. Esquema de los engrosamientos secundarios en las paredes laterales de los elementos traqueales. A, anular; B, helicoidal; C, reticulado; D, escalariforme; E, punteado.*

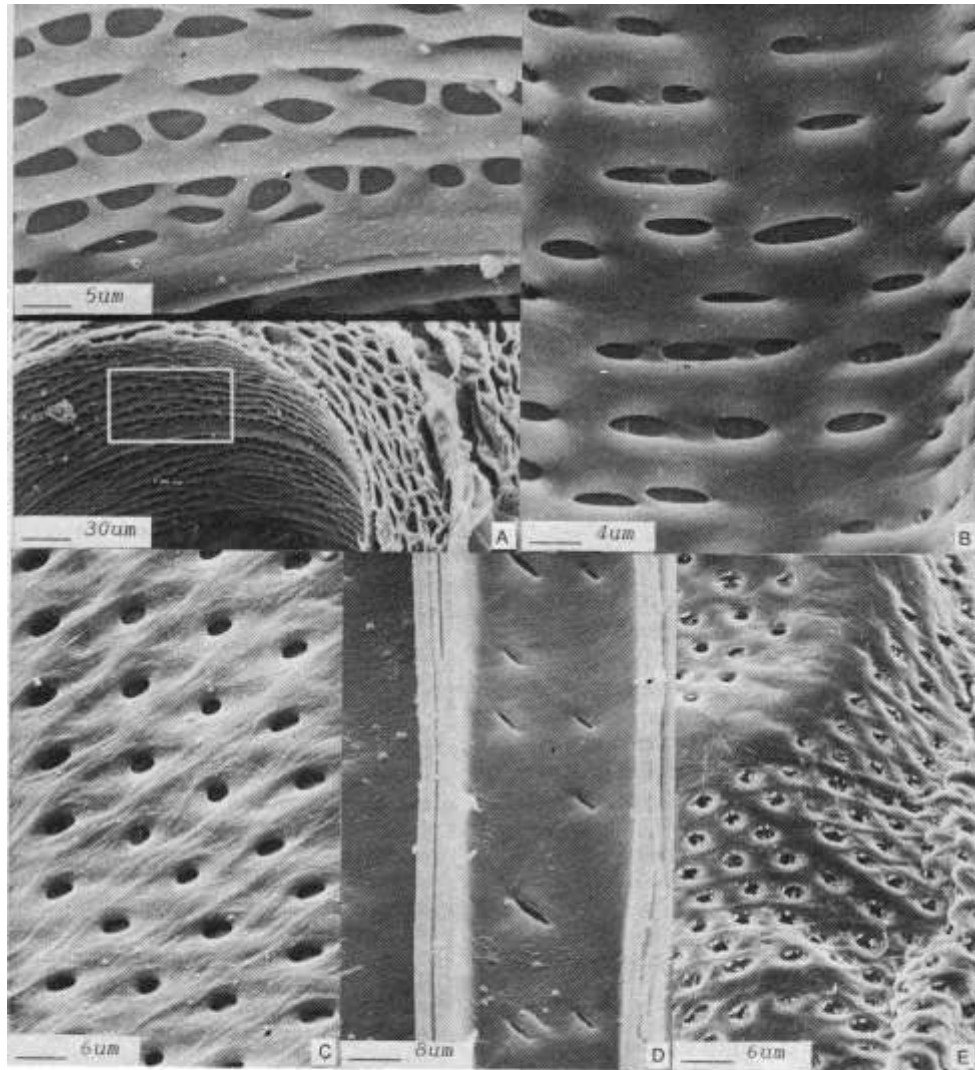
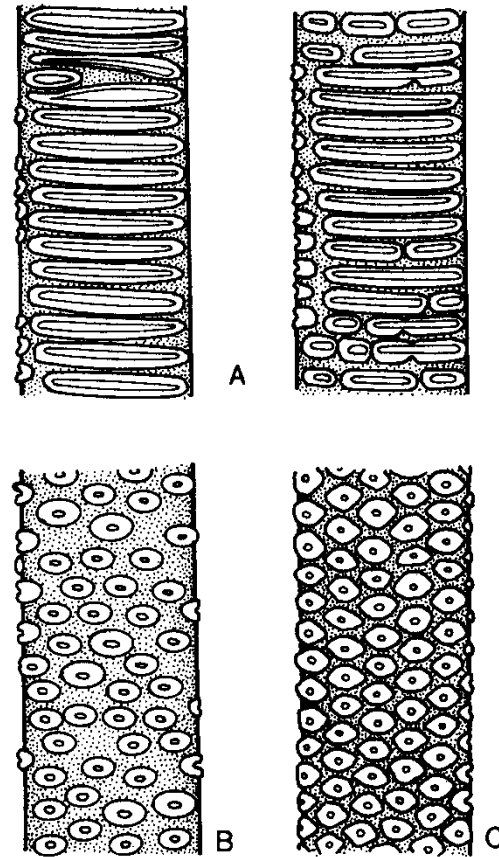


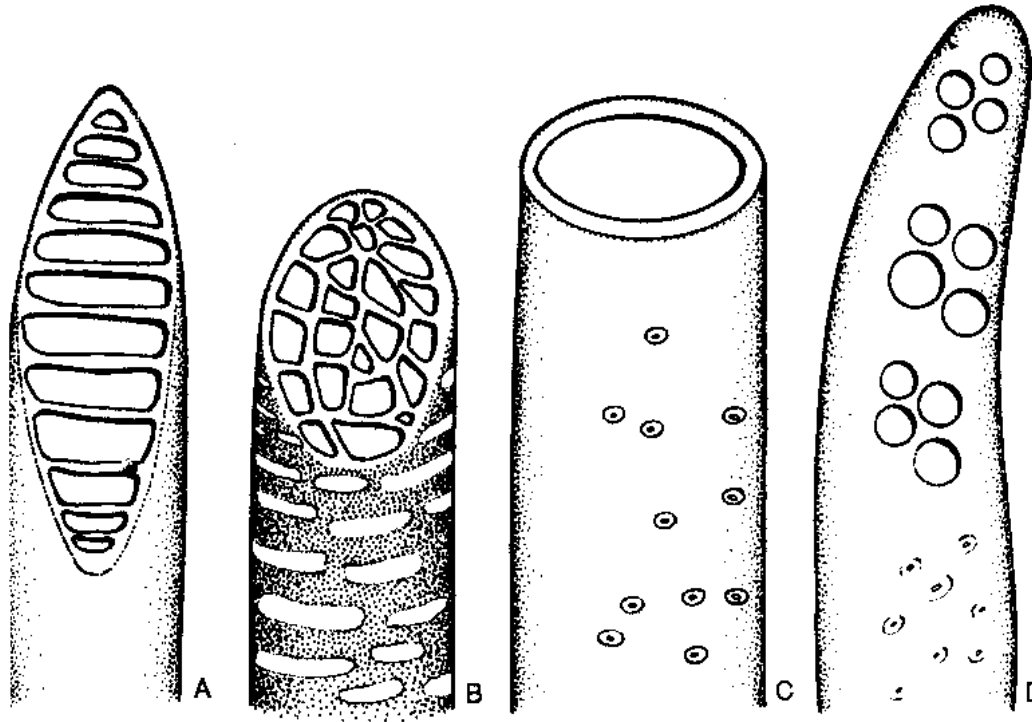
FIGURA No. 98. Variación en la ornamentación de la pared lateral secundaria de diversos elementos traqueales. A y B, reticulada, chayote (*Sechium edule*); C, punteada alterna, sauce (*Salix* sp.); D, simples en fibrotraqueidas de mango (*Mangifera indica*); E, punteadas revestidas alternas, vainillo (*Stryphnodendron excelsum*).

# Tipos de punteaduras en paredes secundarias de elementos de vasos del xilema



*FIGURA No. 100. Tipos de puntuaciones en las paredes laterales de elementos traqueales. A, escalariformes; B, alternas; C, opuestas.*

# Tipos de Placas Perforadas en elementos de los vasos del xilema



*FIGURA No. 101. Esquema de los tipos de placas perforadas en miembros de los vasos. A, escalariforme; B, reticulada; C, simple; D, foraminada (típica de Gimnospermas).*

# Distintos Elementos de los Vasos del Xilema y Fibras del Xilema

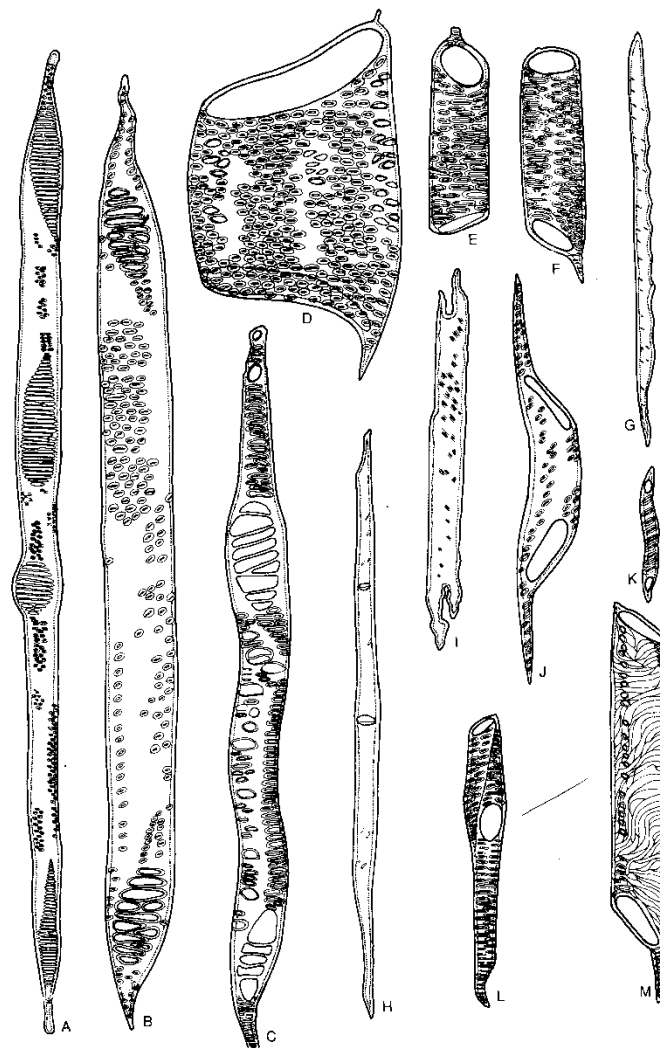


FIGURA No. 104. Esquema de diversos elementos traqueales en el xilema de las dicotiledóneas. A, B, C, elemento de los vasos con placas perforadas escalariformes y crecimiento intrusivo en sus extremos terminales; D, elemento de los vasos cortos con puntuaciones alternas y placa perforada simple; E, F, elementos de los vasos cortos con puntuaciones escalariformes y los extremos perforados; G, fibra libriforme; H, fibra septada; I, fibra libriforme con extremos ramificados; J, elemento de los vasos con crecimiento intrusivo y placa perforada simple; K, L, elementos de los vasos con puntuaciones escalariformes y placa perforada simple; M, elemento de los vasos con crecimientos terciarios anastomosados y doble perforación en sus extremos.



# TÍLIDES

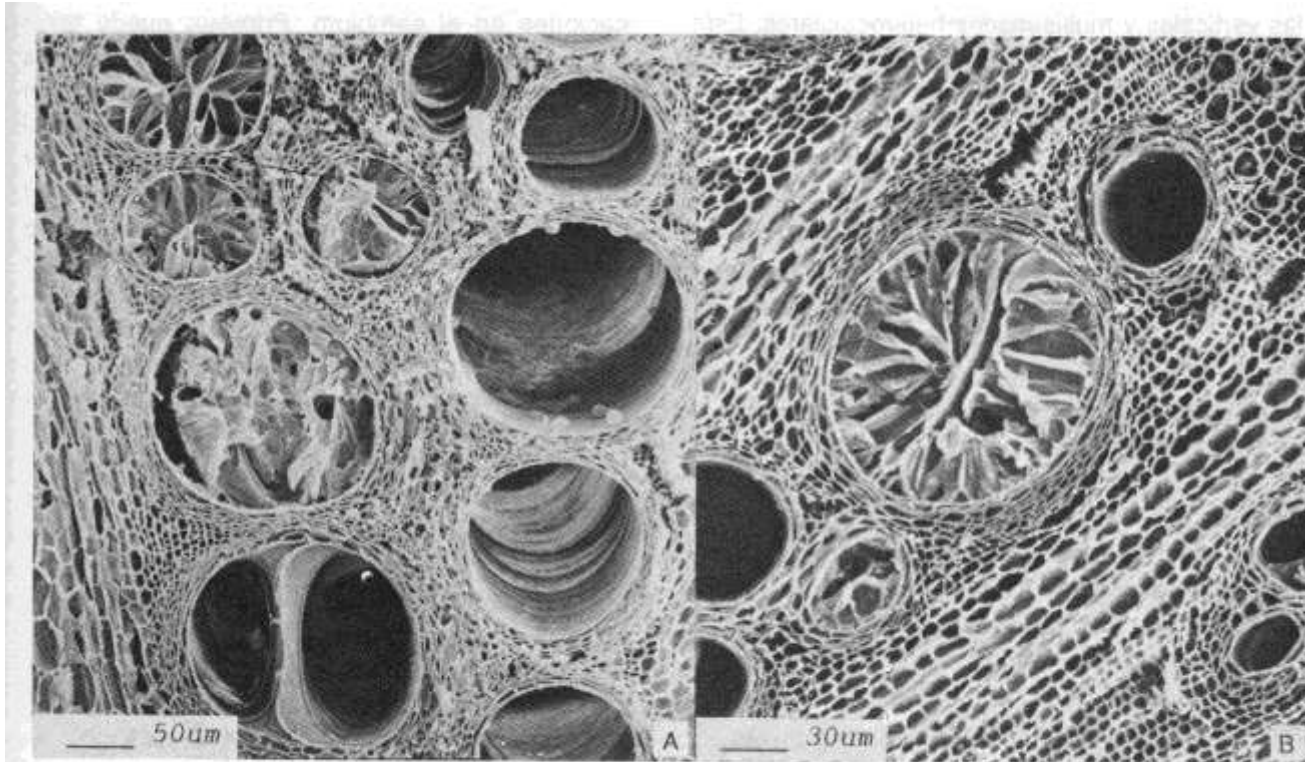
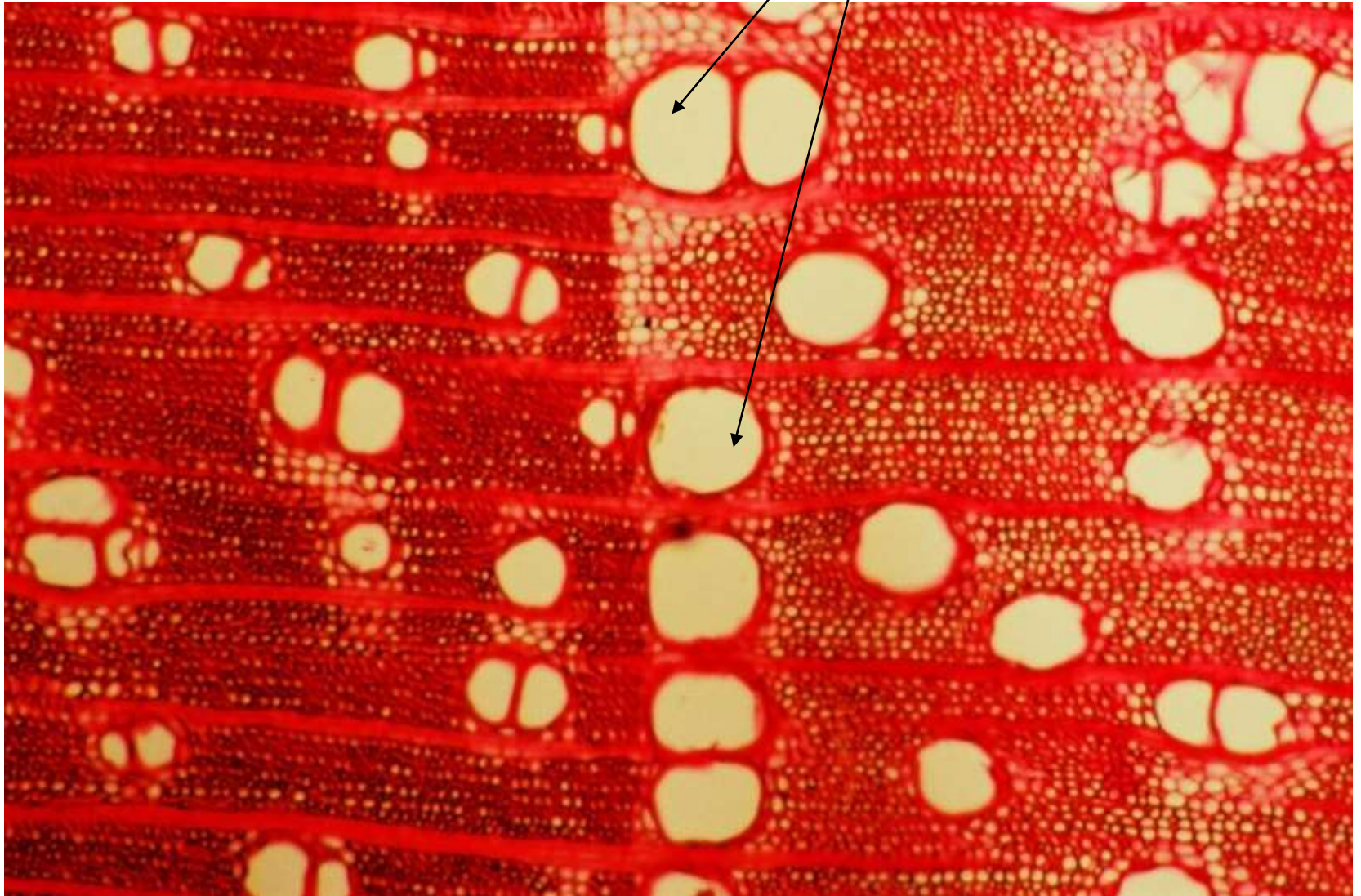
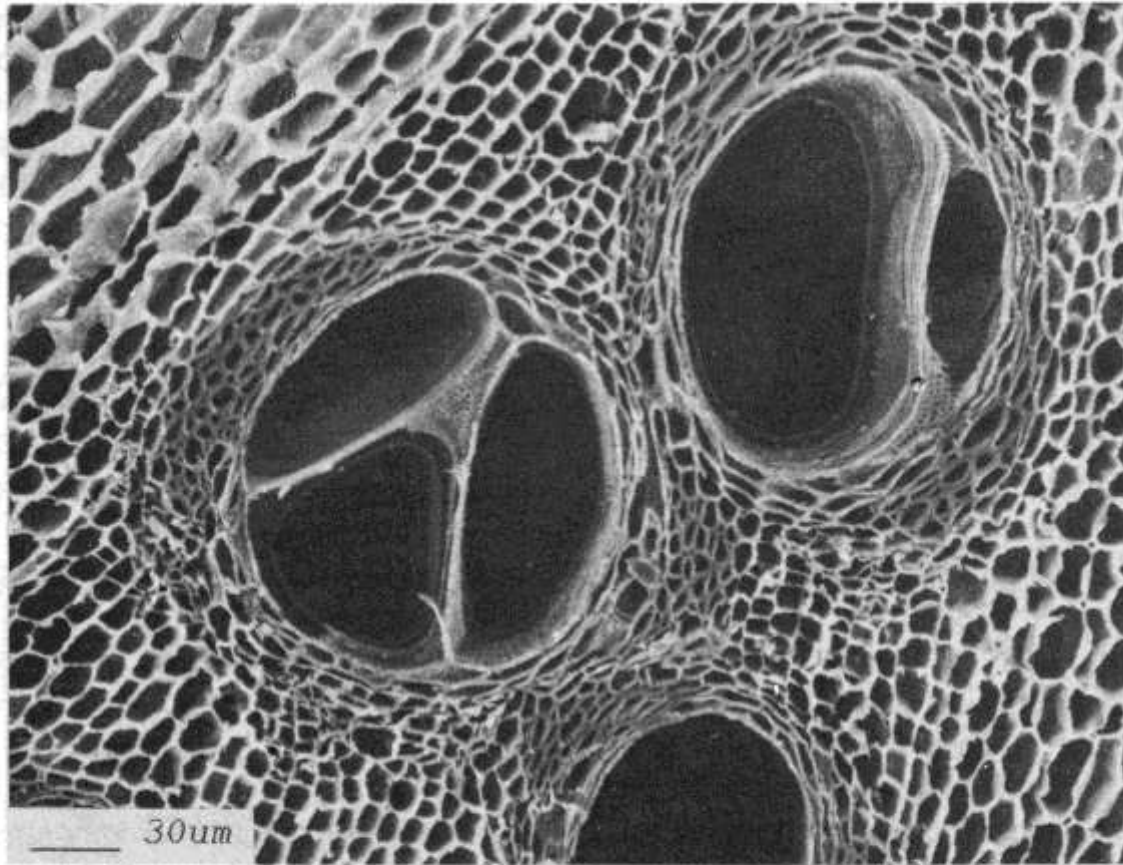


FIGURA No. 115. Tráquides en el xilema secundario del tallo de dos Cucurbitaceae. A, chayote (*Sechium edule*); B, tacaco (*Sechium tacaco*; Sin. *Polakowskia tacaco*).

# Vasos del Xilema Simples y Múltiples

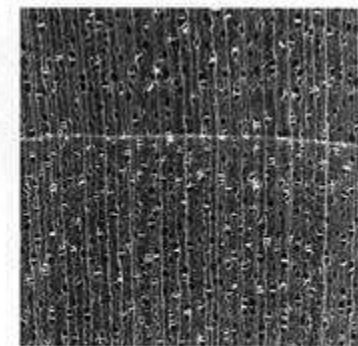
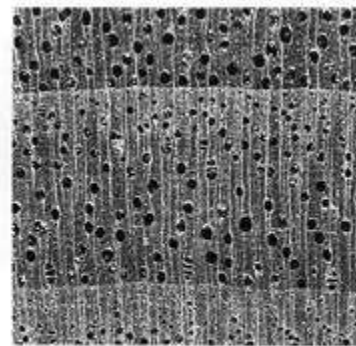
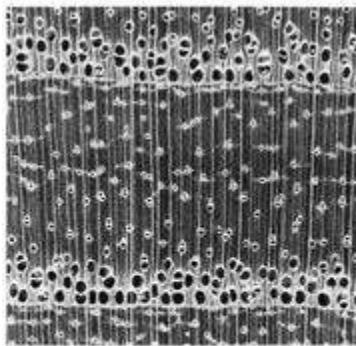
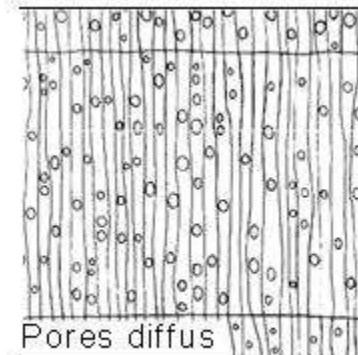
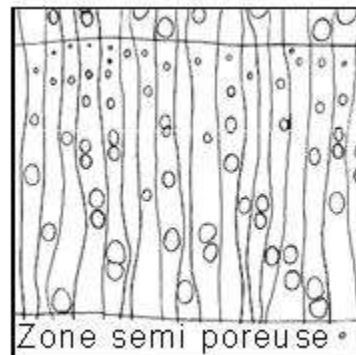
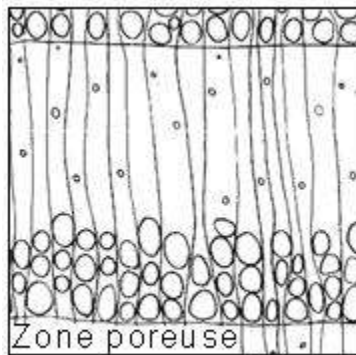


# Vasos de xilema o Poros múltiples



*FIGURA No. 116. Sección transversal del xilema secundario de chayote (**Sechium edule**) con poros múltiples. Obsérvense las paredes aplanadas de los miembros de los vasos en las áreas de contacto.*

# POROSIDAD: Distribución de los poros o vasos de xilema en el anillo.



Poros circulares

Poros semi-circulares

Poros difusos

Poros anulares

Poros semi-anulares

Poros Difusos

# FIBRAS

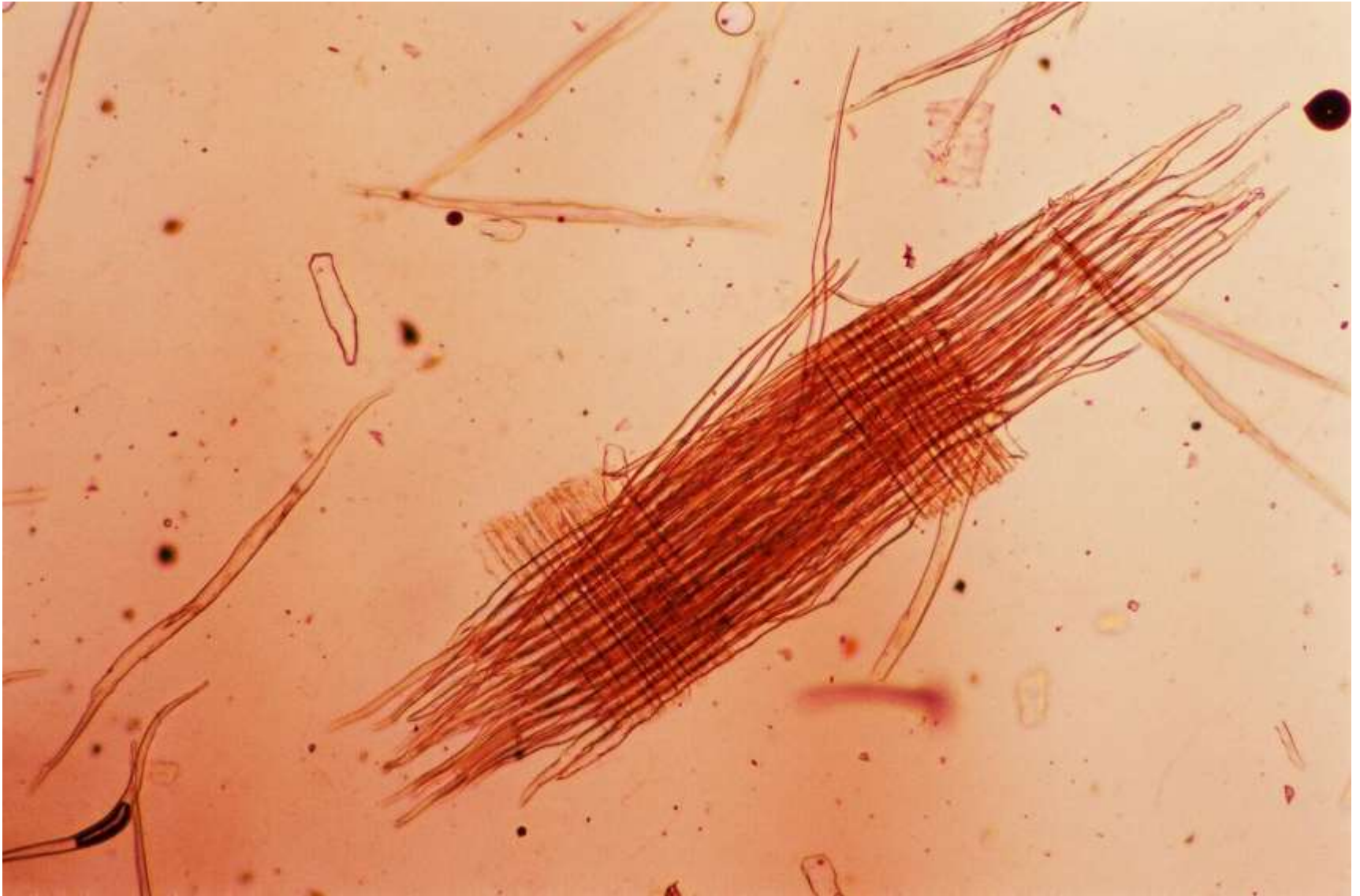
- FUNCIONES.
  - Dar sostén y soporte mecánico al xilema.
- Plantas que las presentan: Todas las Magnoliophytas o plantas con Flores, tanto en xilema primario como en xilema secundario.

# Fibras en xilema secundario de Melina



10X Myrna Herrera

# Fibras en xilema secundario de Palo Blanco



4X Myrna Herrera

# Fibras en xilema secundario de Palo Blanco



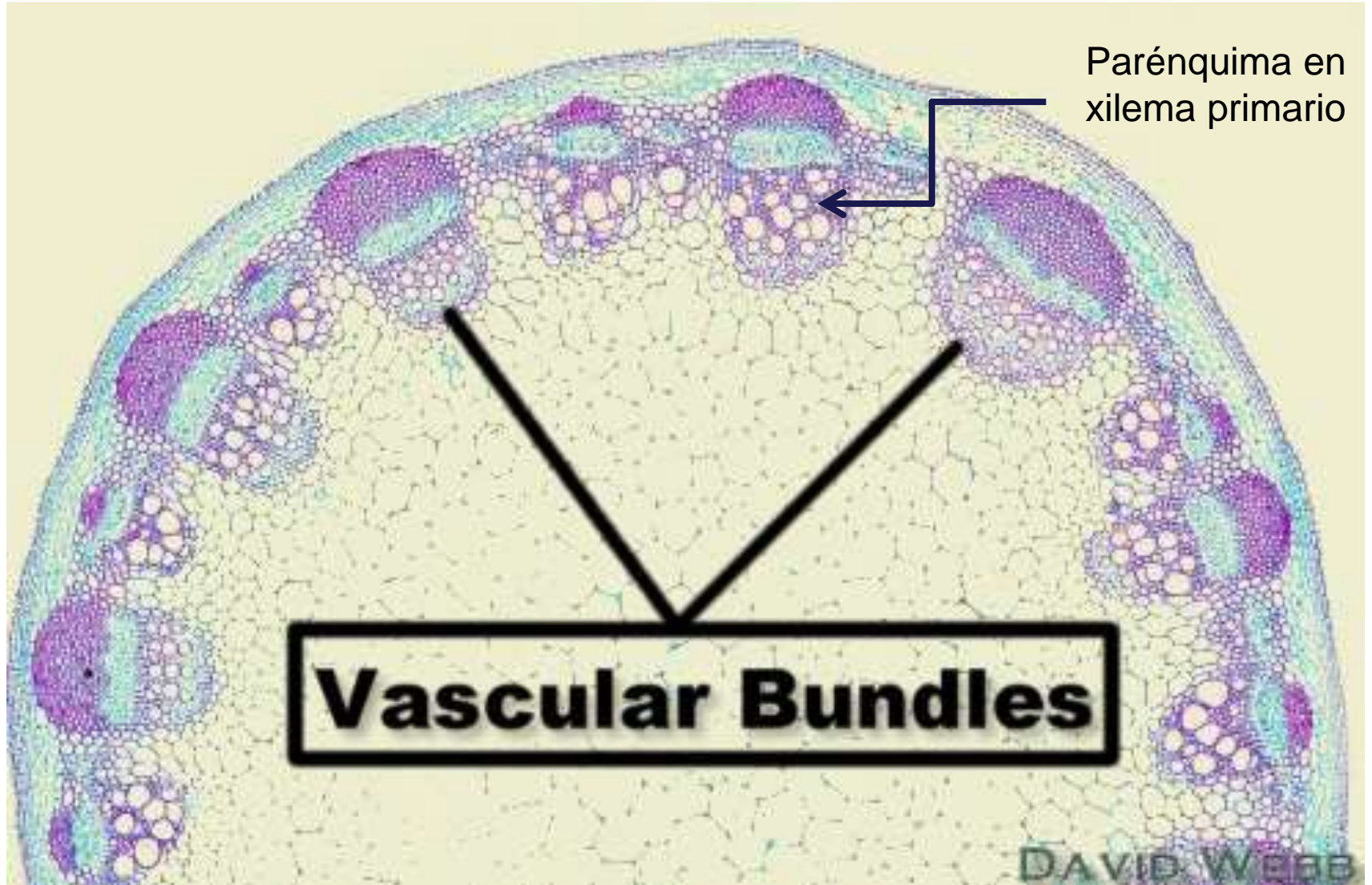
10X Myrna Herrera



# PARÉNQUIMA

- **FUNCIONES:**
  - Almacenamiento de sustancias de reserva como almidón y agua.
  - Transporte de agua a corta distancia, especialmente en dirección horizontal
- **PLANTAS QUE LAS PRESENTAN:**
  - Todas, tanto en X1 como en X2

# Tallo dicotiledonea con crecimiento primario



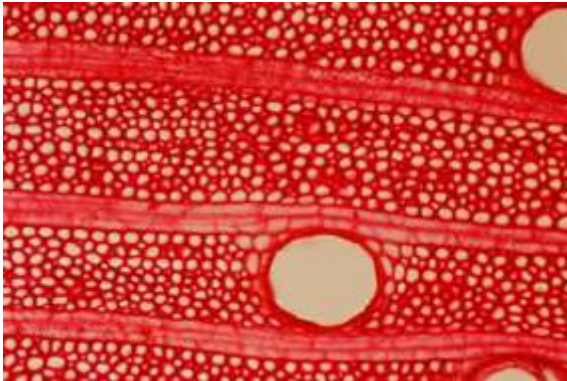
# Tipos de parénquima del Xilema secundario

- Radial: en los rayos de parénquima o rayos de xilema
- Axial: Independiente de los rayos de parénquima

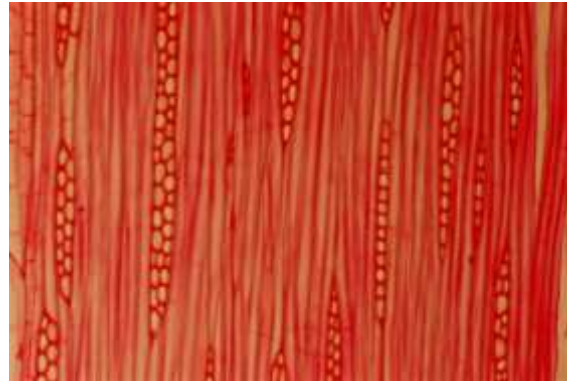
# Parénquima Radial: en los rayos de parénquima o rayos de xilema

TECA

Rayos en corte transversal



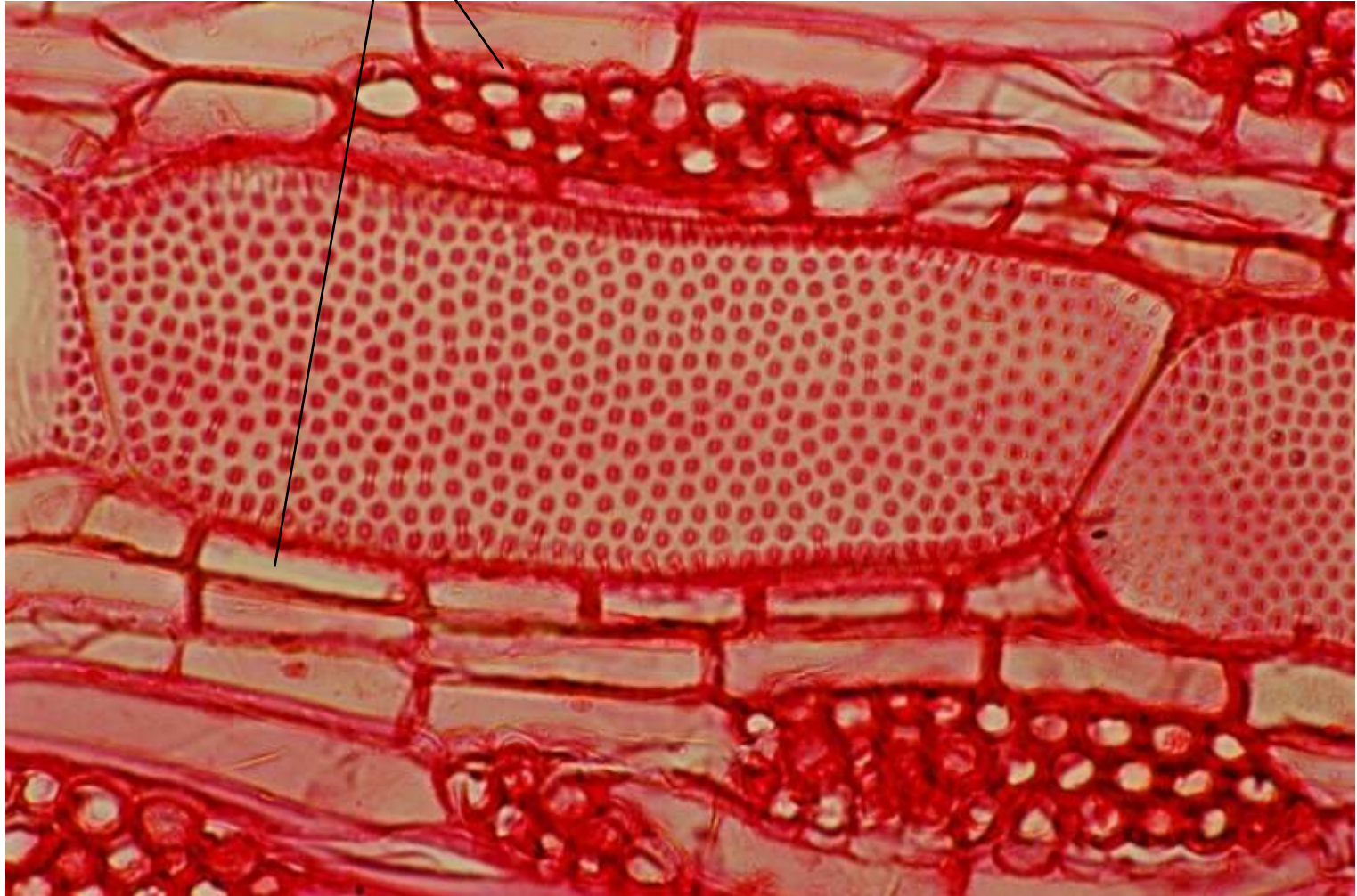
Rayos en corte Long. Tang.



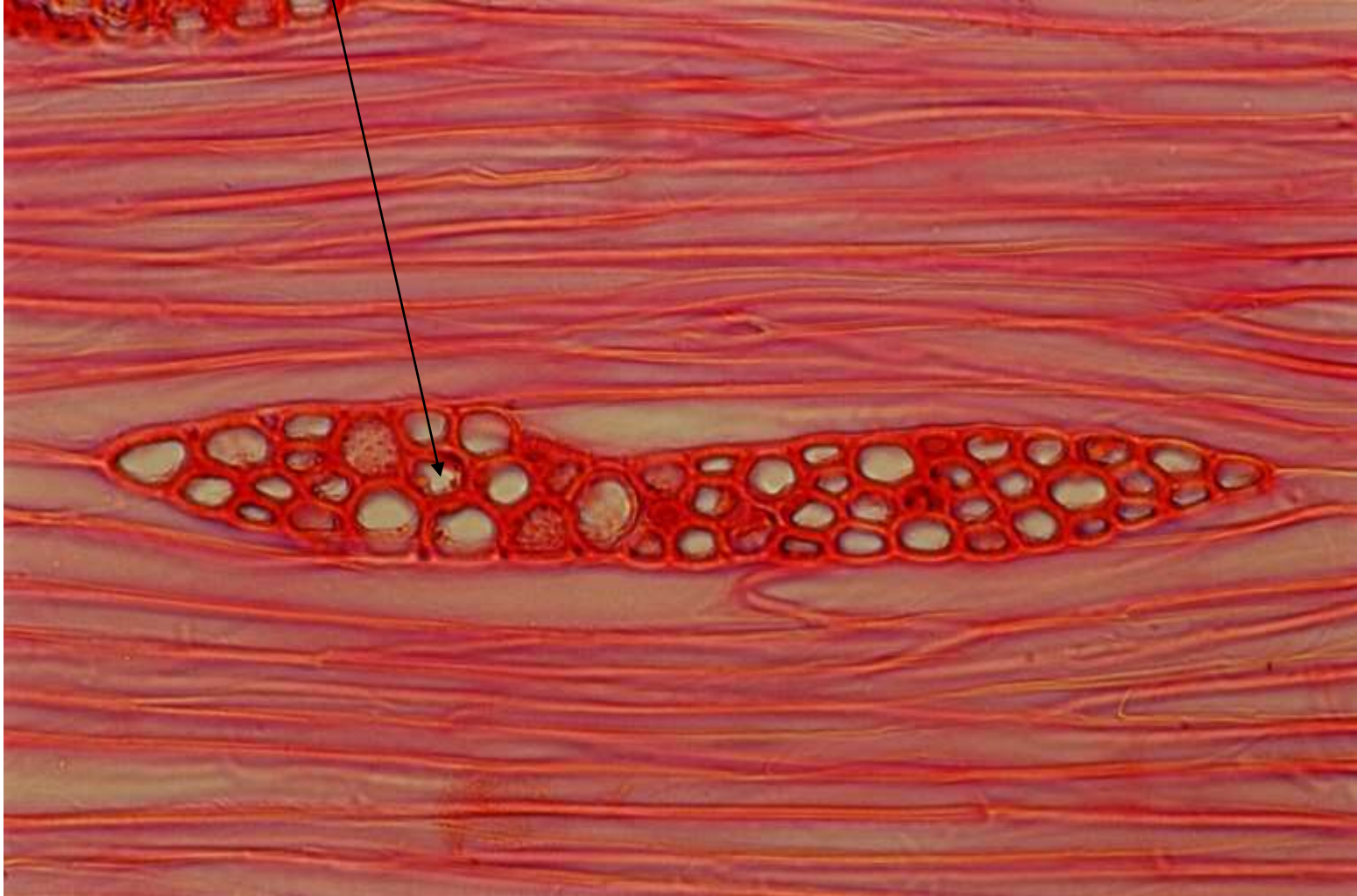
Rayos en corte Long. Radial



# Parénquima en Xilema2 de Palo Blanco



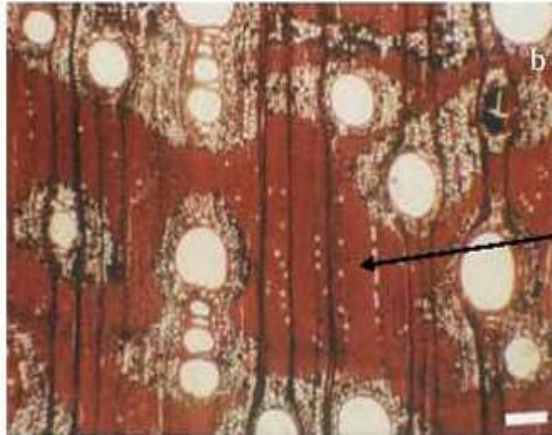
# Rayos de Parénquima en Xilema2 de Palo Blanco



# Clasificación del Parénquima axial:

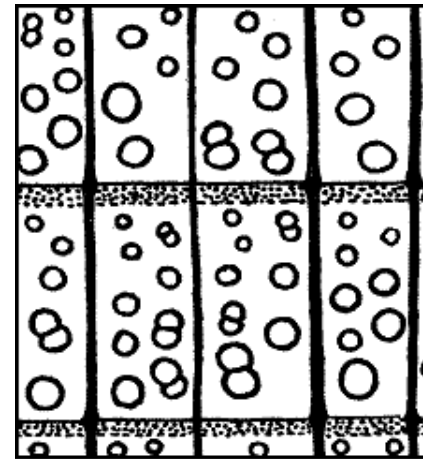
- Parénquima Apotraqueal: Independiente de los vasos del xilema.
- Parénquima Paratraqueal: Asociado y en contacto con los vasos del xilema.

# Parénquima apotraqueal

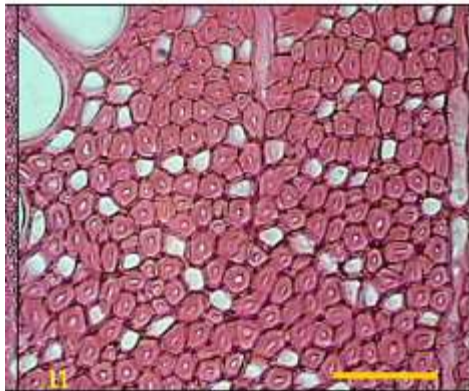


Apotraqueal  
Difuso

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/rt/printerFriendly/3023/4656>

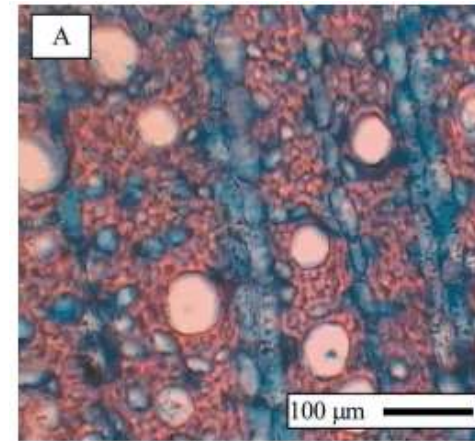


Apotraqueal  
Bandeado  
marginal



Apotraqueal  
Difuso en  
agregados

[http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2007000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2007000100006&script=sci_arttext)



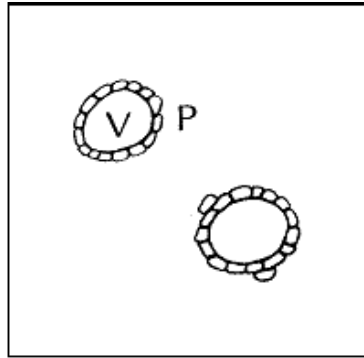
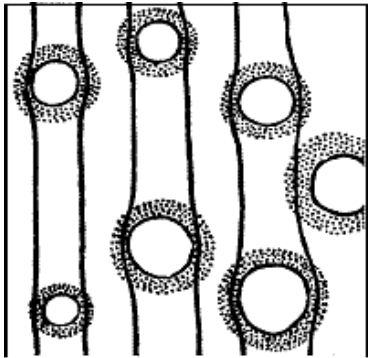
Apotraqueal  
Bandeado  
con  
tendencia a  
reticulado

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-23722012000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-23722012000200006&script=sci_arttext)

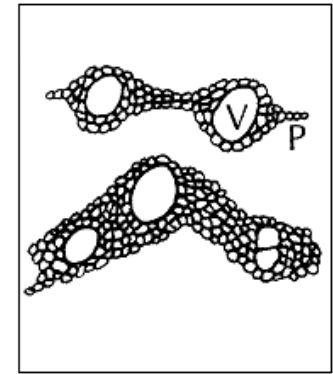
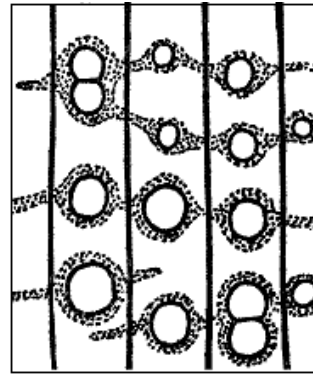


# Parénquima Paratraqueal

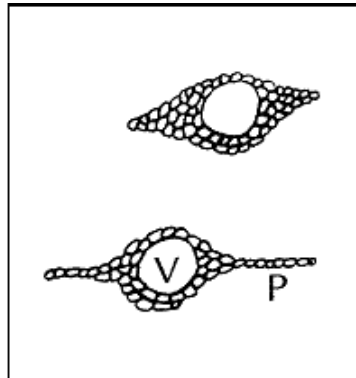
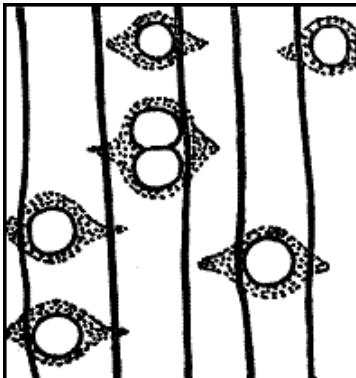
## Paratraqueal Vasicéntrico



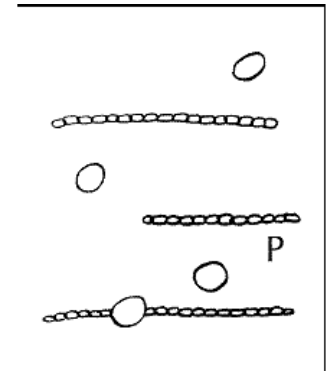
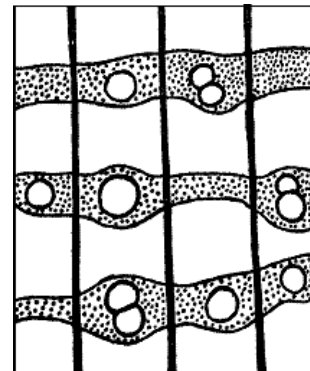
## Paratraqueal Aliforme Confluente



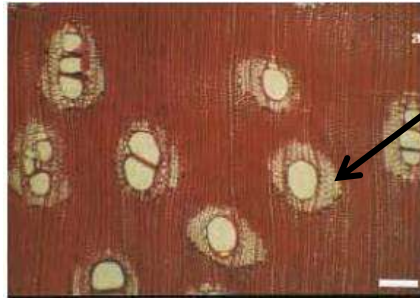
## Paratraqueal Aliforme



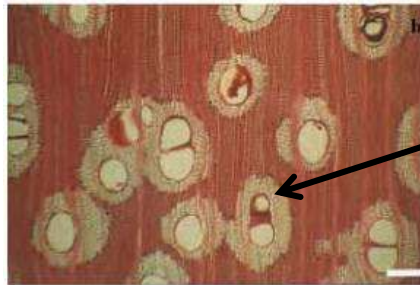
## Paratraqueal en bandas



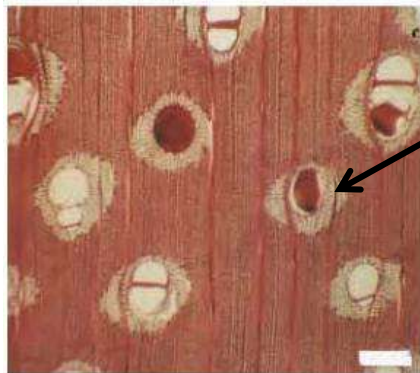
# Parénquima Paratraqueal



Paratraqueal  
Aliforme

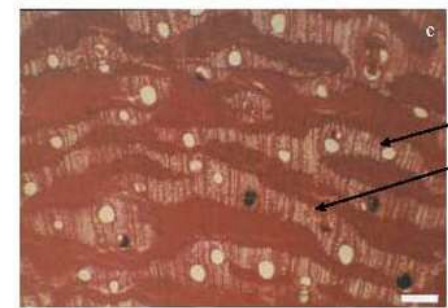


Paratraqueal  
Aliforme  
confluente



Paratraqueal  
Aliforme

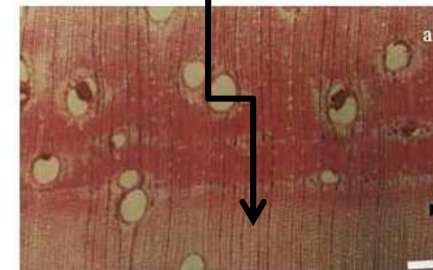
Paratraqueal en  
bandas



Parénquima  
en bandas  
anchas

Sección transversal de *Pentaclethra maculosa* (a), *Samanea saman* (b) y *Zygia longifolia* (c)

Paratraqueal bandeado  
terminal



**Figura 1.** Sección transversal de *Abarema jupunba* var. *trapezifolia* (a), *Albizia niopoides* (b) y *Enterolobium schomburgkii* (c) (barra = 300  $\mu$ m).

León-H., W.J. (2008). Anatomía de madera en 31 especies de la subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela. *Colombia Forestal*, 11, 113-136.

# Esquema de un trozo de madera de pino (*Pinus hondurensis*)

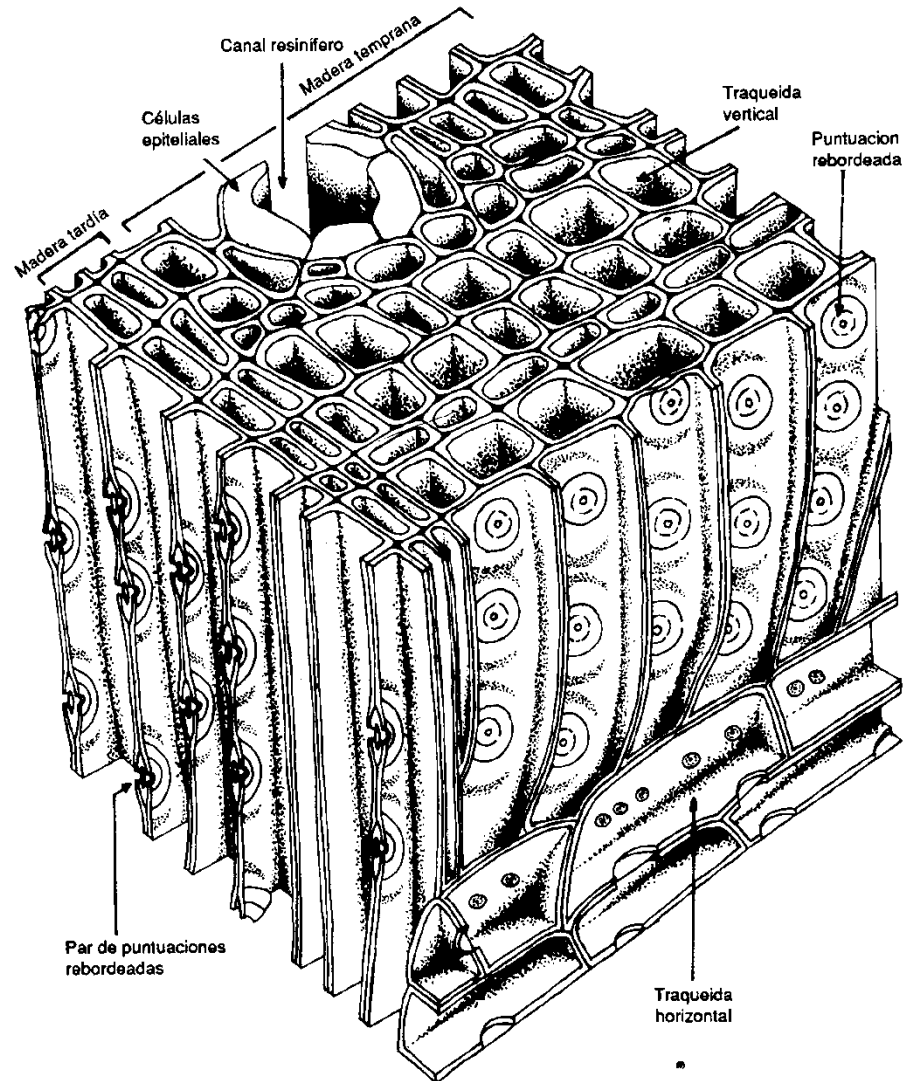
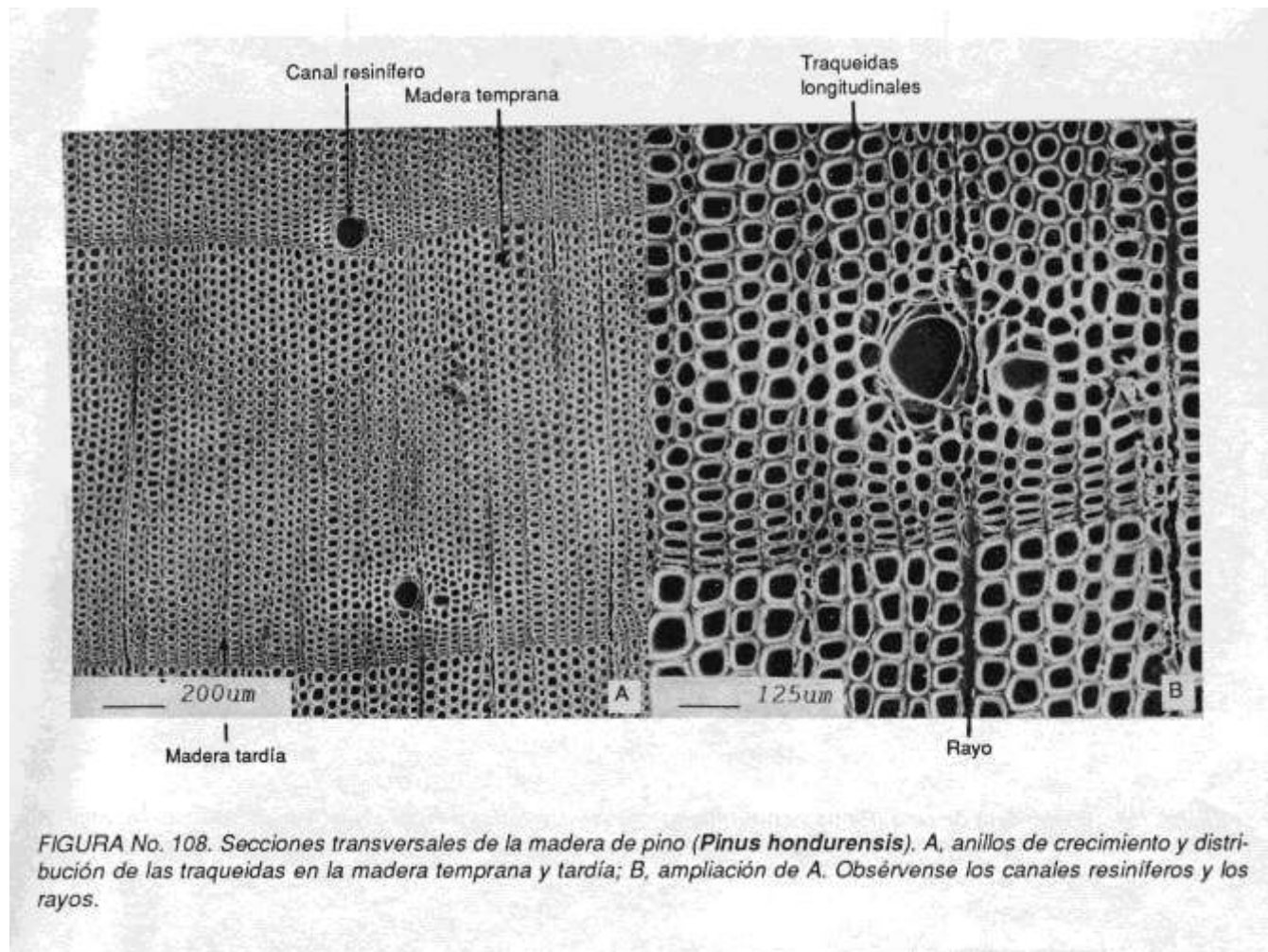


FIGURA No. 107. Esquema de un trozo de madera de pino (*Pinus hondurensis*).

## Secciones transversales de madera de pino: Madera temprana y madera tardía



# Esquema de un trozo de madera de una Magnoliophyta o Angiosperma

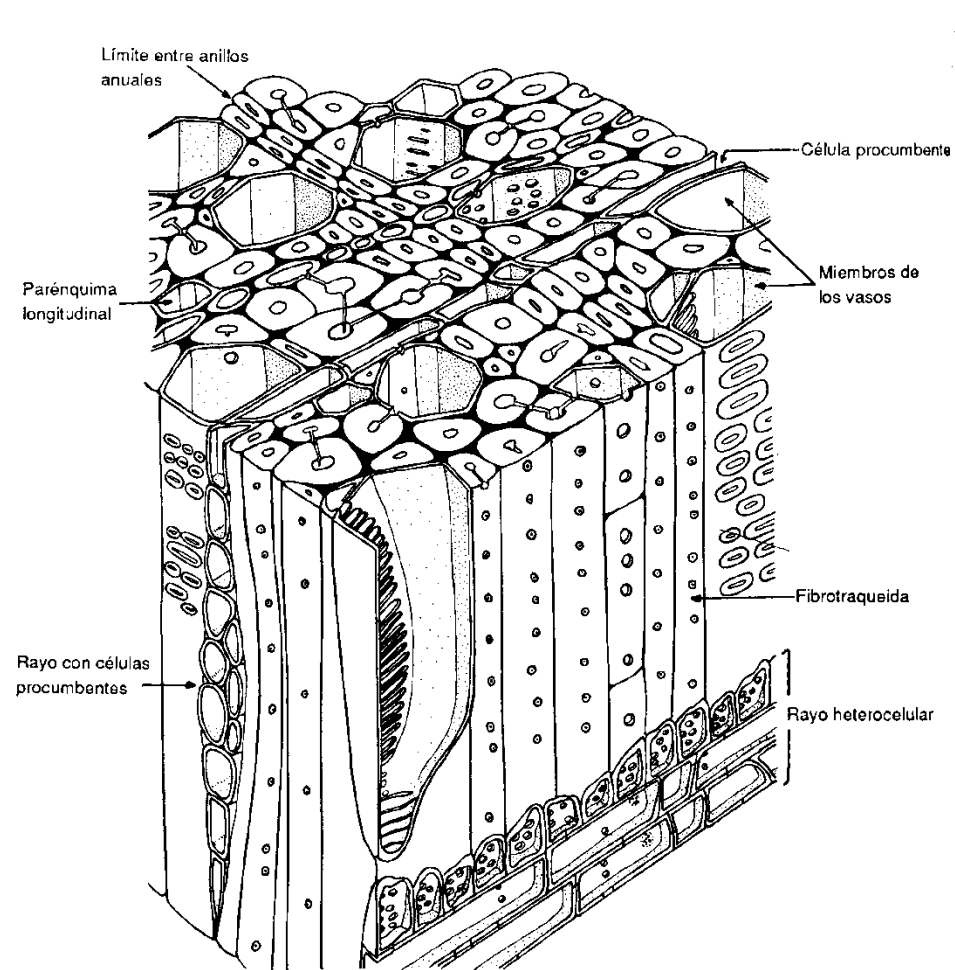
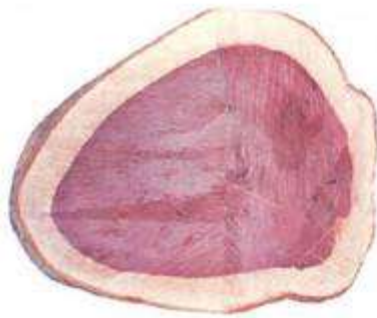


FIGURA No. 114. Bloque diagramático de una dicotiledónea que muestra células del sistema axial y radial en xilema secundario, en cortes radial, transversal y tangencial. Una pequeña porción del cambium vascular se ve a la derecha del dibujo.

# CARÁCTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LA MADERA

# DURAMEN Y ALBURA



Albura y duramen  
Claramente diferenciado



Albura y duramen  
poco diferenciado



Albura y duramen  
no diferenciado

# TEXTURA DE LA MADERA



Textura Gruesa



Textura Media



Textura Fina

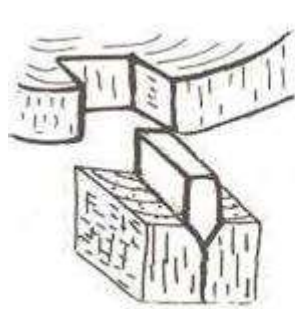


## GRANO:

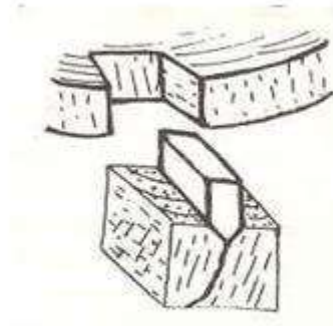
Es la orientación de los elementos longitudinales de la madera con respecto al eje longitudinal del tronco.

- **Grano recto:** cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos rectos con respecto al eje del árbol. Ejemplo: Caoba, Cedro, etc.
- **Grano oblicuo:** cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos agudos con respecto al eje del árbol. Ejemplo: Diablo Fuerte, Tornillo, etc.
- **Grano entrecruzado:** cuando la dirección de los elementos leñosos se encuentran en dirección alterna u opuesta haciendo que la separación de la madera sea difícil. Ejemplo: Congona, Shihuahuaco, Estoraque, Capirona, Huayruro, etc.

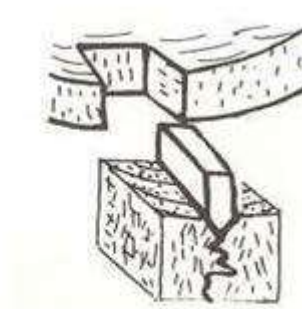
# Tipos de Grano



Grano recto



Grano inclinado



Grano entrecruzado

<http://www.monografias.com/trabajos75/manual-identificacion-maderas-forestales/manual-identificacion-maderas-forestales2.shtml>

# Figura, Veteado o Veta

- Dibujos observables en vista longitudinal pulida (tangencial o radial) de la madera, debido a la disposición de los anillos de crecimiento, dirección del grano y/o distribución del color, radios leñosos y parénquima, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos (Chavesta).

# Figura o Veteado (Veta)

- TIPOS DE VETA:
- de bandas paralelas,
- satinado,
- Jaspeado,
- ondulado,
- De arcos superpuestos.

# TIPOS DE VETA



Arcos superpuestos



jaspeado

**Arcos superpuestos:** característica dada principalmente por los anillos de crecimiento y visible sólo en corte tangencial de algunas maderas como cedro y caoba.

**Jaspeado:** visible solo en corte radial y en especies que poseen radios anchos, pues son los responsables de este diseño. Al realizar el corte radial, el plano de seccionamiento sigue una dirección paralela a los radios y si estos son visibles se presentan como manchas o bandas

# Tipos de Veta



Bandas paralelas



satinado

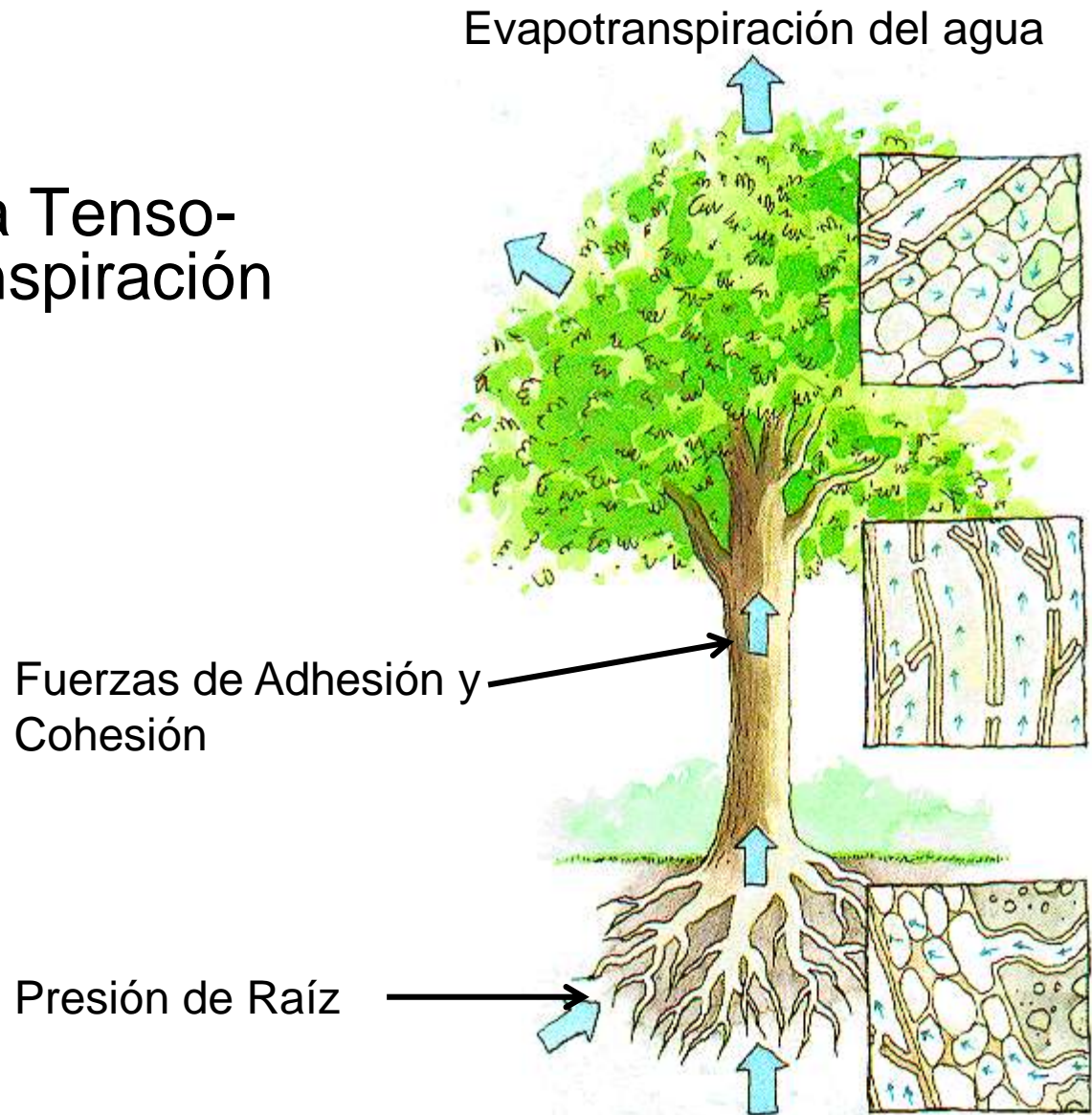
**Bandas paralelas:** observable en corte radial, en especies que tienen anillos de crecimiento bien marcados o abundancia de tejido parenquimático. Ejemplo Pinos.

**Satinado:** el factor determinante de este diseño es el grano entrecruzado. Se ve en secciones radiales y se caracteriza por la presencia de franjas o bandas claras y oscuras paralelas entre sí. Dentro de cada franja, los elementos leñosos siguen una dirección oblicua y paralela entre ellos, pero formando ángulos con los elementos del leño presentes en las bandas adyacentes.

# Teoría de la Tenso-Coheso-Transpiración

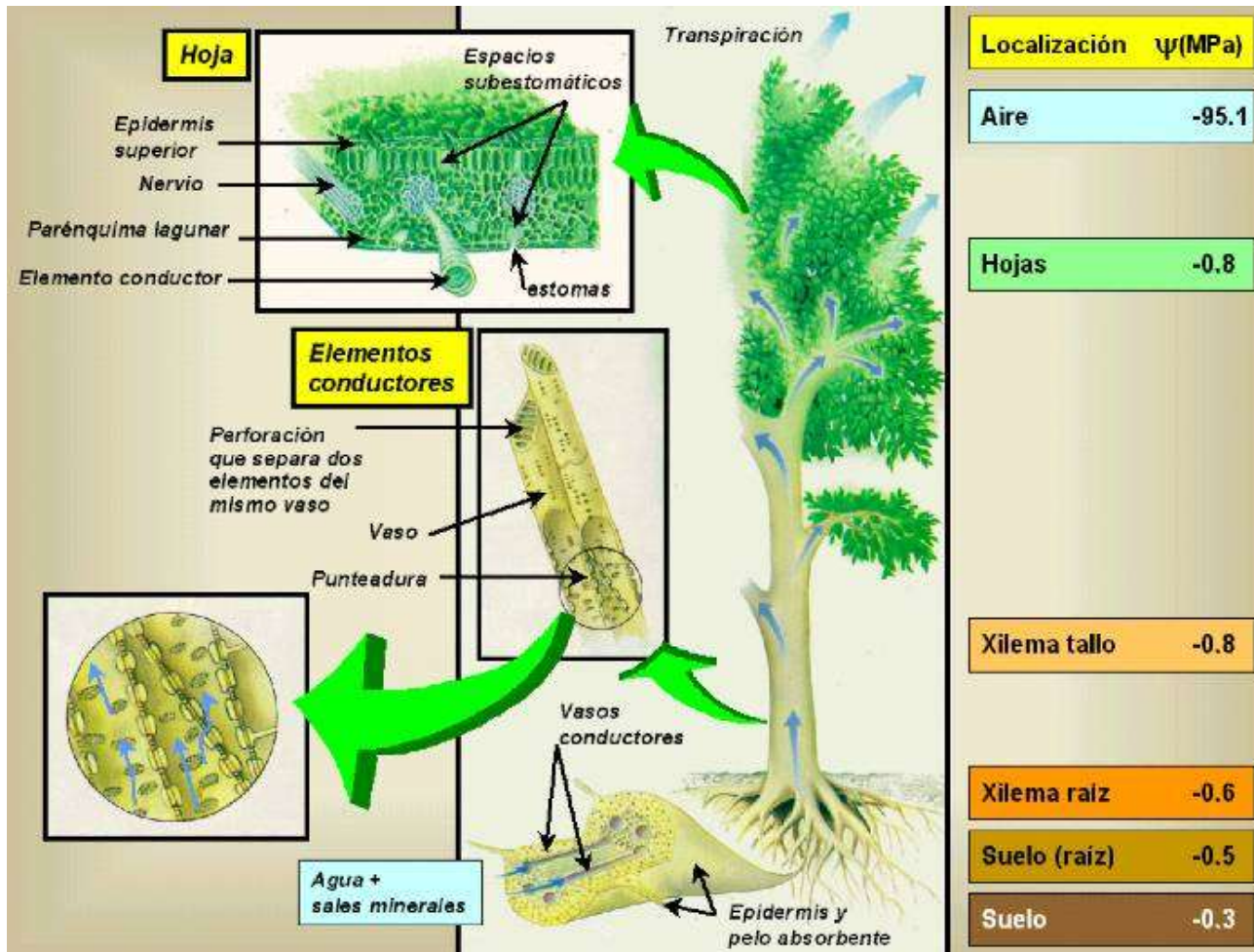
- Según la teoría de la Tenso-Coheso-Transpiración, el agua es absorbida del suelo y asciende hasta lo más alto de la planta por la acción de las siguientes fuerzas:
  1. Presión de Raíz
  2. Adhesión-Cohesión en el sistema vascular
  3. Transpiración a través de los estomas

# Teoría de la Tenso-Coheso-Transpiración





El agua es absorbida en las raíces por los pelos radicales, ésta se mueve horizontalmente hasta llegar al xilema, por donde asciende hasta llegar a las hojas, de donde sale a la atmósfera por la evapotranspiración



Más negativo

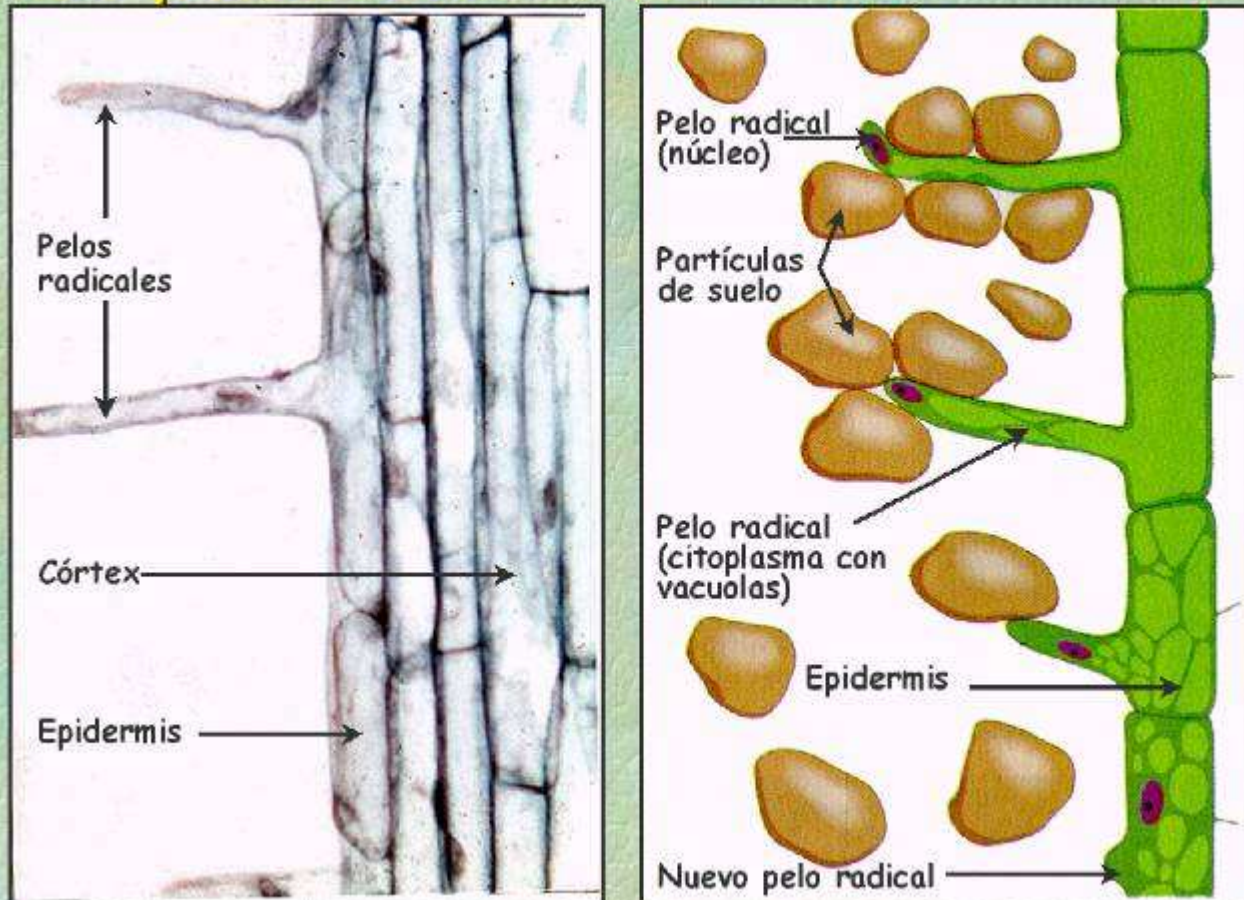


Gradiente de potencial hídrico

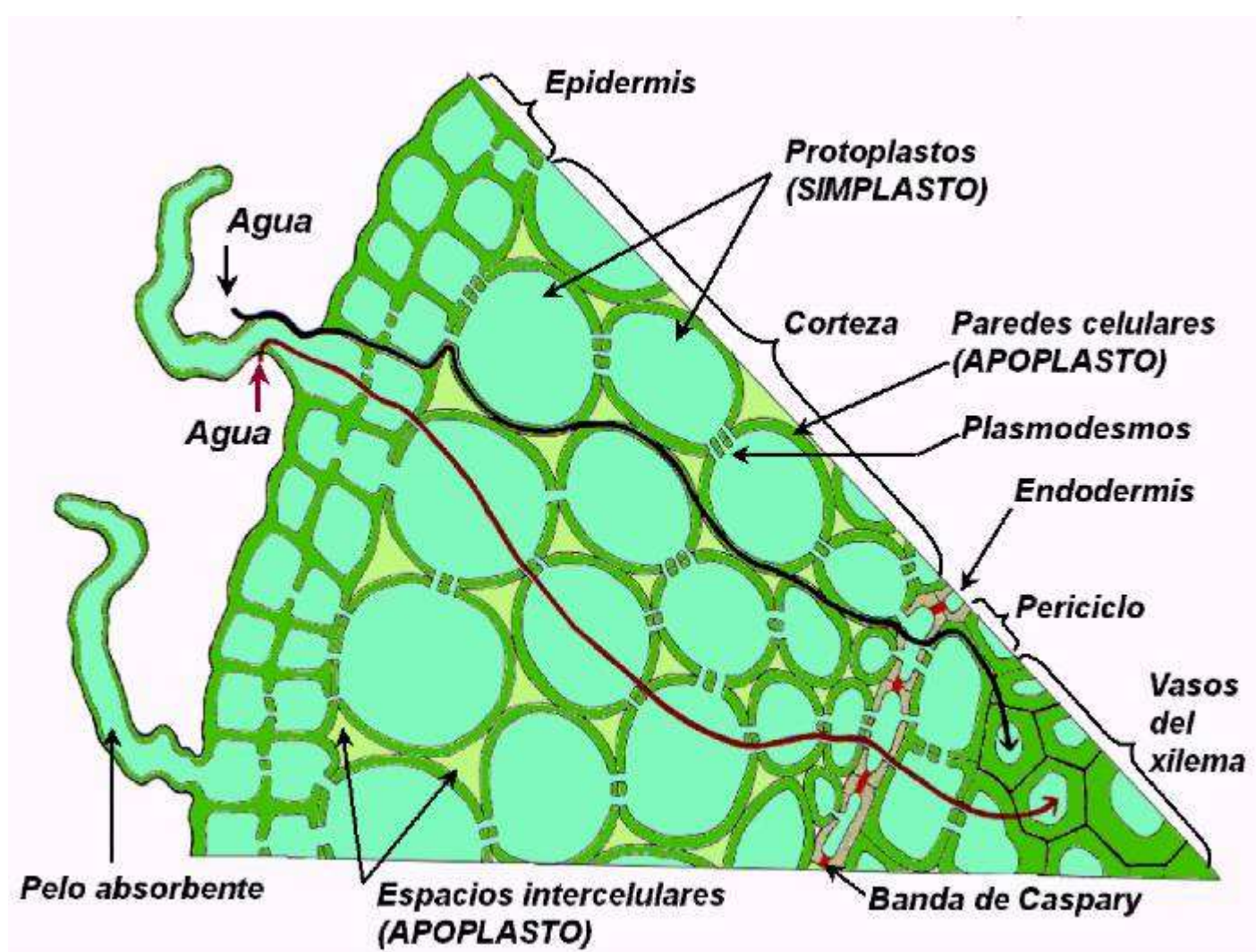
Menos negativo

El agua del suelo entra a los pelos radicales y demás células de la rizodermis por fuerzas osmóticas. Eso es la Presión de raíz

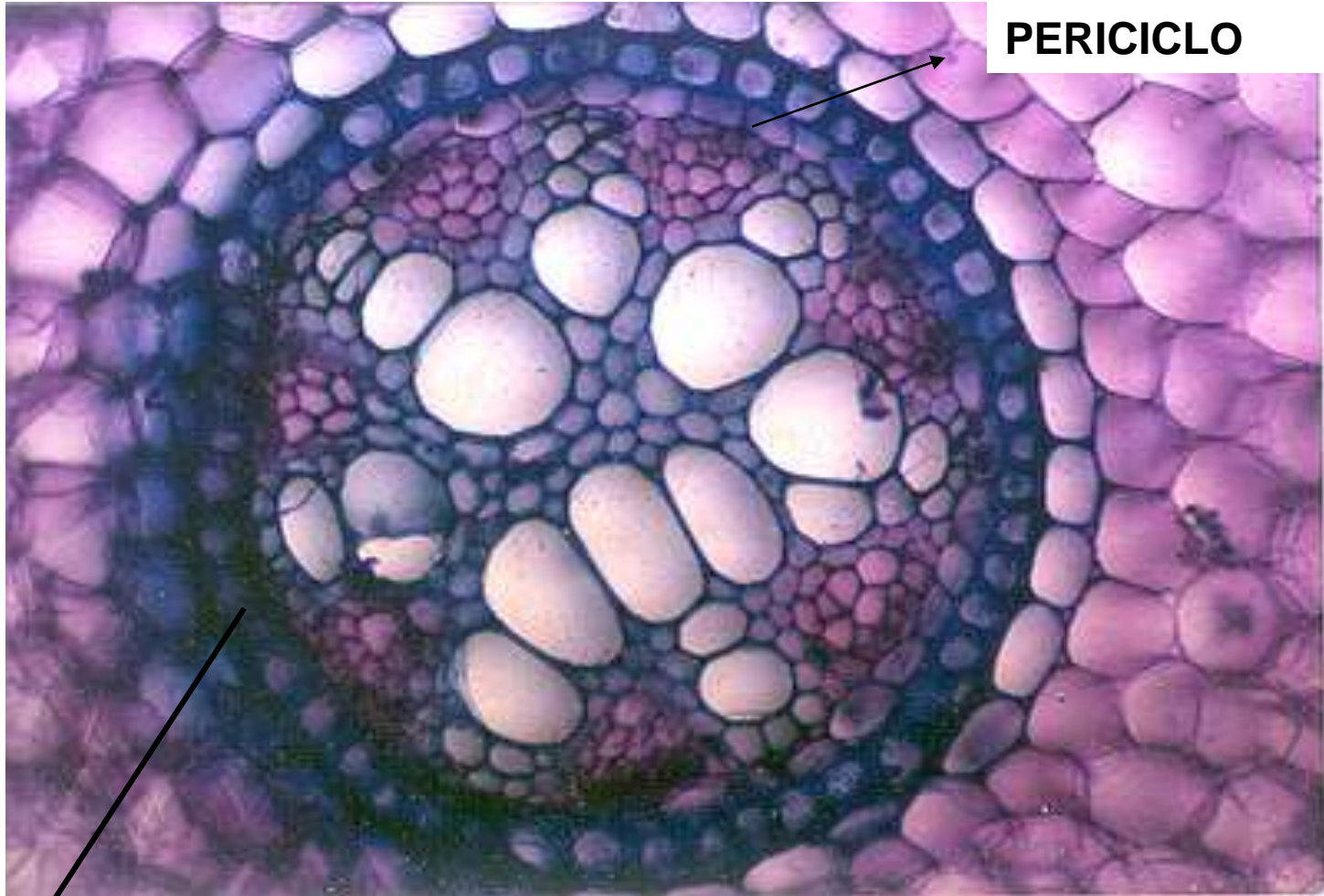
## Los pelos radicales



# CORTE TRANSVERSAL DE RAÍZ



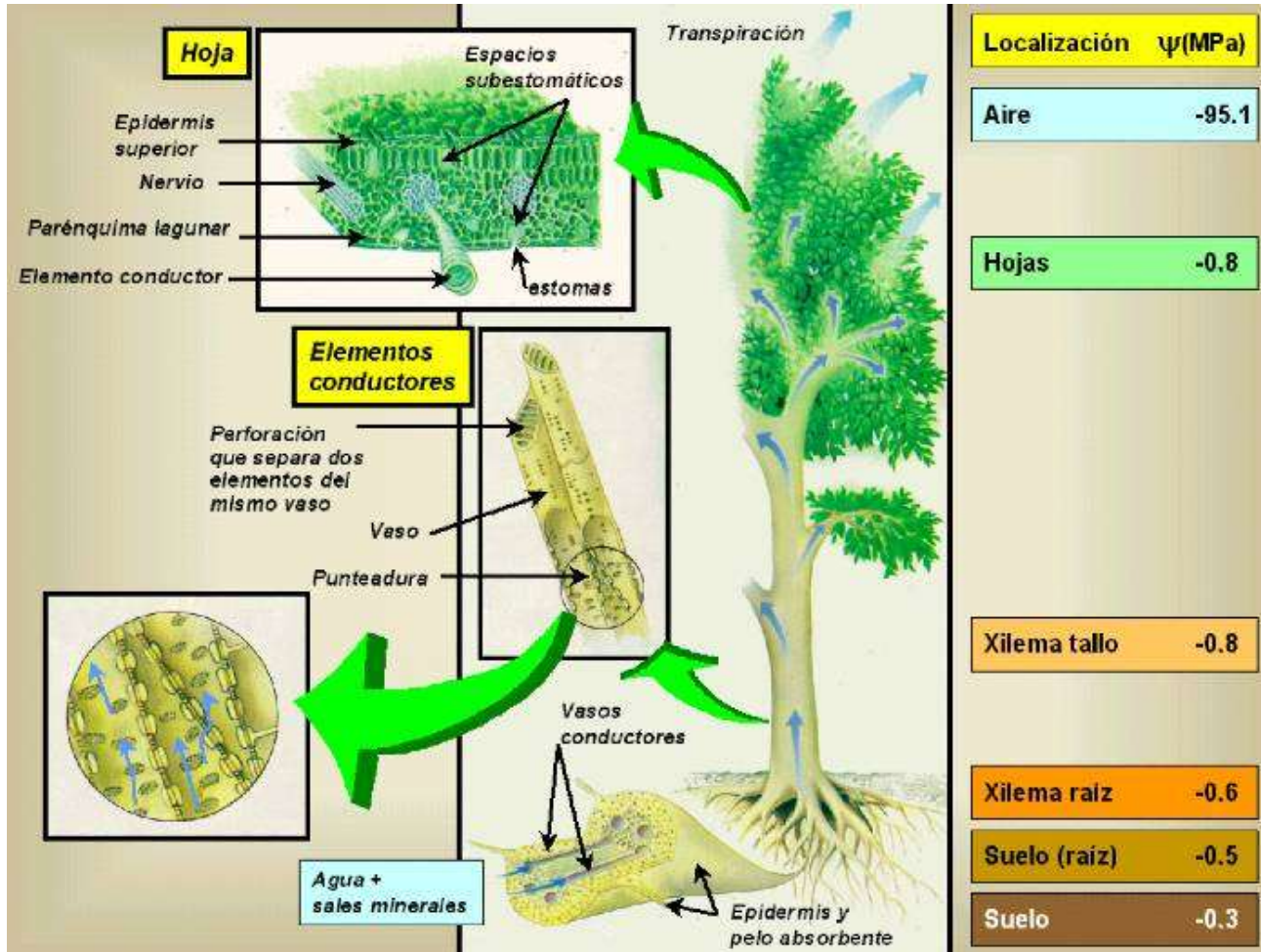
# Raíz de Azucena (Liliopsida)



PERICICLO

ENDODERMIS

El agua es absorbida en las raíces por los pelos radicales, ésta se mueve horizontalmente hasta llegar al xilema, por donde asciende hasta llegar a las hojas, de donde sale a la atmósfera por la evapotranspiración



Más negativo



Gradiente de potencial hídrico

Menos negativo

# Transporte de nutrientes inorgánicos

- Cuando los iones inorgánicos son secretados en el interior de los vasos de xilema radical, son rápidamente conducidos hacia arriba y por toda la planta gracias a la corriente de transpiración.
- Algunos iones se mueven lateralmente desde el xilema hacia los tejidos circundantes de las raíces y de los tallos, mientras que otros son transportados hacia las hojas.

# Transporte de nutrientes inorgánicos

- Cuando los iones inorgánicos son secretados en el interior de los vasos de xilema radical, son rápidamente conducidos hacia arriba y por toda la planta gracias a la corriente de transpiración.
- Algunos iones se mueven lateralmente desde el xilema hacia los tejidos circundantes de las raíces y de los tallos, mientras que otros son transportados hacia las hojas.

# Transporte de nutrientes inorgánicos

- Cuando los iones inorgánicos son secretados en el interior de los vasos de xilema radical, son rápidamente conducidos hacia arriba y por toda la planta gracias a la corriente de transpiración.
- Algunos iones se mueven lateralmente desde el xilema hacia los tejidos circundantes de las raíces y de los tallos, mientras que otros son transportados hacia las hojas.



## SENTIDO DE LA TRANSLOCACIÓN

- El **N**, el **P**, el **K**, y el **Mg** son típicamente **móviles** y pueden ser transportados con relativa facilidad a otros órganos, mientras que
- El **Ca**, el **S** y el **Fe** son más o menos **inmóviles** y tienden a permanecer en el primer destino alcanzado hasta la muerte de ese órgano.

*El esfuerzo que implica prepararse a conciencia  
para ser Ingenieros Agrónomos de Excelencia  
es una inversión para toda la Vida!*