

Tema 9. El Crecimiento Secundario



Índice

 Generalidades.

 El Tallo.

 Crecimiento Secundario en
Monocotiledóneas.

 La Raíz.

 La Peridermis.



Generalidades

- ❖ Se produce en la mayoría de las gimnospermas y angiospermas.
- ❖ Es responsabilidad del **cámbium vascular** (xilema 2^{rio} y floema 2^{rio}) y del **cámbium suberógeno o felógeno** (súber y felodermis: peridermis).
- ❖ **Consecuencias:** aumento del diámetro de tallo y pérdida de la epidermis y de la corteza.




El Tallo-1

Tejidos secundarios.

- ❖ A partir del **procámbium** existente entre el xilema y floema primarios se forma el **cámbium vascular**.
- ❖ A partir de las **células iniciales fusiformes** (sistema vertical) se forman el **xilema y floema secundarios**.
- ❖ A partir de las **células iniciales radiales** (sistema horizontal) se forman los **radios medulares**.
- ❖ Cuando el sistema vascular primario se dispone en haces, el parénquima comprendido entre ellos puede formar **cámbium interfascicular**.

El Tallo-2

Crecimiento secundario típico.

-  Si en el **crecimiento primario** el sistema formaba un **cilindro continuo**, en el secundario se conserva la **misma disposición**.
-  Si en el **crecimiento primario** el sistema vascular se disponía en **haces separados** formando un **cilindro discontinuo**, en el secundario se forma un **cilindro continuo** debido a la actividad del **cámbium interfascicular**.
 -  En algunos casos se puede mantener la disposición en haces separados.

El Tallo-3

■ Estructura del xilema secundario (leño).

■ En Angiospermas Dicotiledóneas.

■ En Gimnospermas.

■ Anillos de Crecimiento.

Crecimiento secundario en Monocotiledóneas-1.

- Escasas las monocotiledóneas con crecimiento secundario.
 - Dracaena*, *Cordyline*, *Aloe*, *Yucca*, y *Aphyllantes*.
- Ausencia de zona cambial bien definida: crecimiento secundario difuso.
- El sistema vascular primario se dispone en haces diseminados por el parénquima fundamental.
 - Haces son colaterales cerrados o concéntricos perixilemáticos.

Crecimiento secundario en Monocotiledóneas-2.

- ❖ La zona generatriz del engrosamiento del tallo se localiza por fuera del cilindro central, en la corteza.
 - ❖ Aparece una **zona cambial** que produce solamente células de parénquima.
 - ❖ Estas, más tarde producen **tejido conductor secundario**.
 - ❖ Origina **haces vasculares concéntricos anfigasales** hacia el interior, rodeado de tejido parenquimático muy lignificado.

La Peridermis

- ❖ Surge debido a la acción del **cámbium suberógeno o felógeno** y también contribuye al crecimiento en grosor del tallo. (Ver tema meristemas y tejidos epidérmicos).
- ❖ **Lenticelas**. Estructuras que surgen a partir de estomas y de células del felógeno.
 - ❖ Forma lenticular.
 - ❖ Participan en el intercambio gaseoso cuando la epidermis ha desaparecido.
 - ❖ Formadas de tejido complementario con grandes espacios intercelulares.

La Raíz-1.

- ❖ Se produce en dicotiledóneas y gimnospermas.
- ❖ Desarrollo de **cámbium vascular** a partir de células procambiales existentes entre el xilema y floema primarios.
 - ❖ Inicialmente, forma **bandas separadas** (debido a la disposición del xilema y floema en la raíz).
 - ❖ Más tarde forma un **cordón continuo** al activarse algunas células del **periciclo** adyacentes al protoxilema: **cámbium lobulado** según los haces de xilema primario.
 - ❖ Al producir xilema y floema secundarios el cámbium es desplazado hacia el exterior formando, finalmente, un **cilindro continuo** (estructura muy parecida a la del tallo).

La Raíz-2.

- ❖ Examen del xilema primario: en raíz es centrípeto y radial y en el tallo es centrífugo y colateral.
- ❖ Aparecen también **anillos de crecimiento anuales**.
- ❖ Puede aparecer **peridermis** a partir de un felógeno que surge de células del periciclo.

El leño en las Angiospermas Dicotiledóneas.

- Al leño primario, con traqueidas y tráqueas del tipo anillado y helicoidal, sigue el secundario en el que los vasos que acompañan a las traqueidas son del tipo punteado y reticulado.
- La estructura del leño 2^{rio} varía según las familias:
 - Maderas blandas** (cuando predominan elementos vasculares) o **duras** (cuando predominan los elementos mecánicos).
- El leño que deja de ser funcional se oscurece al adquirir colores rojos o negros: **duramen** o corazón (algunas de sus células se impregnan de taninos o de carbonato cálcico o sílice).
 - Función mecánica exclusivamente.
- La parte viva del leño: **albura**.

El leño en las Gimnospermas.

- ❖ Constituido por **traqueidas, parénquima y radios medulares.**
- ❖ Las traqueidas se disponen **desordenadamente** o en filas radiales.
- ❖ Se distinguen **círculos concéntricos** debido al desarrollo desigual de las traqueidas en las diversas estaciones.
- ❖ Presenta **abundantes canales resiníferos.**
- ❖ Los **radios medulares** que lo atraviesan son siempre **uniseriados.**

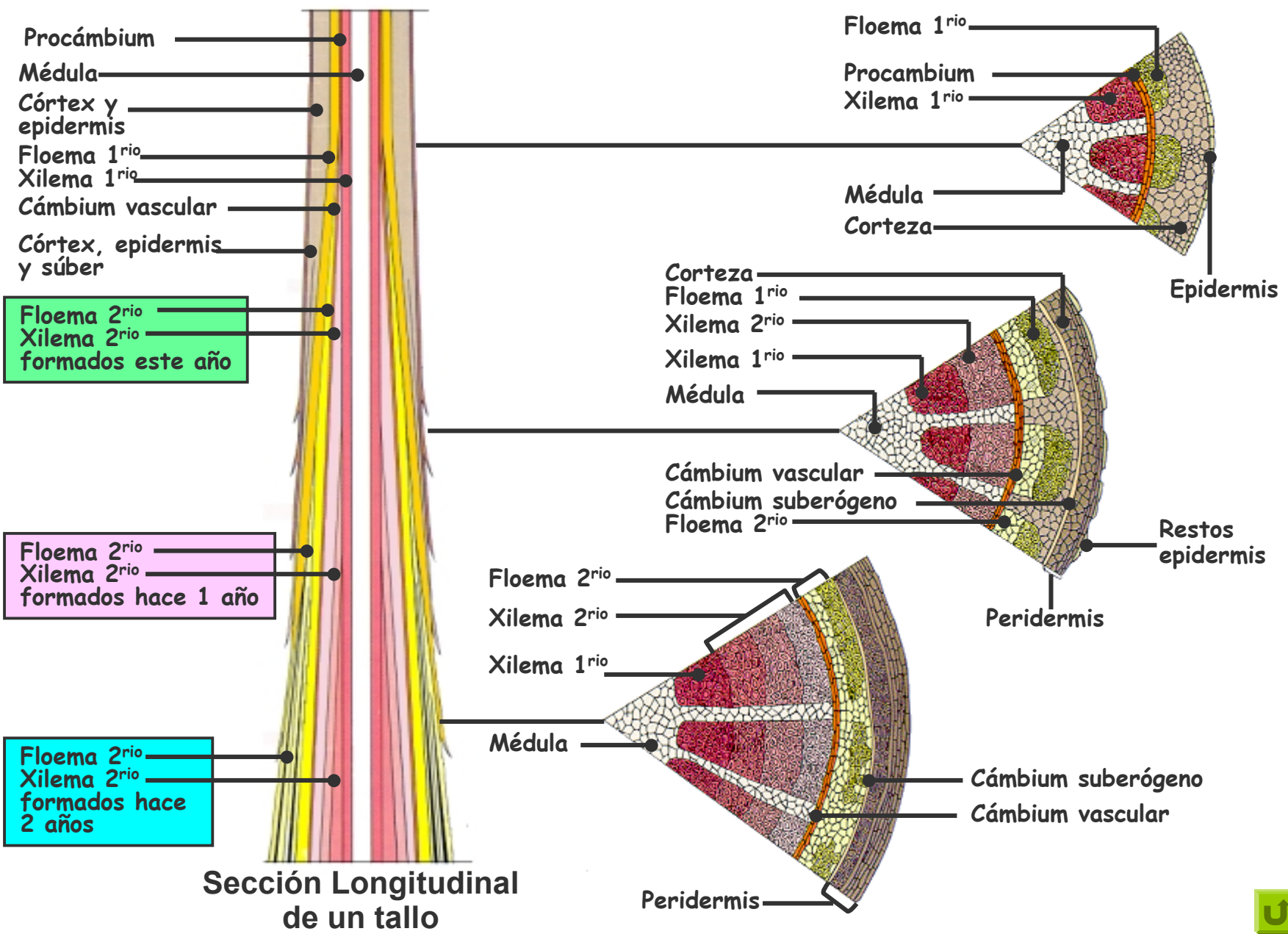
Anillos de Crecimiento.

- ❁ El **leño de primavera** (con grandes vasos en dicotiledóneas y de amplias traqueidas en coníferas) se desarrolla durante la producción de hojas nuevas.
- ❁ El **leño de verano** (en clima mediterráneo en agosto) es mucho menos resistente, con vasos más pequeños y gran abundancia de elementos fibrosos.
- ❁ Ambos tipos forman un círculo y cada círculo representa un año de vida.
- ❁ El espesor de cada círculo varía de una especie a otra.
 - ❁ Los individuos jóvenes producen más leño que los viejos.
 - ❁ En coníferas se ven muy bien los anillos.
 - ❁ Maderas de **anillo difuso** y maderas de **anillo poroso**.

Esquemas y Figuras



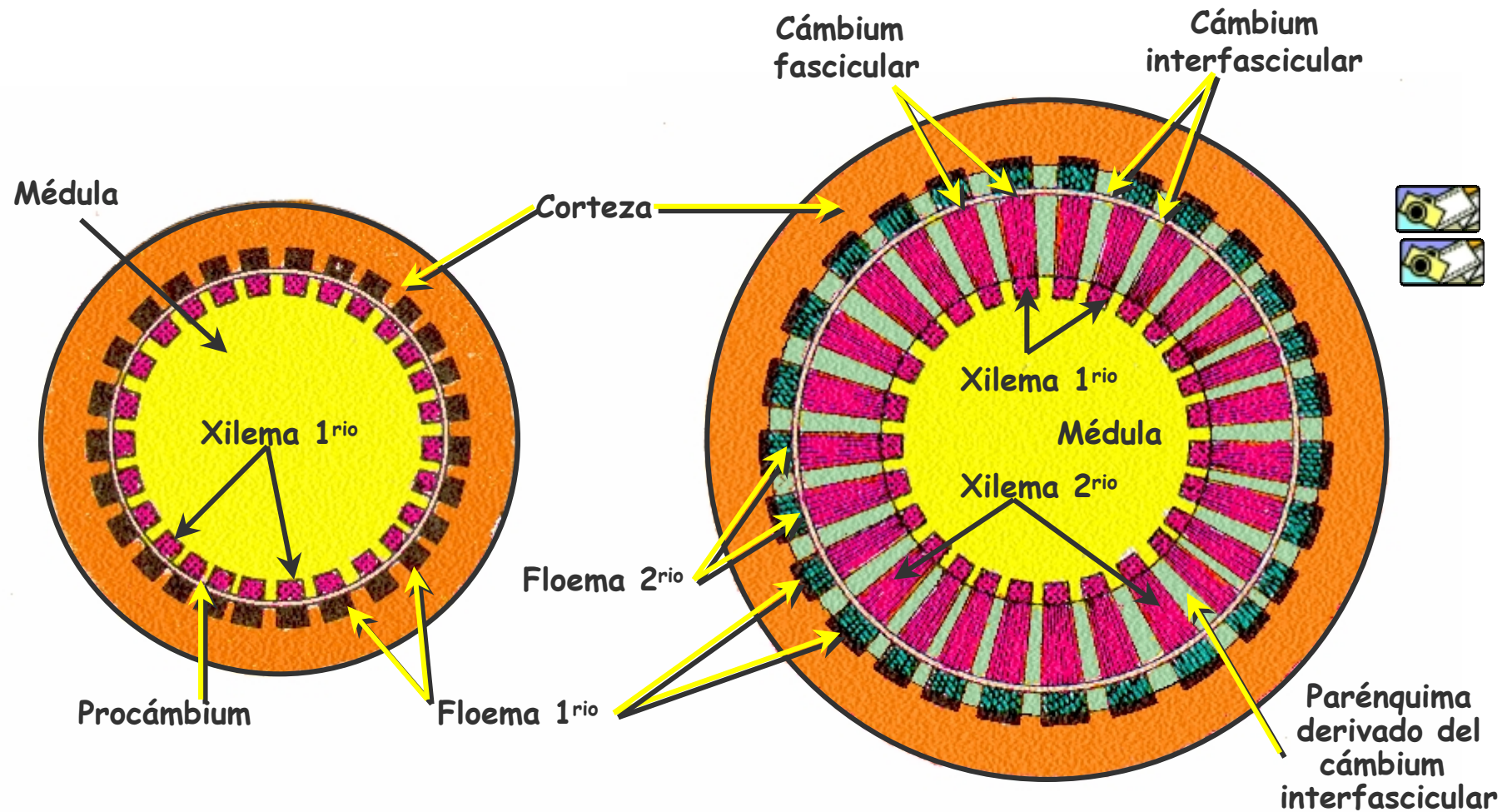
Crecimiento 2^{rio} en el tallo



Sección Longitudinal de un tallo



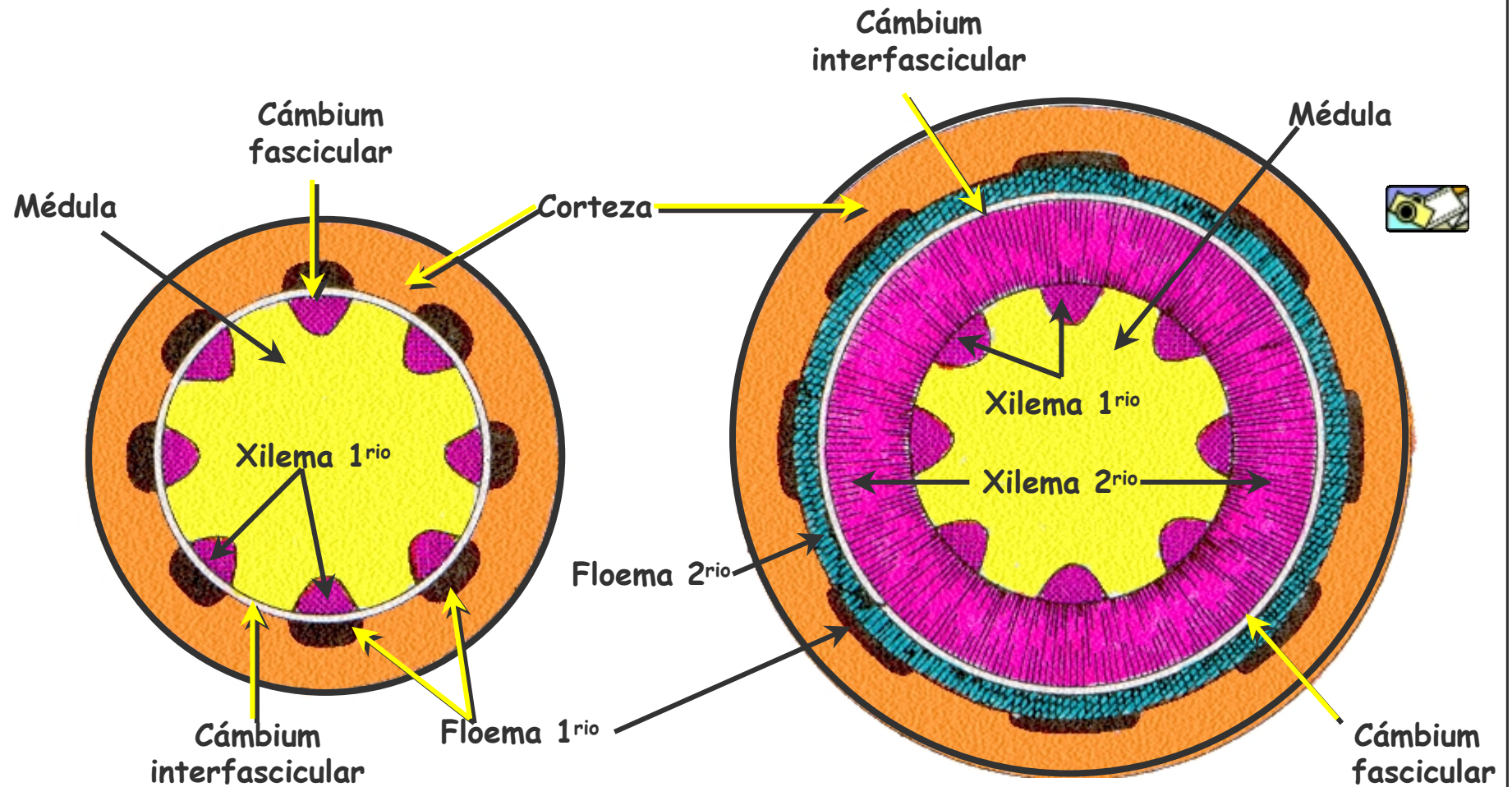
Crecimiento 2^{rio} en el tallo: tipo 1



Disposición del cámbium vascular y formación de los correspondientes tejidos vasculares secundarios en el tallo (en el caso de los tejidos vasculares primarios forman un cilindro más o menos continuo).



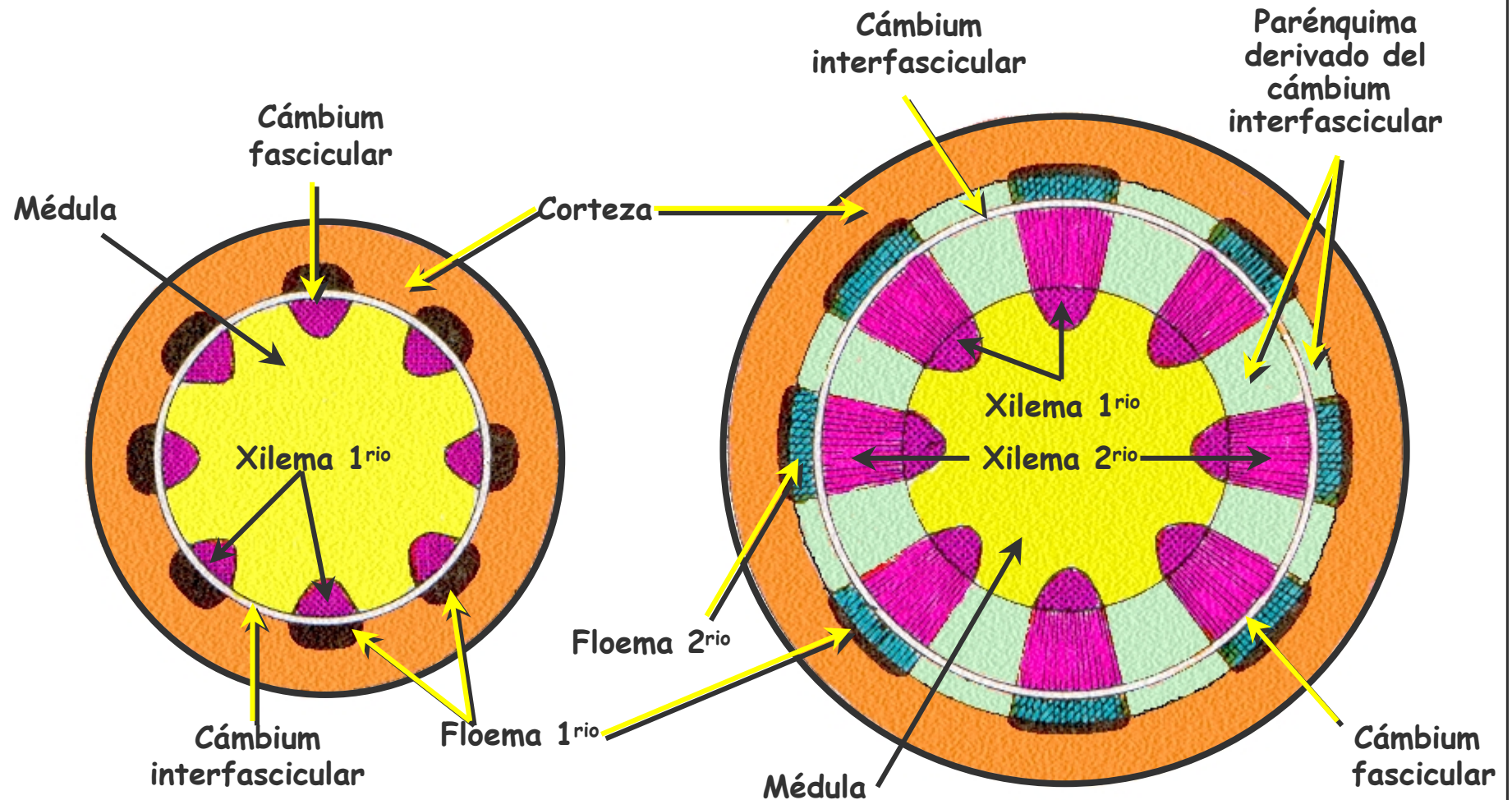
Crecimiento 2^{rio} en el tallo: tipo 2



Disposición del cámbium vascular y formación de los correspondientes tejidos vasculares secundarios en el tallo (en el caso de los tejidos vasculares primarios forman haces y tanto el cámbium fascicular como el interfascicular forman tejidos conductores secundarios).



Crecimiento 2^{rio} en el tallo: tipo 3



Disposición del cámbium vascular y formación de los correspondientes tejidos vasculares secundarios en el tallo (en el caso de los tejidos vasculares primarios formasen haces pero donde sólo el cámbium fascicular forma tejidos conductores secundarios).



Crecimiento 2^{rio} en el tallo

Súber

Cámbium suberógeno

Felodermis y Colénquima

Parénquima cortical

Células pétreas (esclereidas)

Floema secundario

Cámbium vascular

Xilema secundario

Radio medular

Separación anual

Xilema 2^{rio} de verano

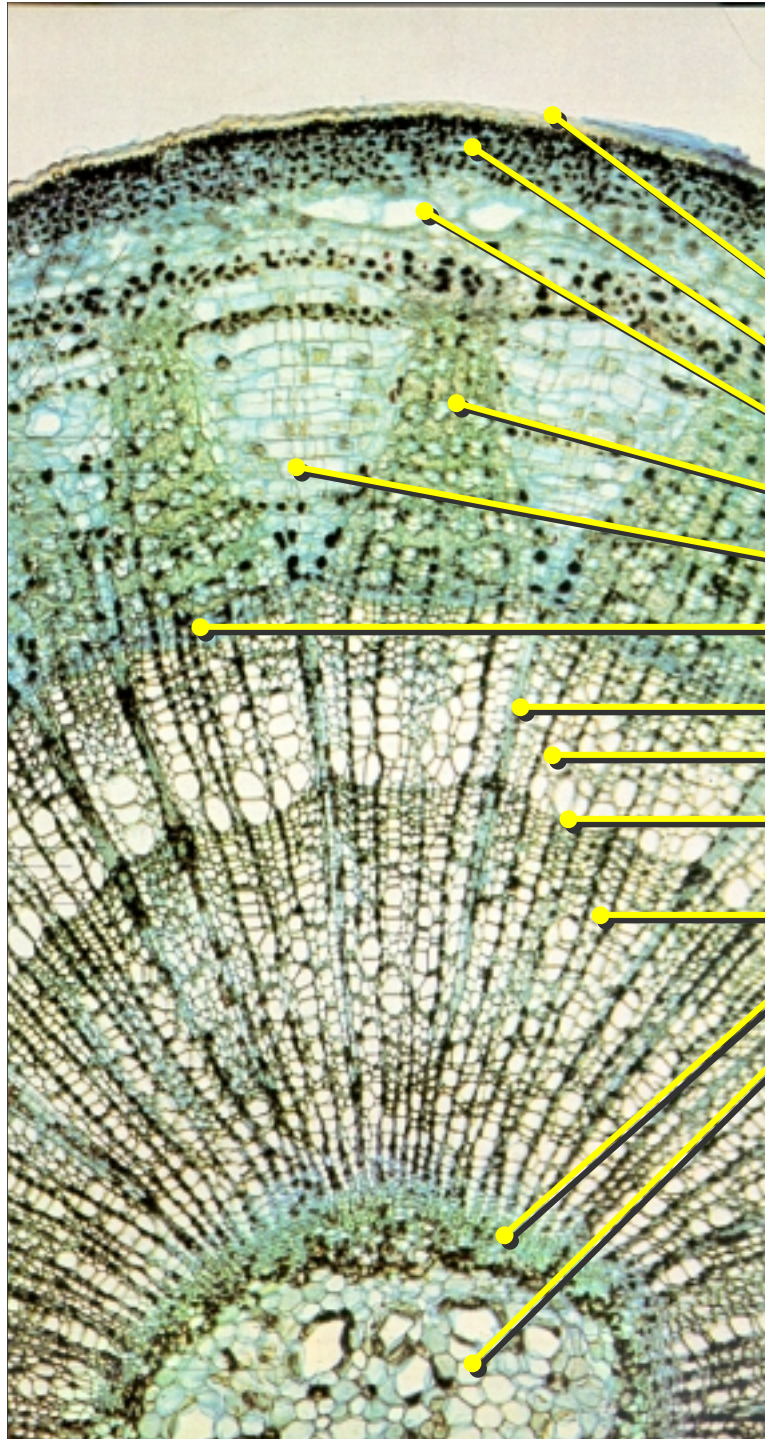
Xilema primario

Parénquima medular

Detalle de una sección transversal de tallo con crecimiento secundario de hiedra (*Hedera helix*).



Crecimiento 2^{rio} en el tallo



Epidermis

Colénquima

Parénquima cortical

Floema secundario

Área de expansión del parénquima de un radio medular

Cámbium vascular

Radio medular

Leño de primavera (xilema secundario)

Separación anual

Leño de verano (xilema secundario)

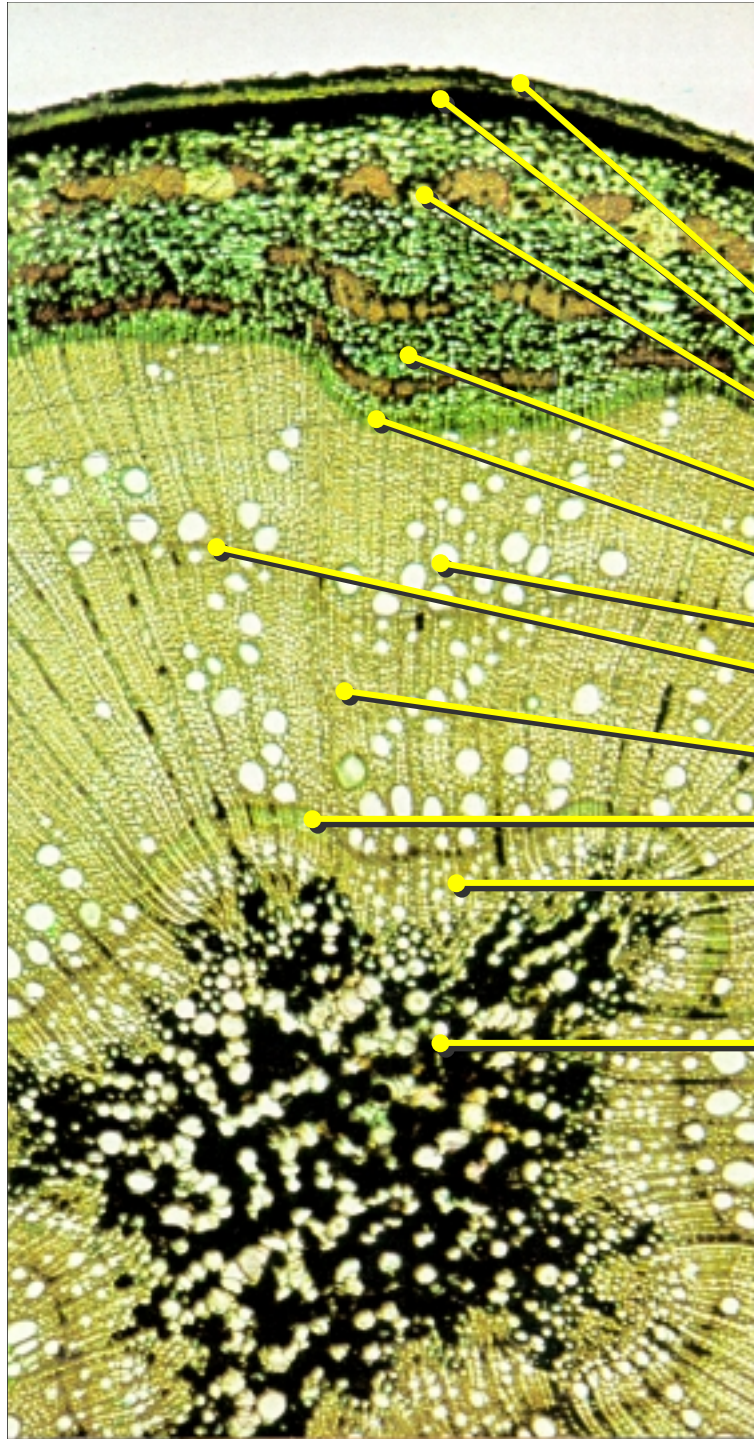
Xilema primario

Parénquima medular

Detalle de una sección transversal de tallo con crecimiento secundario de tilo (*Tilia* sp).



Crecimiento 2^{rio} en el tallo



Súber

Colénquima

Capa de fibras rotas por la expansión de la corteza durante el crecimiento secundario y provista de células pétreas.

Floema secundario con grupos de células pétreas

Cámbium vascular

Leño de primavera

Separación anual

Leño de verano

Separación anual

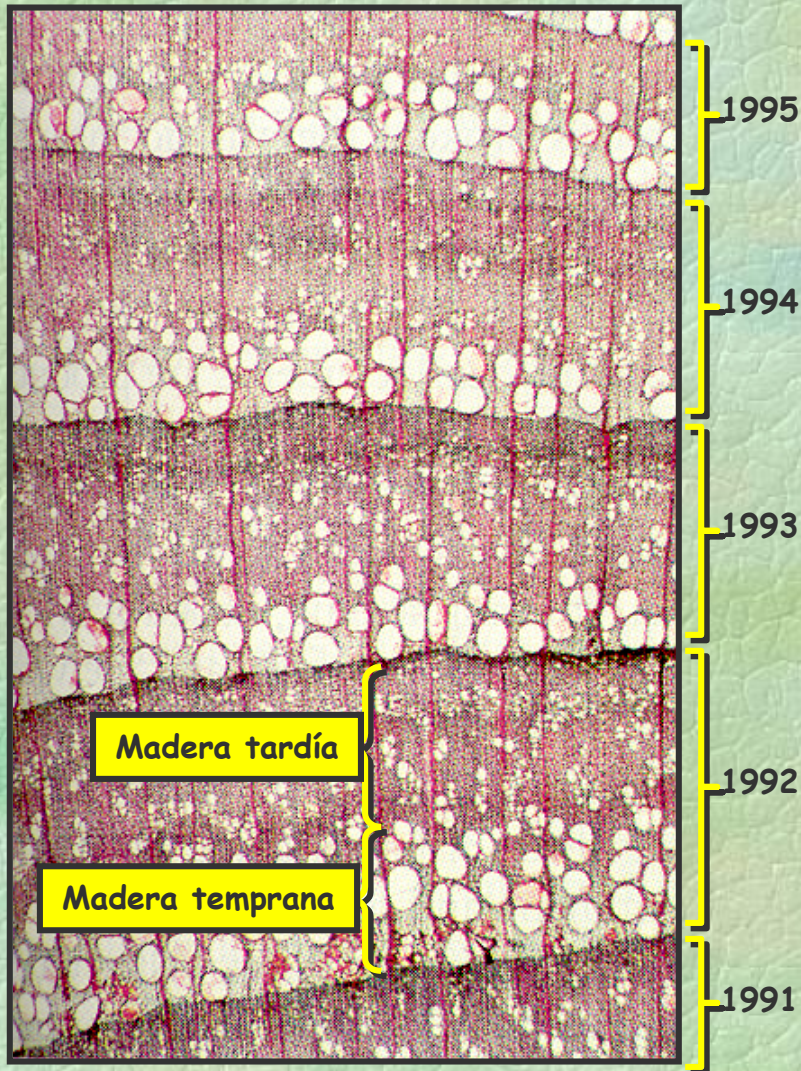
Xilema primario

Médula

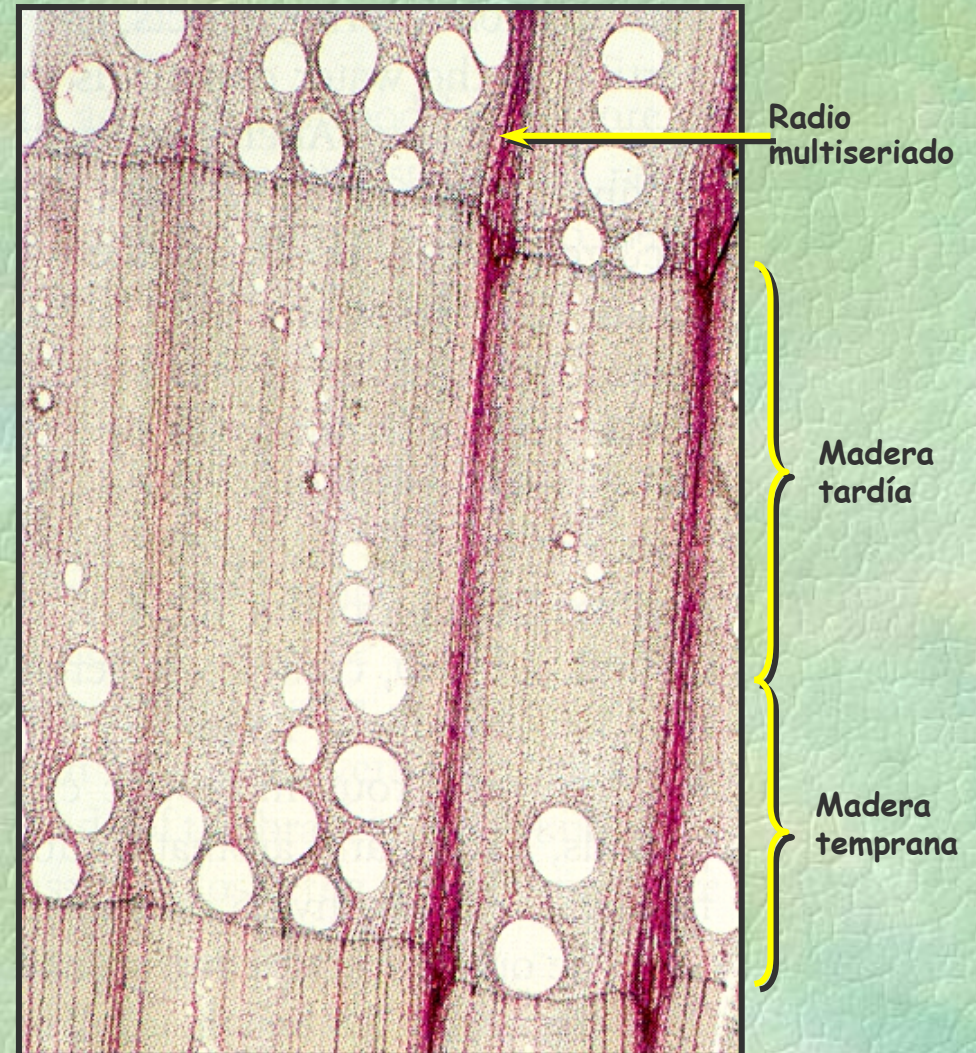
Detalle de una sección transversal de un brote joven de roble (*Quercus* sp) con crecimiento secundario.



Anillos de Crecimiento. Porosos.

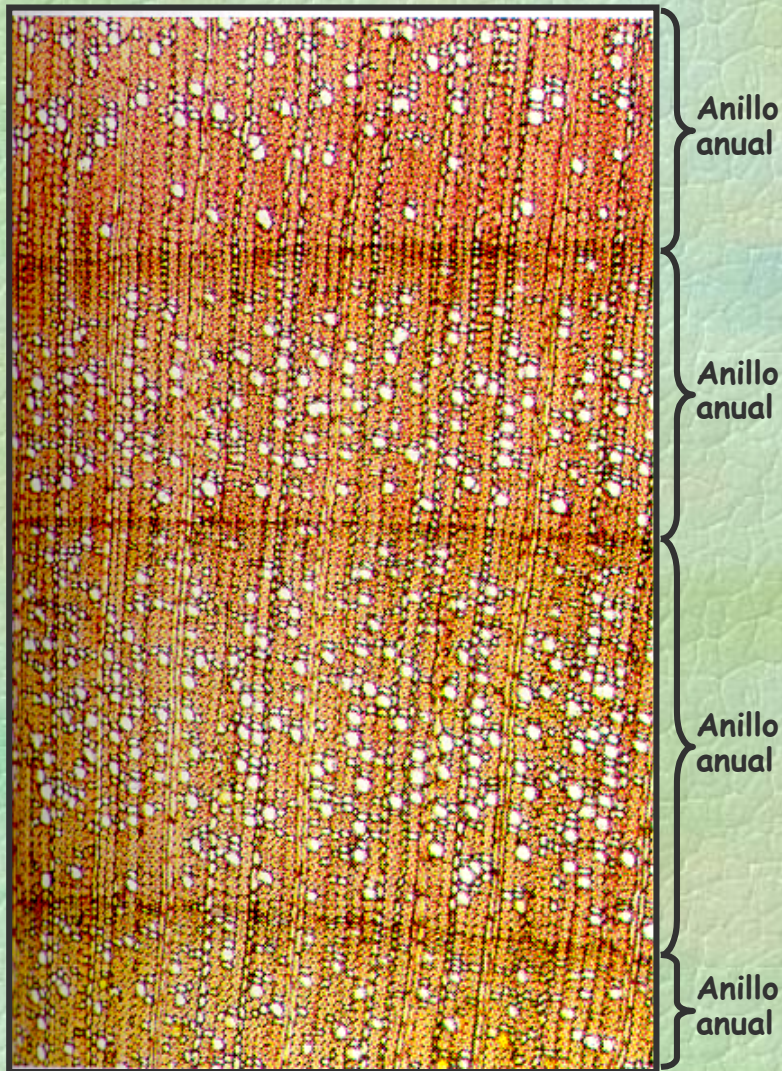


Detalle de una sección transversal de madera (leño) de anillo poroso. (x 50)

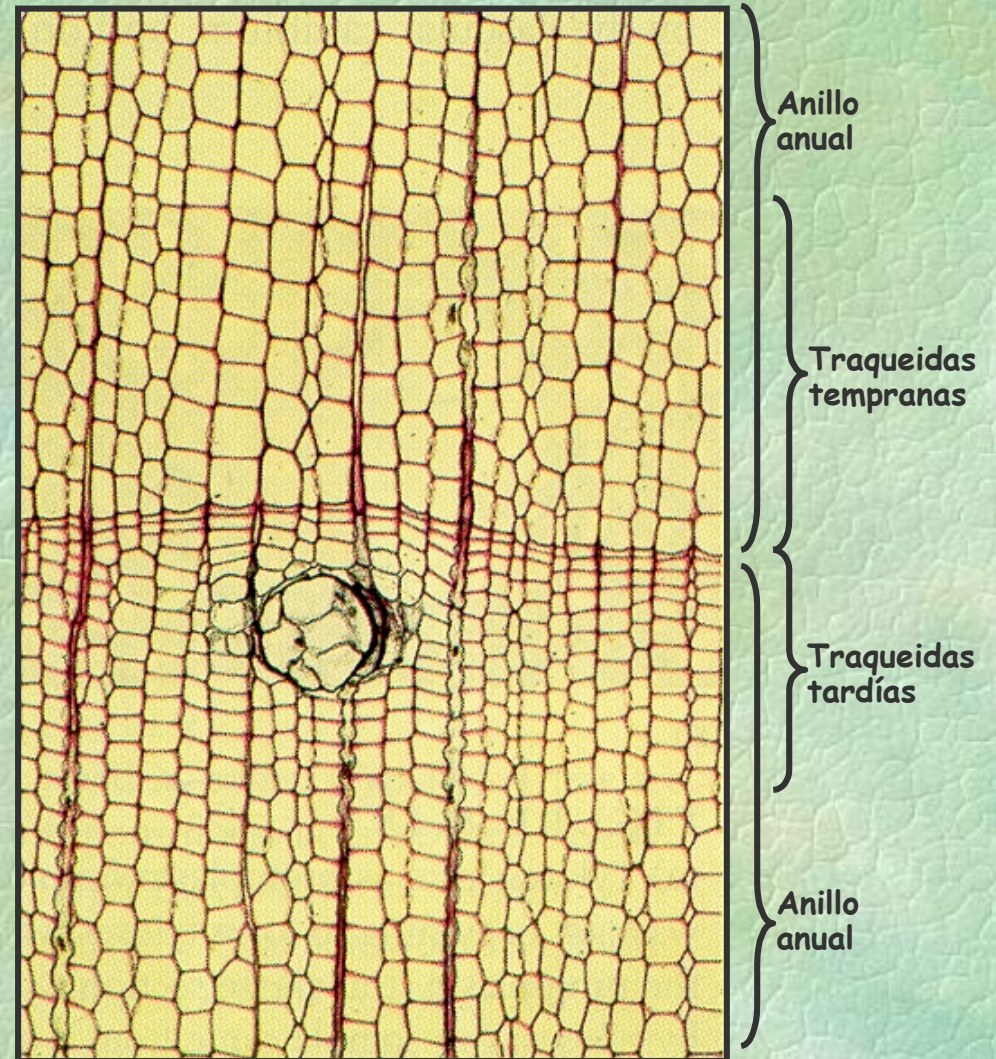


Detalle de una sección transversal de madera (leño) de anillo fuertemente poroso. (x 15)

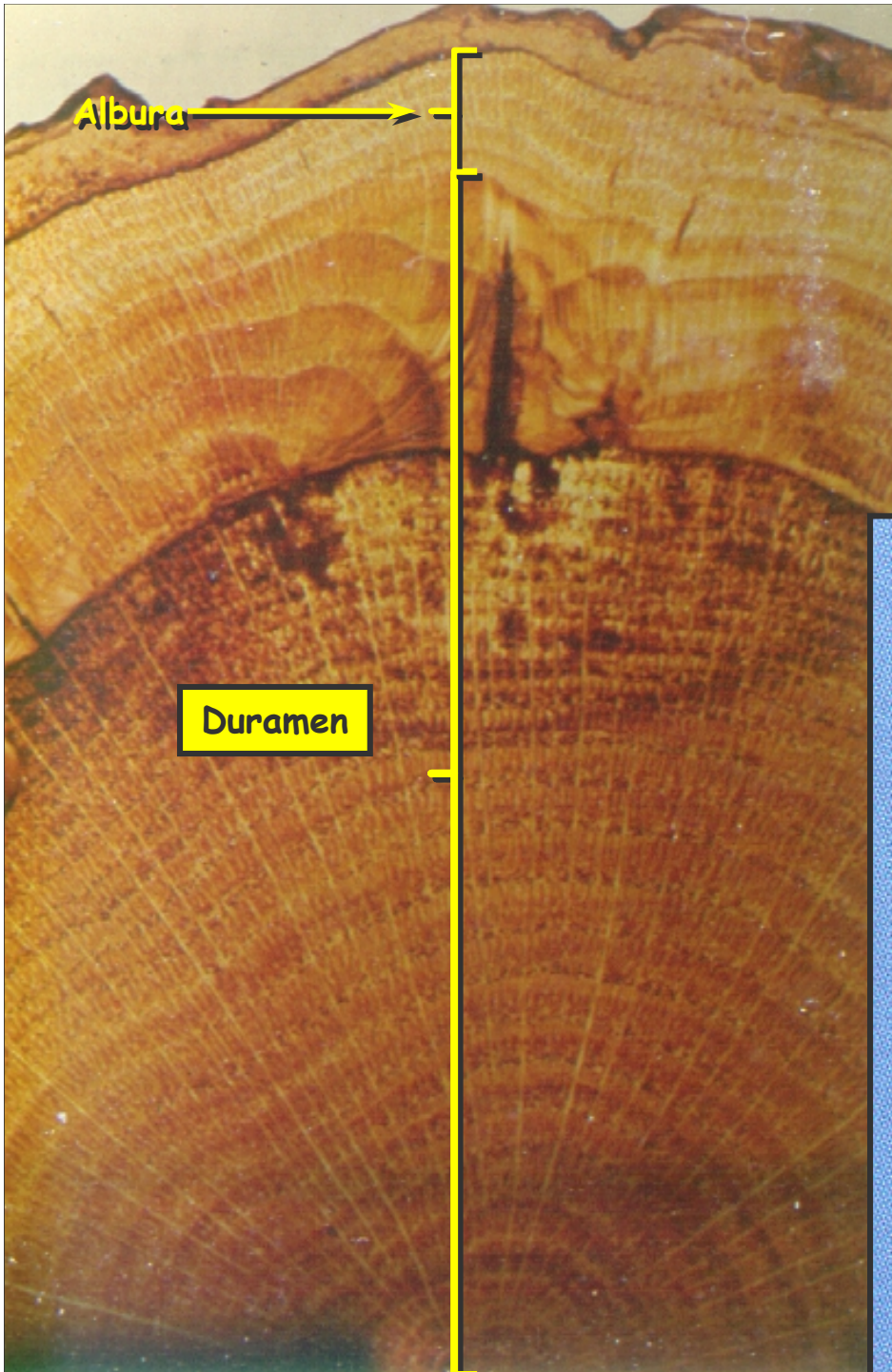
Anillos de Crecimiento. Difusos.



Detalle de una sección transversal de madera (leño) de anillo difuso. (x 40)

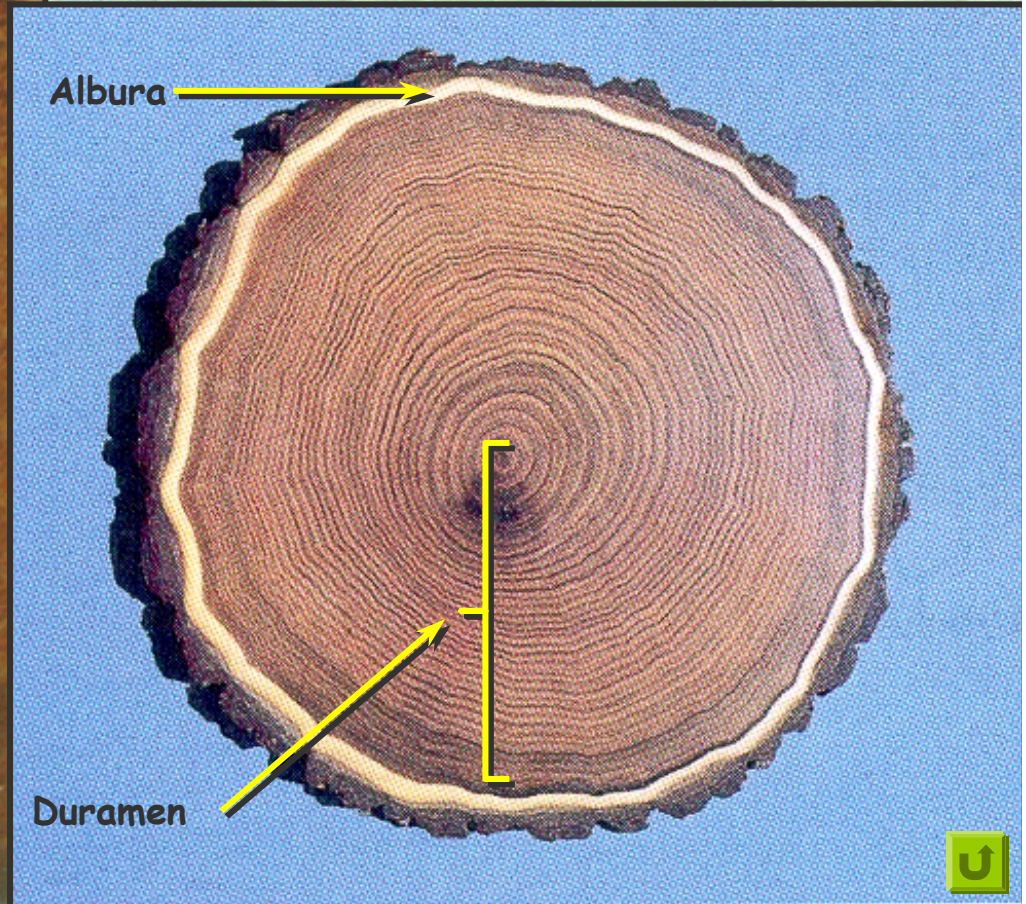


Detalle de una sección transversal de madera de pino formada exclusivamente de traqueidas (x 50)



Anillos de Crecimiento

Secciones transversales de troncos de árboles con crecimiento secundario donde se aprecian los anillos de crecimiento.



Anillos de Crecimiento

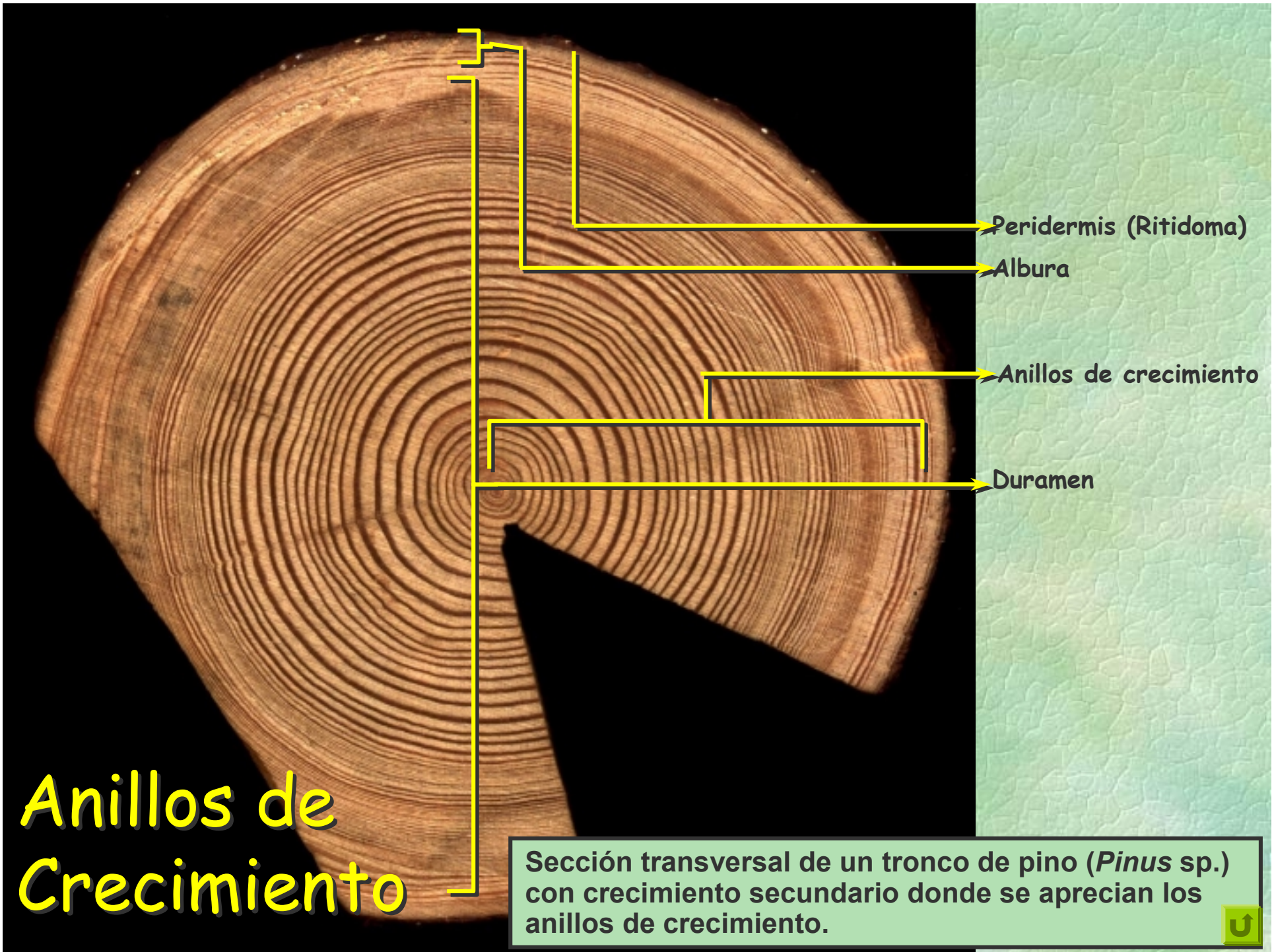
→ Peridermis (Ritidoma)

→ Albura

→ Duramen

Sección transversal de un tronco de roble (*Quercus* sp.) con crecimiento secundario donde se aprecian los anillos de crecimiento.





Peridermis (Ritidoma)

Albura

Anillos de crecimiento

Duramen

Anillos de Crecimiento

Sección transversal de un tronco de pino (*Pinus* sp.) con crecimiento secundario donde se aprecian los anillos de crecimiento.



Crecimiento 2^{rio} en Monocotiledóneas



Aspecto general de un drago canario (*Dracaena draco*), monocotiledónea arborescente que desarrolla un crecimiento secundario atípico.



Crecimiento 2^{rio} en Monocotiledóneas

Parénquima cortical

Zona cambial

Haz vascular primario anfigasal

Zona de los haces vasculares primarios

Detalle de una sección de la corteza de una monocotiledónea (*Dracaena draco*) mostrando los haces vasculares primarios y la aparición de la zona cambial.

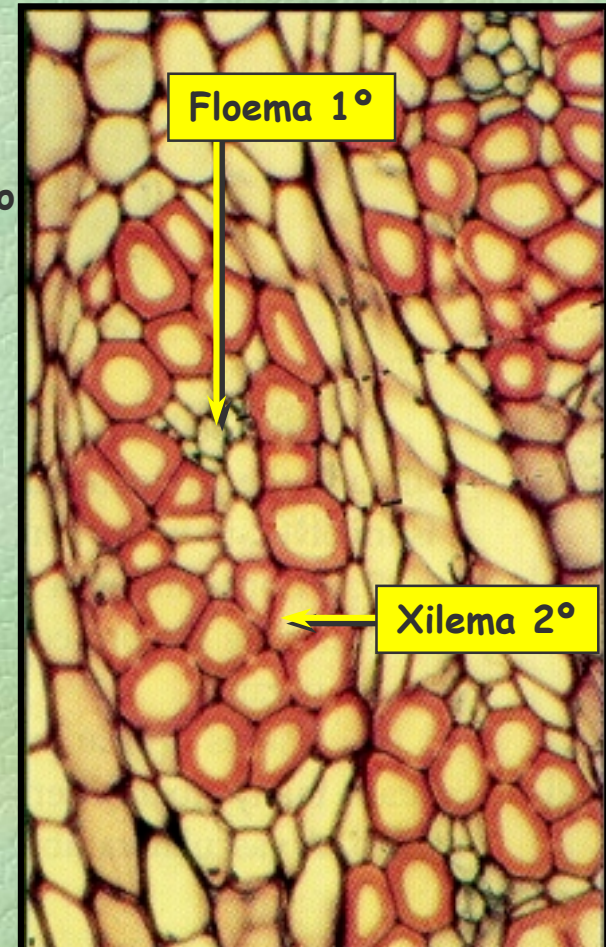


Crecimiento 2^o en Monocotiledóneas

Haces vasculares secundarios y tejido fundamental de crecimiento
Haz vascular secundario anfigasal

Haz vascular primario anfigasal

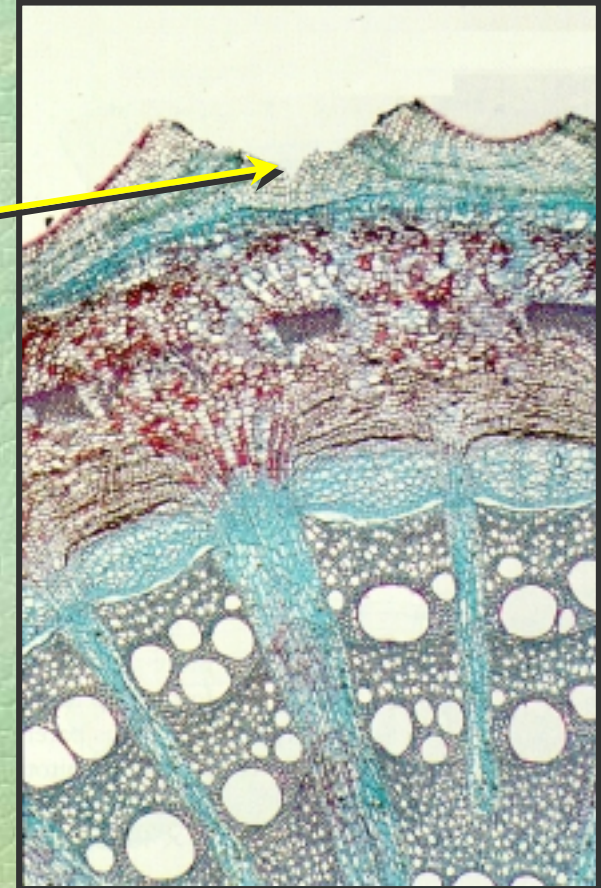
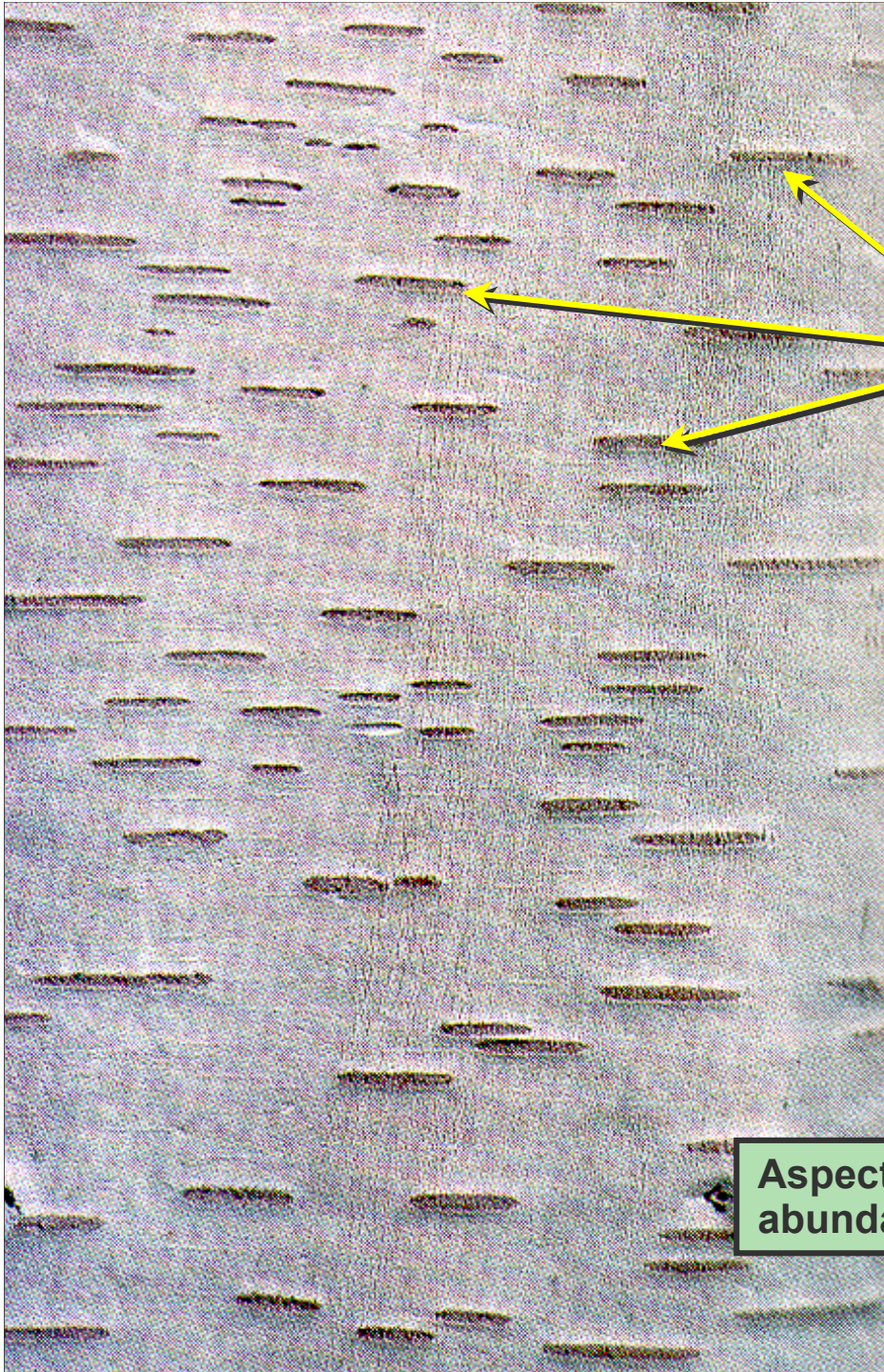
Haces vasculares primarios y tejido fundamental de crecimiento



Detalle de una sección de la corteza de una monocotiledónea (*Dracaena draco*) mostrando los haces vasculares primarios y la aparición de los haces vasculares secundarios.



Las Lenticelas

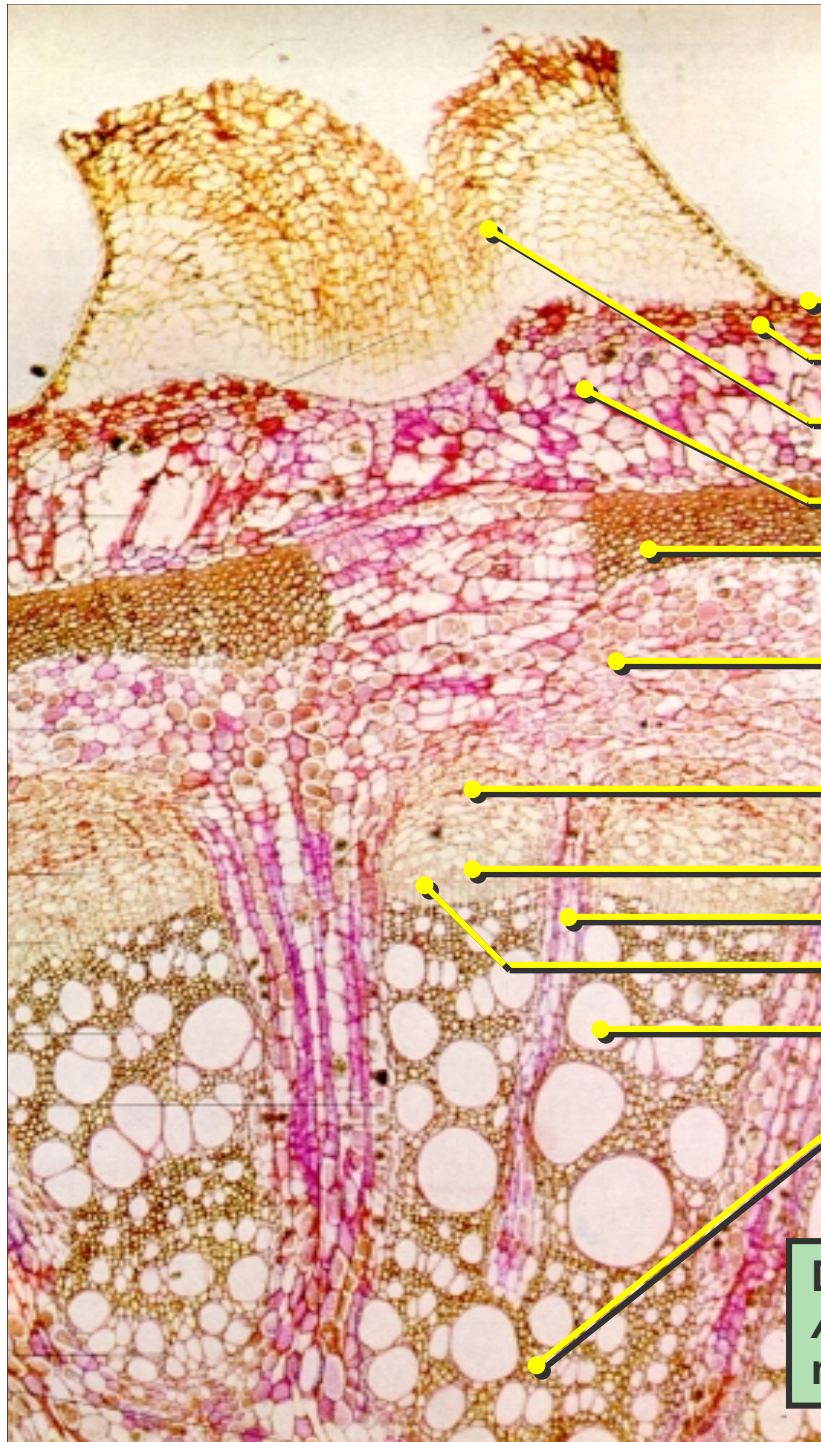


Lenticelas

Aspecto de un tronco de abedul (*Betula* sp) con abundantes lenticelas.



Las Lenticelas-2



Súber

Colénquima

Lenticela

Parénquima cortical

Esclerénquima

Floema colapsado

Floema primario

Floema secundario

Radio medular

Cámbium vascular

Xilema secundario

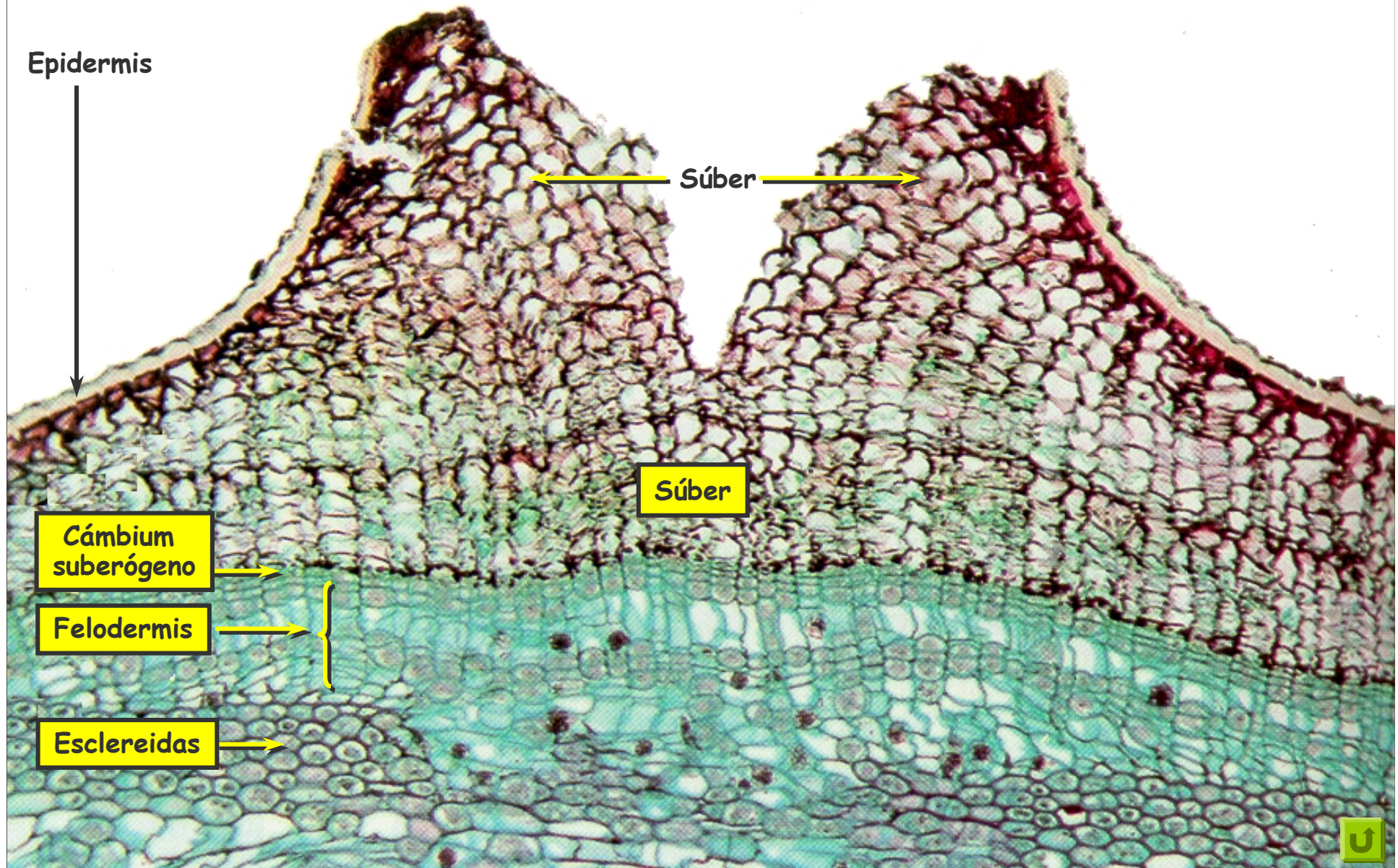
Xilema primario

Detalle de una sección transversal de un tallo de *Aristolochia* sp con crecimiento secundario mostrando una lenticela.



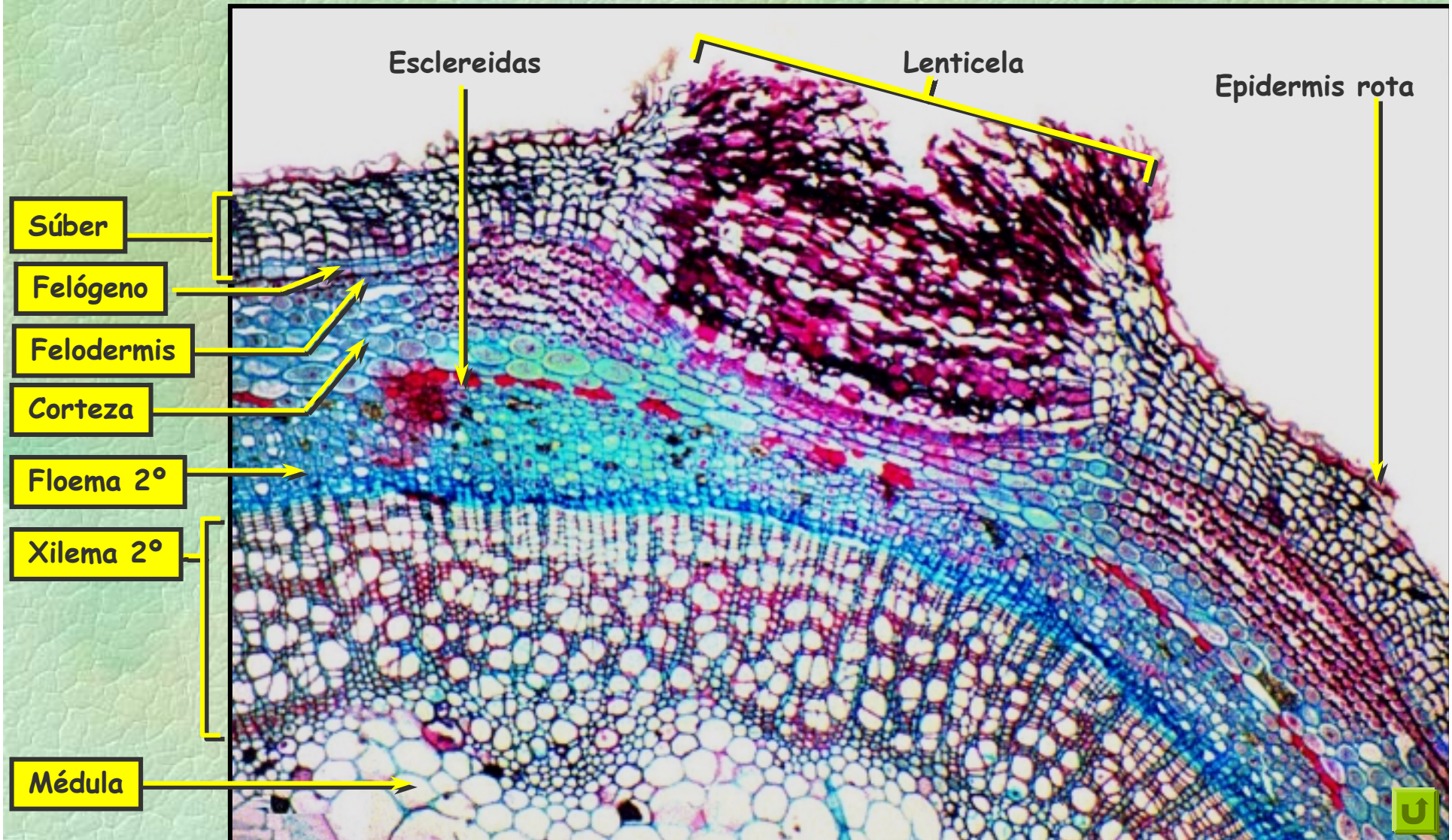
Detalle de una sección transversal de una lenticela del tallo de *Aristolochia* sp.

Las Lenticelas-3

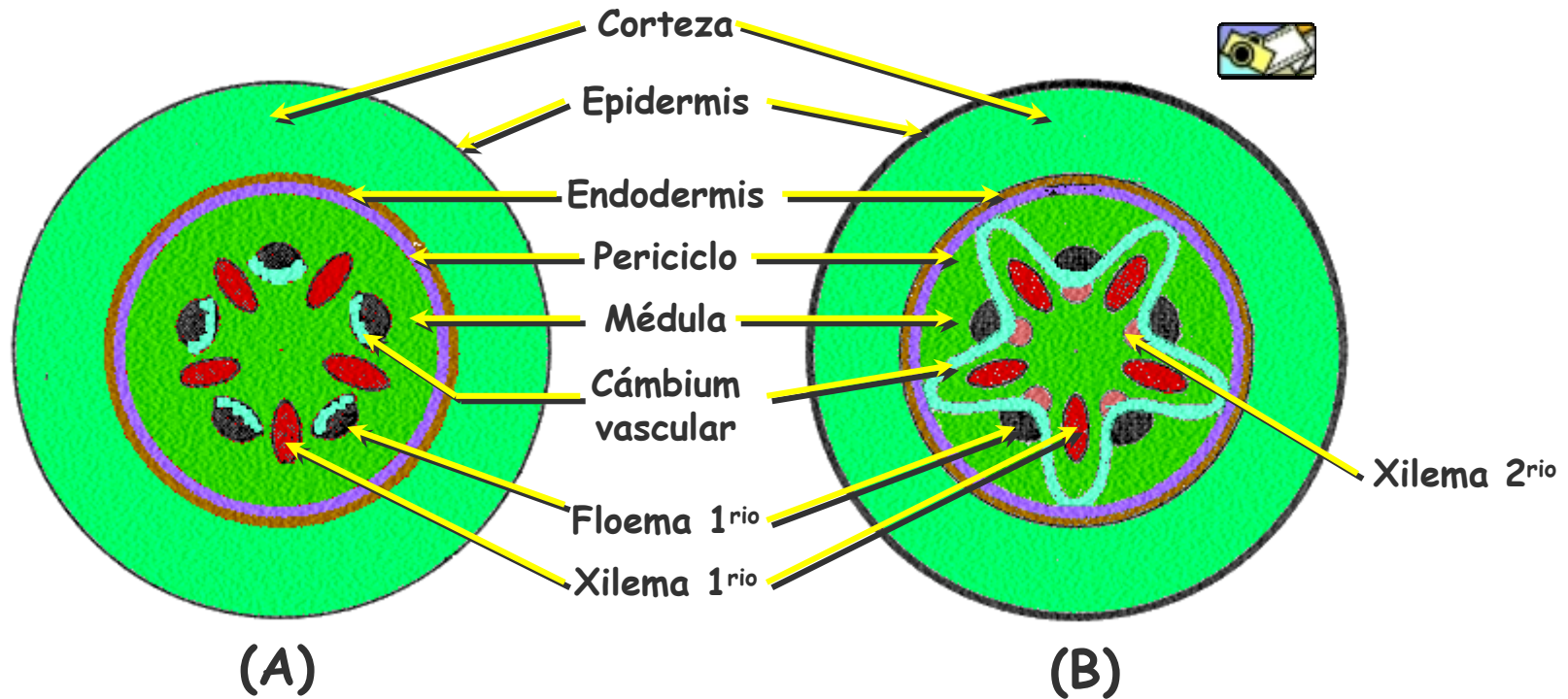


Detalle de una sección transversal de una lenticela del tallo de *Sambucus* sp.

Las Lenticelas-4



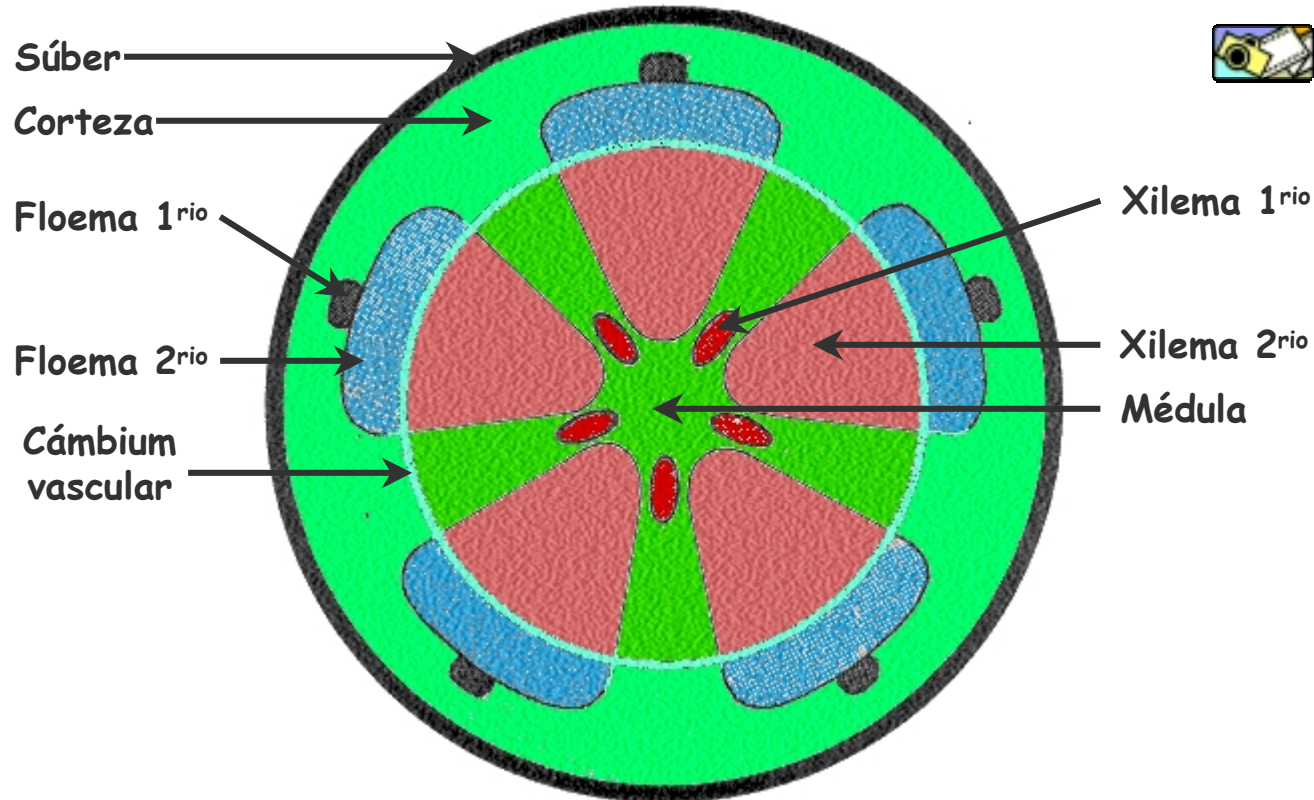
Crecimiento 2^{rio} en la Raíz-1



Crecimiento secundario en una raíz pentarca. (A) Distribución de los tejidos primarios y comienzo de la diferenciación del cámbium vascular sólo a partir de células del procámbium que permanecían indiferenciadas entre el xilema primario y el floema primario, por lo que aparece en forma de bandas separadas. (B) Posteriormente, se transforman también en células cambiales aquellas células del periciclo que se encontraban frente a los polos (parte más periférica) del protoxilema, por lo que el cámbium presenta ya un aspecto continuo, lobulado.



Crecimiento 2^{rio} en la Raíz-2

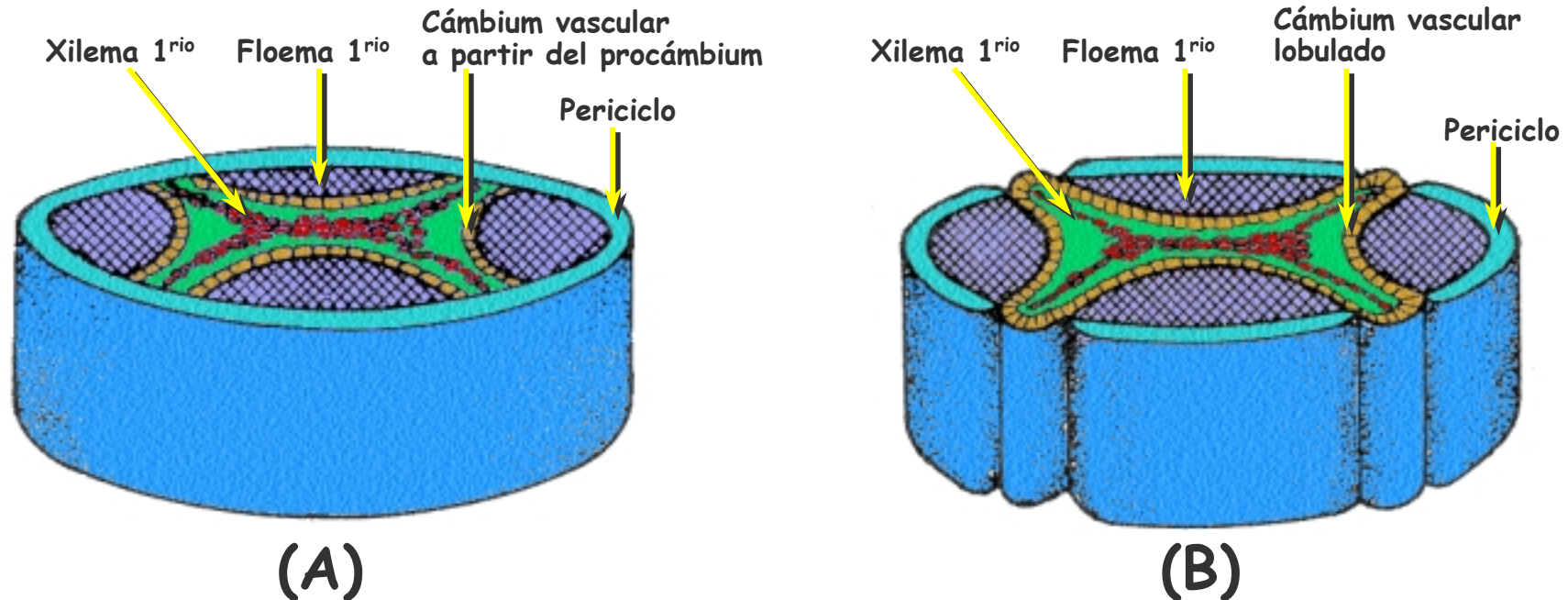


(C)

(C) Finalmente, gracias a la actividad del cámbium vascular, se forman los tejidos conductores secundarios. Al principio se forma sólo xilema secundario hacia el interior, a partir de las bandas de cámbium que se diferenciaron en primer lugar de forma que dichas bandas son desplazadas hacia la periferia; esto determina que el cámbium llegue a tener una disposición circular en lugar de lobulada.



Crecimiento 2^{rio} en la Raíz-3

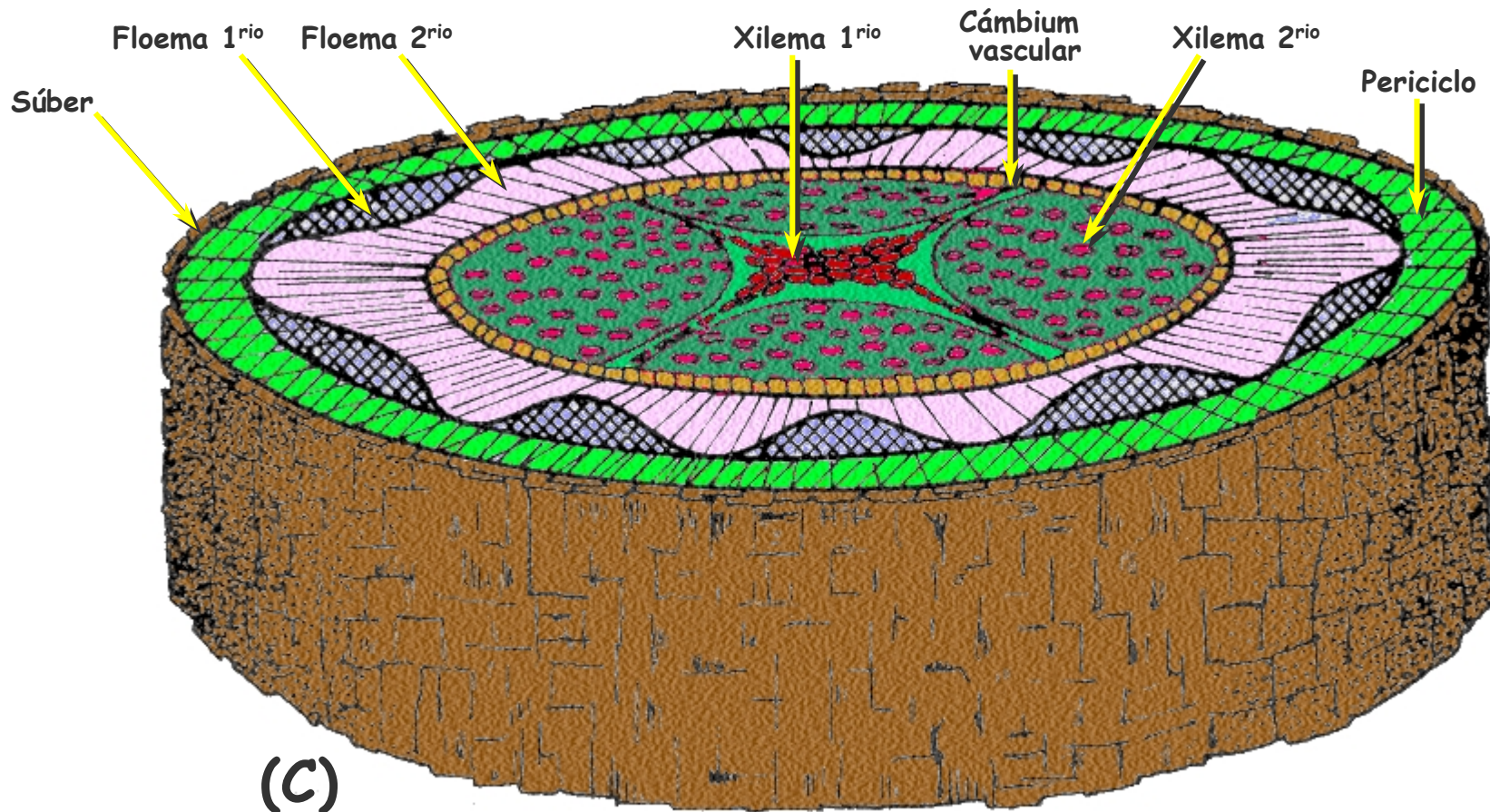


Crecimiento secundario en una raíz tetraarca. (A) En primer lugar, se diferencia el cámbium vascular sólo a partir de células del procámbium que permanecían indiferenciadas entre el xilema y el floema primarios, por lo que aparece en forma de 4 bandas separadas.

(B) Posteriormente, también se transforman en cambiales aquellas células del periciclo que se encontraban frente a los polos (parte más periférica) del protoxilema, por lo que el cámbium presenta ya un aspecto continuo, lobulado.



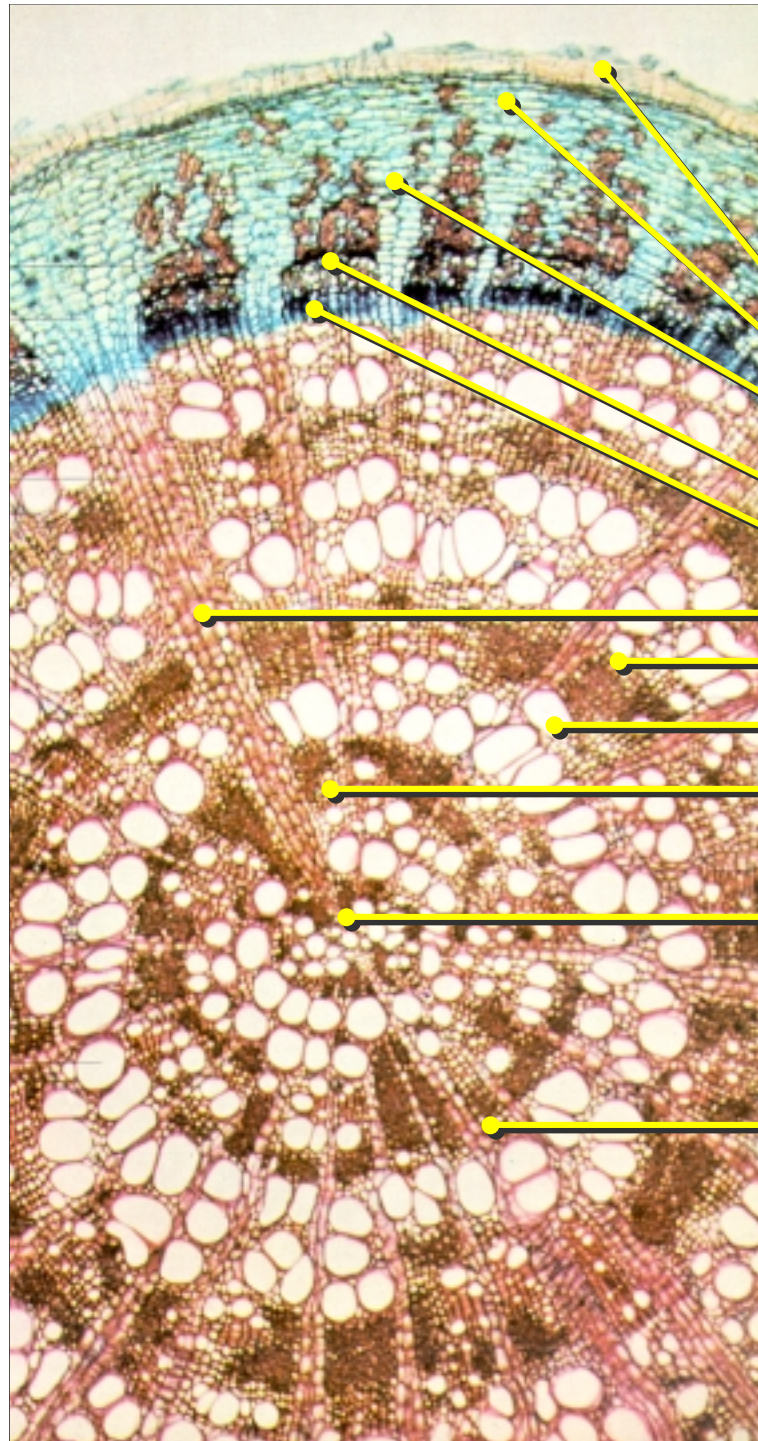
Crecimiento 2^{rio} en la Raíz-4



(C) Finalmente, gracias a la actividad del cámbium vascular, se forman los tejidos conductores secundarios. Al principio sólo se forma xilema secundario hacia el interior, a partir de las bandas de cámbium que se diferenciaron en primer lugar de forma que dichas bandas son desplazadas hacia la periferia; esto determina que el cámbium llegue a tener una disposición circular en lugar de lobulada.



Crecimiento 2^{rio} en la Raíz-5



Súber

Parénquima cortical

Zona ensanchada del parénquima de un radio medular en el floema secundario

Floema secundario

Cámbium vascular

Radio medular

Separación anual

Leño de primavera

Leño de verano

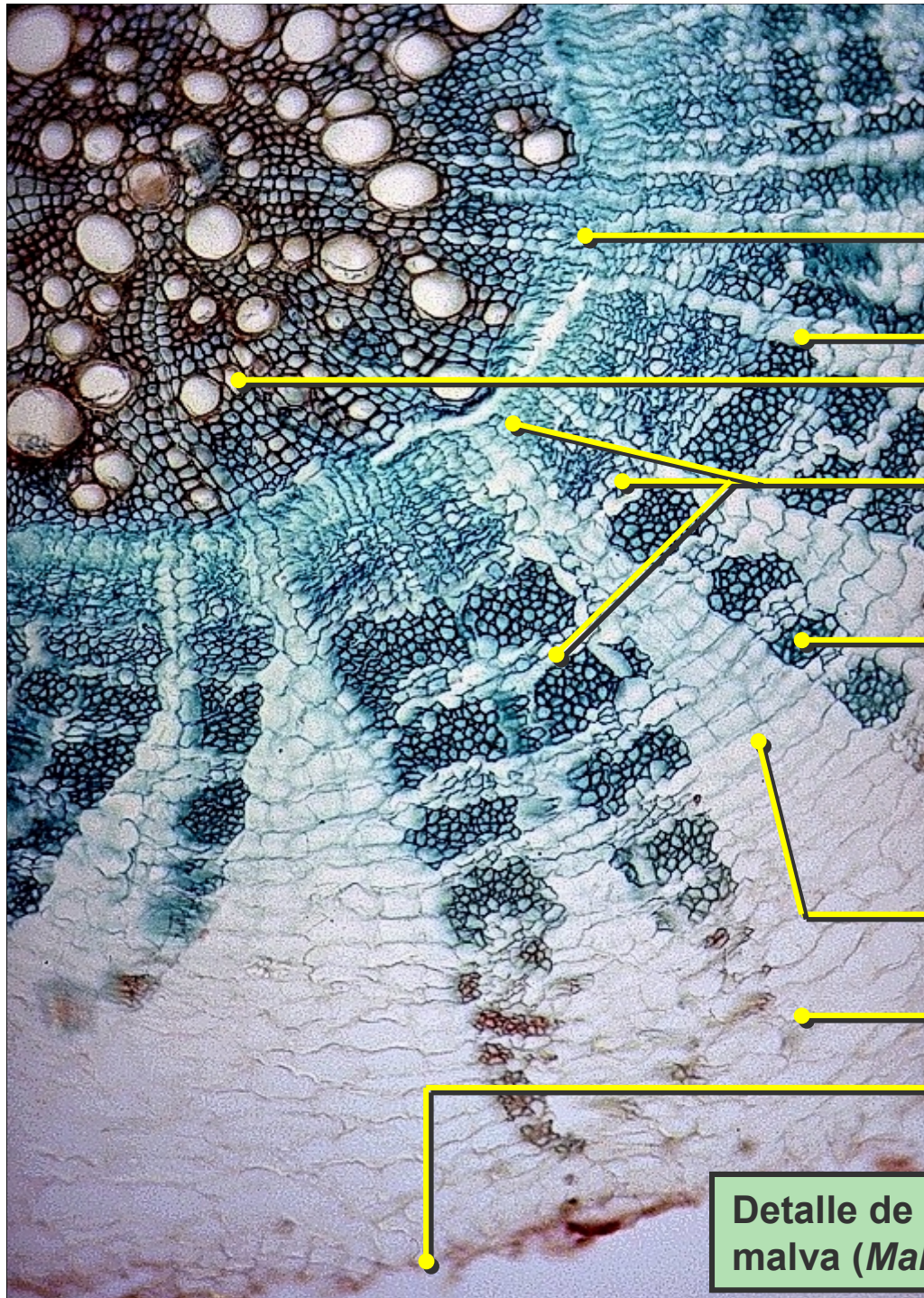
Xilema primario

Separación anual

Detalle de una sección transversal de una raíz de retama (*Sarothamnus* sp) con crecimiento secundario.



Crecimiento 2^{rio} en la Raíz-6



Cámbium vascular

Radio medular

Xilema secundario

Floema secundario

Esclerénquima

Zona ensanchada del parénquima de un radio medular en el floema secundario

Parénquima cortical

Súber

Detalle de una sección transversal de una raíz de malva (*Malva* sp) con crecimiento secundario.

