

---



# *Tema 2: Tejidos Meristemáticos*

**Prof. Francisco J. García Breijo**  
**Unidad Docente de Botánica**  
**Dep. Ecosistemas Agroforestales**  
**Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología**  
**Universidad Politécnica de Valencia**





# ÍNDICE

- Consideraciones previas. El embrión.
- Meristemas
  - Tipos de meristemas.
  - Meristemas Primarios. Tipos.
  - Meristemas Secundarios. Tipos.
- Créditos de las Figuras.



# Consideraciones Previas. El embrión (1)

- Desde el punto de vista del desarrollo, todas las plantas con semilla muestran el mismo plan básico de estructura y son notoriamente similares en las etapas tempranas del crecimiento.
- El cuerpo muy organizado de una planta con semilla representa la fase esporofítica de su ciclo vital.
- Comienza su existencia con la **oosfera (ovocélula)** fecundada, el **zigoto**, que se desarrolla dando un embrión por medio de pasos característicos que prefiguran la organización del adulto.



# Consideraciones Previas. El embrión (2)

- En los primeros estadios del desarrollo, todas sus células tienen capacidad de división celular.
- A medida que se va formando la plántula sólo algunas partes permanecen con esa capacidad: los **meristemas**.
- Conforme el organismo se va desarrollando, las células originadas por mitosis se van **diferenciando** para formar los distintos tejidos del cuerpo.
  - **Diferenciación**: proceso de crecimiento y especialización anatómica y funcional que se produce en los meristemas.



# Consideraciones Previas. El embrión (3)

- Las divisiones celulares que transforman el cigoto unicelular en una planta pluricelular ocurren en orientaciones predeterminadas desde las etapas tempranas del desarrollo del embrión.
  - El embrión adopta una forma específica en la cual se puede reconocer un **eje de polaridad**:
    - **Polo apical**: células pequeñas y gruesas, contiene el ápice caulinar (formará el vástago);
    - **Polo basal**: células más grandes, contiene el ápice radical (formará la raíz).
- y uno o más apéndices, parecidos a hojas, los **cotiledones**.
- Se diferencia el **hipocótilo** y el **epicótilo** o **plúmula**.



# Consideraciones Previas. El embrión (4)

- A medida que el embrión crece, la capacidad de división se va limitando a los ápices, caulinar y radical (**crecimiento apical**), y a otras zonas concretas de su cuerpo.
  - Aparecen tejidos meristemáticos y adultos.
- **Planta adulta:** raíz y vástago.
  - Posee diferentes tejidos: **adultos** y **embrionarios** (permiten el crecimiento continuado de la planta).
    - Tejidos adultos: **parenquimáticos, mecánicos, conductores, protectores, y secretores.**
    - Tejidos embrionarios: los **meristemas.**



# Meristemas

- Su nombre deriva del griego «μεριζω»(*meristo*): dividir.
- Tejidos **embrionarios** que persisten en la planta durante toda su vida.
  - Responsables de su crecimiento permanente, gracias a su capacidad de sufrir mitosis y diferenciación.
  - No desaparecen nunca.
- Tipos celulares:
  - **CÉLULAS INICIALES**: siempre permanecen embrionarias.
  - **CÉLULAS DERIVADAS DE LAS INICIALES**: se determinan para diferenciarse posteriormente en las células de los demás tejidos.
- Desdiferenciación celular.





# Tipos de meristemas (1)

- Según la **POSICIÓN** topográfica en la planta:
  - **APICALES:** localizados en el ápice de los órganos (tallos, raíces, glándulas, etc.) que forman;
  - **BASALES:** localizados en la base de los órganos (p.e., espinas) que forman;
  - **INTERCALARES:** situados entre células diferenciadas (maduras), contribuyendo al crecimiento en ambos lados;
  - **LATERALES:** localizados en la periferia de los órganos, favoreciendo el crecimiento en grosor; y
  - **AXILARES:** son los meristemas apicales de las yemas, situados en las axilas de las hojas.



# Tipos de meristemas (2)

- Según la **NATURALEZA** de las células que lo forman:
  - **PRIMARIOS** (derivados de células embrionarias),
  - **M. REMANENTES** (células embrionarias que quedan aisladas por tejidos adultos); **MERISTEMOIDES** (cuando son pequeñas masas);
  - **SECUNDARIOS** (derivados de células reembrionalizadas).
- Según el **TIEMPO DE APARICIÓN** (secuencia de formación) en la planta:
  - **PRIMARIOS:**
    - son los meristemas apicales del tallo y raíz presentes originariamente en el embrión.
    - Producen los **tejidos primarios**.
  - **SECUNDARIOS:**
    - se originan a partir de tejidos primarios por desdiferenciación.
    - Producen los **tejidos secundarios**.



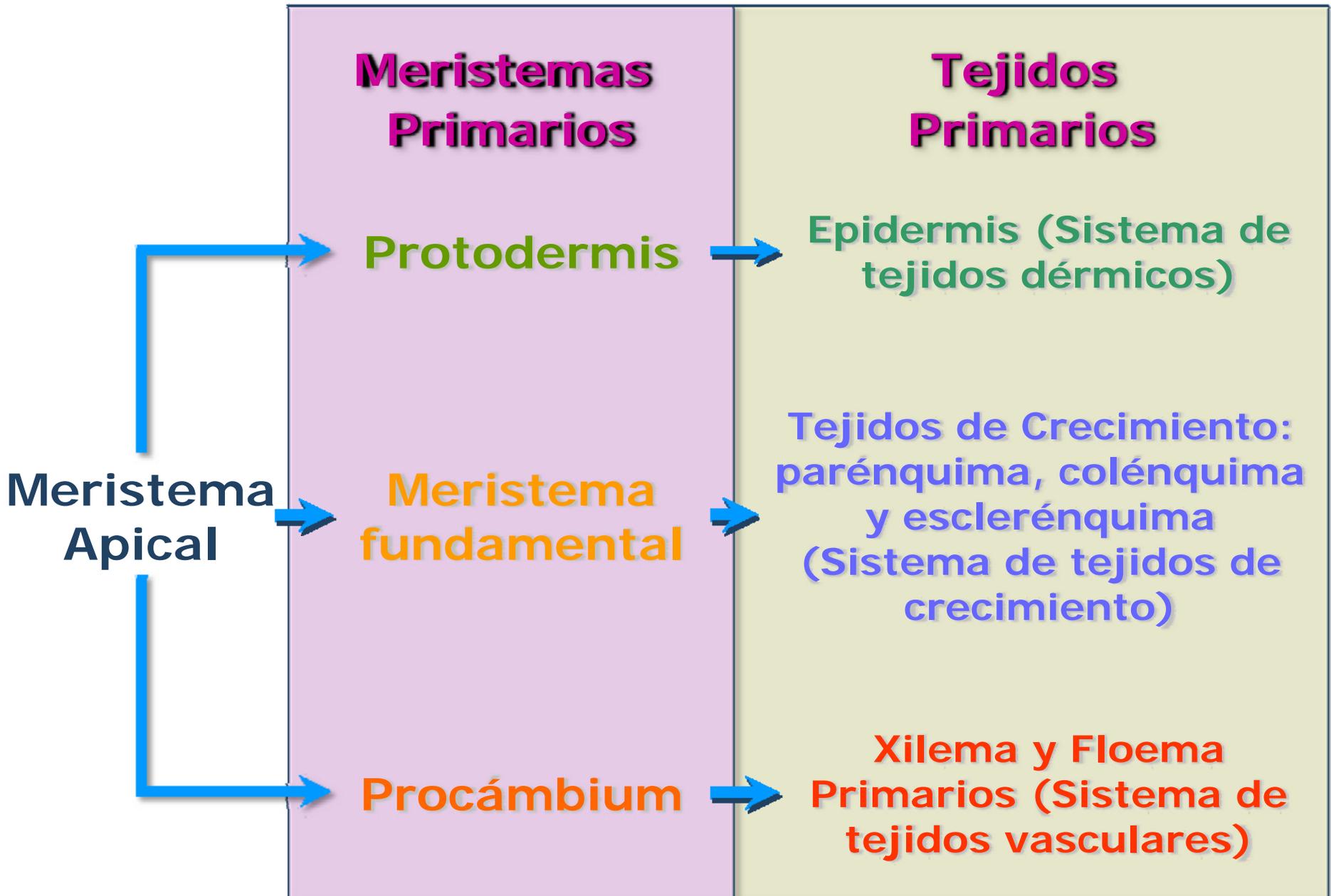
# Meristemas Primarios. Tipos.

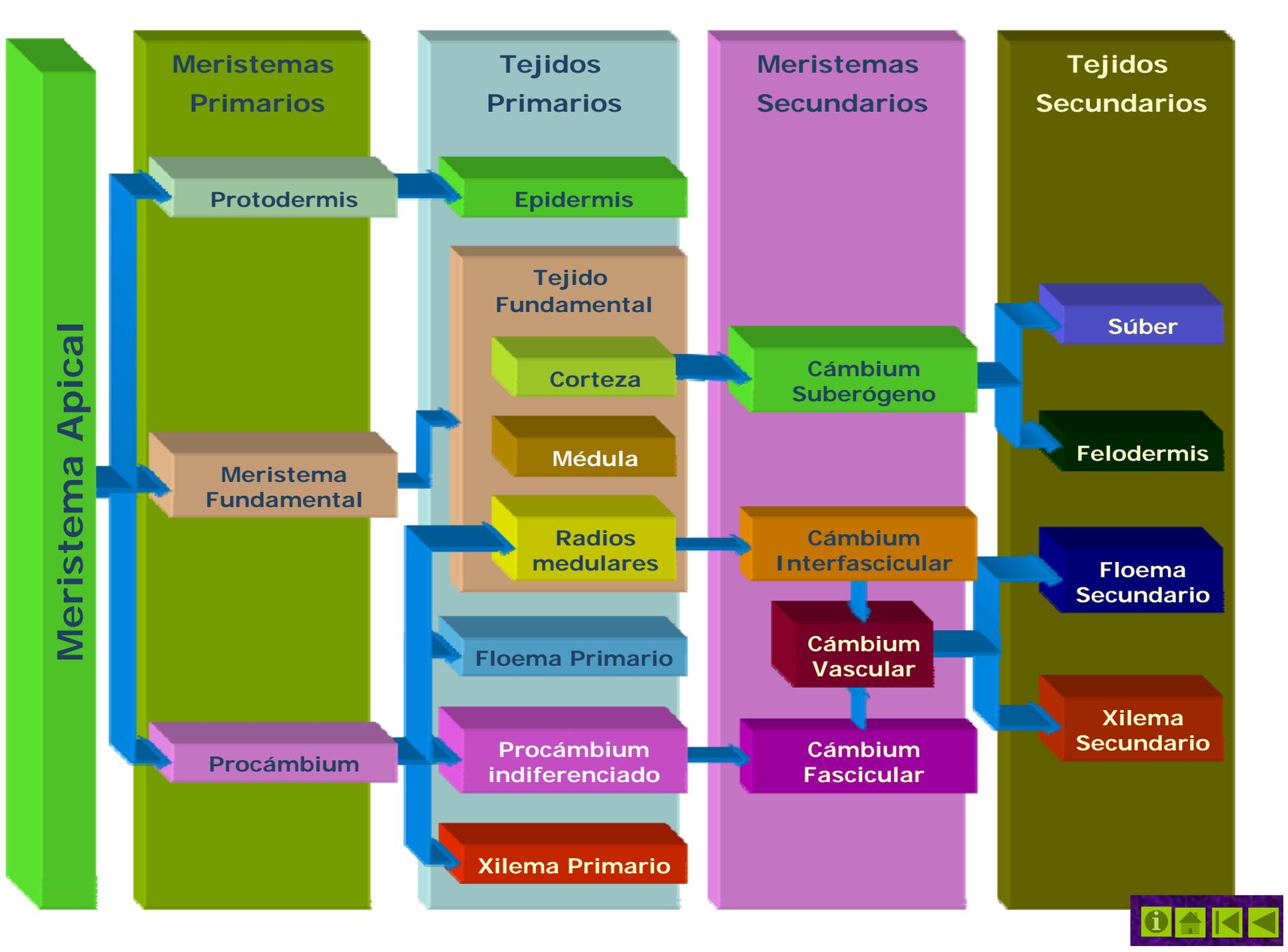
- Facilitan el crecimiento en longitud.
- Características de las células meristemáticas.
- **MERISTEMAS APICALES**: situados en los ápices de brotes y raíces (tanto principales como laterales).
-  ■ **M. APICALES CAULINARES**: permiten el crecimiento del tallo, ramas y hojas. (**MAC**; **SAM**)
-  ■ **M. APICALES RADICALES**: permiten el crecimiento de las raíces.
- **MERISTEMAS INTERCALARES**: situados en la base de los entrenudos de las ramas.
  - Son de tipo **remanente**.



# Meristemas Secundarios. Tipos.

- Facilitan el crecimiento en grosor.
- El CÁMBIUM VASCULAR: responsable desarrollo en espesor de los tejidos internos de la planta.
- El CÁMBIUM SUBERÓGENO o FELÓGENO: forma la corteza protectora de la planta.







# Diferenciación celular (1)

- Transformación morfológica y fisiológica de las células meristemáticas en tejidos adultos o diferenciados.
- La diferenciación se produce por la activación diferencial de algunos genes y la represión de otros.
- Durante el proceso de diferenciación las células sufren una serie de cambios en sus características y se produce un reajuste en sus relaciones mutuas.
  - **(1) Alteraciones en la forma y en el contenido celular.**
    - Reunión de las pequeñas vacuolas en otra más grande que comprime al citoplasma y a los orgánulos contra la pared celular.
    - Cambios en los orgánulos, aparición de sustancias ergásticas, alteraciones profundas del protoplasma o desaparición del mismo.
    - Alargamiento de las células.
    - Desespiralización de la cromatina.



# Diferenciación celular (2)

- Durante el proceso de diferenciación las células sufren una serie de cambios en sus características y se produce un reajuste en sus relaciones mutuas.
  - **(2) Cambios en la estructura de las paredes celulares**, en espesor y en composición química, o por desaparición de porciones de la misma.
  - **(3) Reajustes entre las células**: aparición de espacios intercelulares que a veces modifican notablemente el aspecto del tejido. Se crean de dos formas:
    - **Lisígena**: lisis de las células presentes.
    - **Esquizógena**: por separación de las células existentes debido al crecimiento celular y reabsorción de la lamela media.
  - **(4) Crecimiento diferencial en células vecinas**. Hay 2 posibilidades: crecimiento *simplástico* y crecimiento *intrusivo*.



# Desdiferenciación celular

- Las células adultas vivas, aunque hayan alcanzado especialización y estabilidad fisiológica, pueden recobrar su actividad meristemática cuando son adecuadamente estimuladas.
- Este proceso recibe el nombre de **desdiferenciación (reembrionalización** según Strasburger 1994). No puede ocurrir cuando ha ocurrido una modificación muy profunda del protoplasto o su desaparición.
- Ocurre naturalmente en las plantas cuando se originan los *meristemas secundarios*.
  - Por ejemplo, el **felógeno**.





# Células Meristemáticas. Características (1)

- Ejemplos.
- Indiferenciadas.
- Pequeñas e isodiamétricas (excepto cámbium vascular).
- Forman tejidos compactos, sin espacios intercelulares.
- Gran núcleo (nucleolo difuso) y poco citoplasma.
- Pared celular delgada constituida de pared primaria y lamela media. (Algunos poseen campos de poros 1<sup>os</sup>).





# Células Meristemáticas. Características (y 2)

- Sin inclusiones citoplásmicas y con pocos orgánulos:
  - Abundantes ribosomas libres y dictiosomas (Aparato de Golgi).
  - Retículo endoplásmico (liso y rugoso) escaso.
  - Mitocondrias escasas y con pocas crestas.
  - Presentan proplastidios.
- Grado de vacualización variable.
- Gran capacidad de división celular. [Figuras](#).
  - No existe sincronía en la división celular.
  - La asincronía es uniforme en meristema apical radical y más variable en el apical caulinar.
  - Importancia de la [citocinesis](#) en el proceso de diferenciación.

# Meristemas Apicales

## □ Histogénesis:

- Tienen forma cónica.
- 4 Teorías de desarrollo:
  - Células iniciales tetraédricas apicales. 
  - Los tres histógenos.
  - Túnica-carpus.
  - Grupo apical de células iniciales y de células madres.



# Meristemas Apicales: estadios de desarrollo

- En los meristemas apicales primarios pueden distinguirse distintas regiones con diferentes grados de diferenciación:
  - **PROTODERMIS**: capa de células meristemáticas que originará la **epidermis**.
  - **PROCÁMBIUM** capa de células que originará los **tejidos vasculares primarios** (xilema y floema primarios).
    - Acaba siendo un meristemo **remanente**.
    - Puede formar, en algunos casos, el **CÁMBIUM VASCULAR**.
  - **Meristema FUNDAMENTAL**: grupo de células meristemáticas que origina el **resto de los tejidos** de la planta (parénquimas, colénquimas, esclerénquimas).





# El Cámbium Vascular (1)

- Principal **meristema secundario** de tipo **remanente**. No existe en las plantas vasculares inferiores ni en monocotiledóneas.
- Se origina a partir del procámbium (**cambium fascicular**) o por desdiferenciación del parénquima (**cambium interfascicular**).
- Puede disponerse en forma cilíndrica o en haces.
- Las **células cambiales** son similares a las de los meristemas apicales pero no todas tienen forma isodiamétrica, pudiendo ser considerablemente alargadas.
  - Tipos de células cambiales.
- Actividad: Forma el **xilema** y el **floema secundarios**.



# El Cámbium Vascular (2)

- Tipos de cámbium vascular (según la disposición de las células cambiales):
  - **CÁMBIUM ESTRATIFICADO**: células fusiformes poco alargadas y de tamaño similar. Se disponen formando filas horizontales donde todas las células están al mismo nivel.
  - **CÁMBIUM NO ESTRATIFICADO**: células fusiformes de longitud variable y dispuestas de forma desordenada.



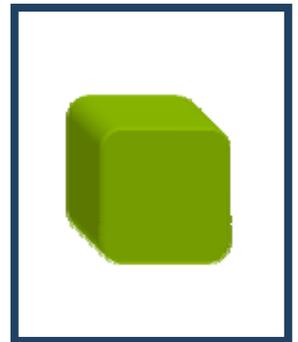
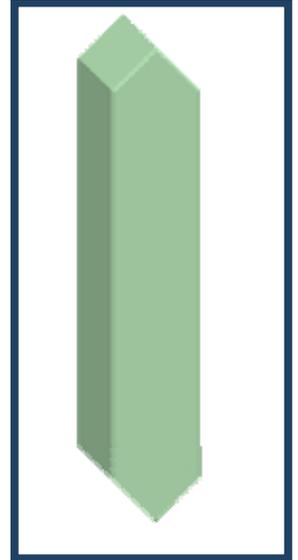
# El Cámbium Suberógeno

- Meristema secundario que produce **súber**.
- También denominado **felógeno**.
  - El súber o corcho son capas de células que mueren y forman una cubierta protectora del sistema vascular y de los tejidos internos de la planta.
- Suele originarse por desdiferenciación de células parenquimáticas, colenquimáticas o epidérmicas.
- Sólo posee un tipo celular algo alargado, con cloroplastos bien desarrollados.



# Tipos de células cambiales

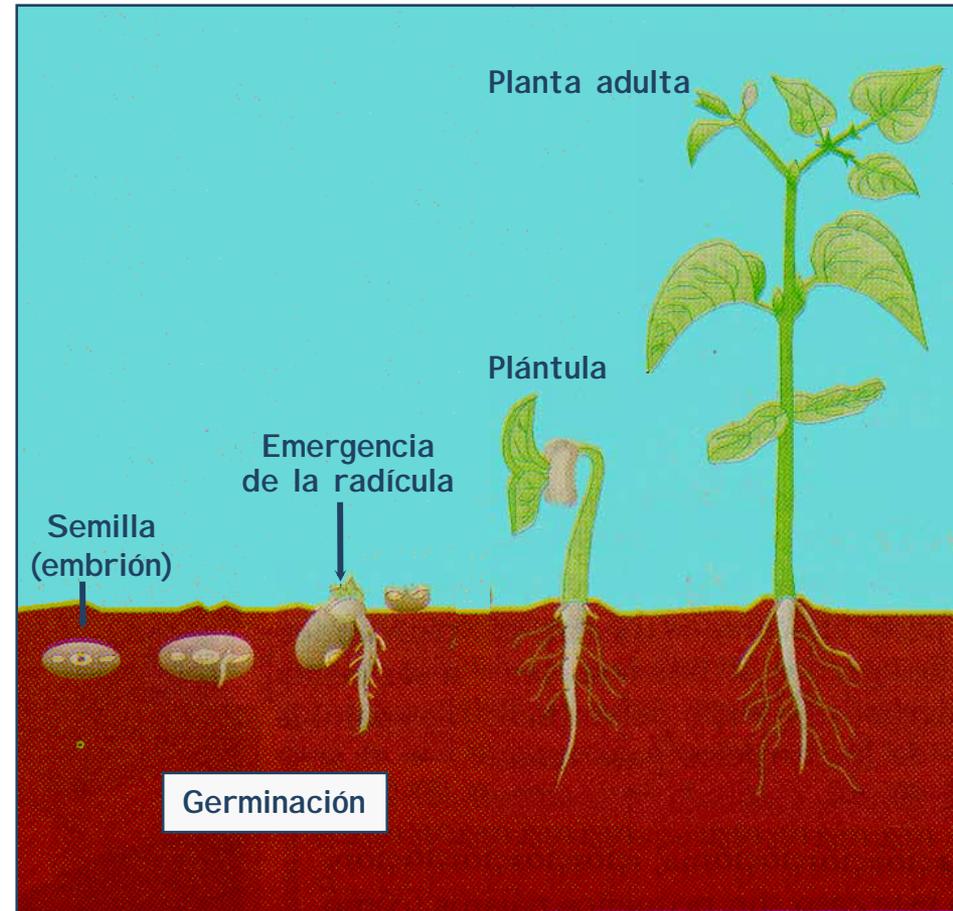
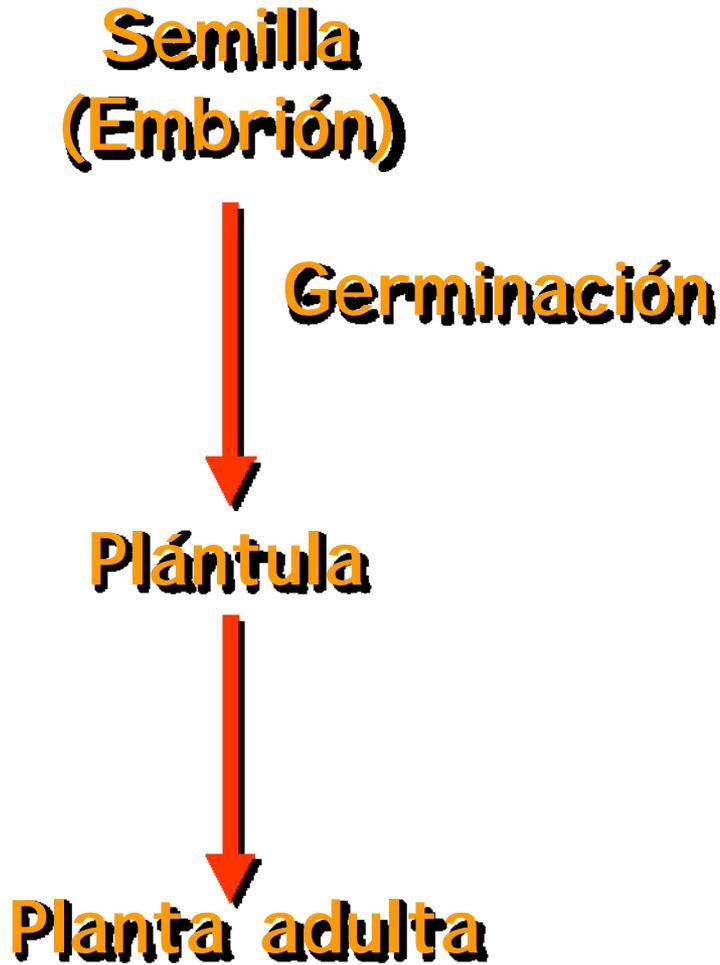
- **CÉLULAS INICIALES FUSIFORMES:** grandes, alargadas y de extremos fusiformes.
  - Originan todas las células vasculares secundarias (xilema y floema secundarios)
- **CÉLULAS INICIALES RADIALES:** pequeñas e isodiamétricas.
  - Son menos numerosas. Forman las células parenquimáticas radiomedulares.



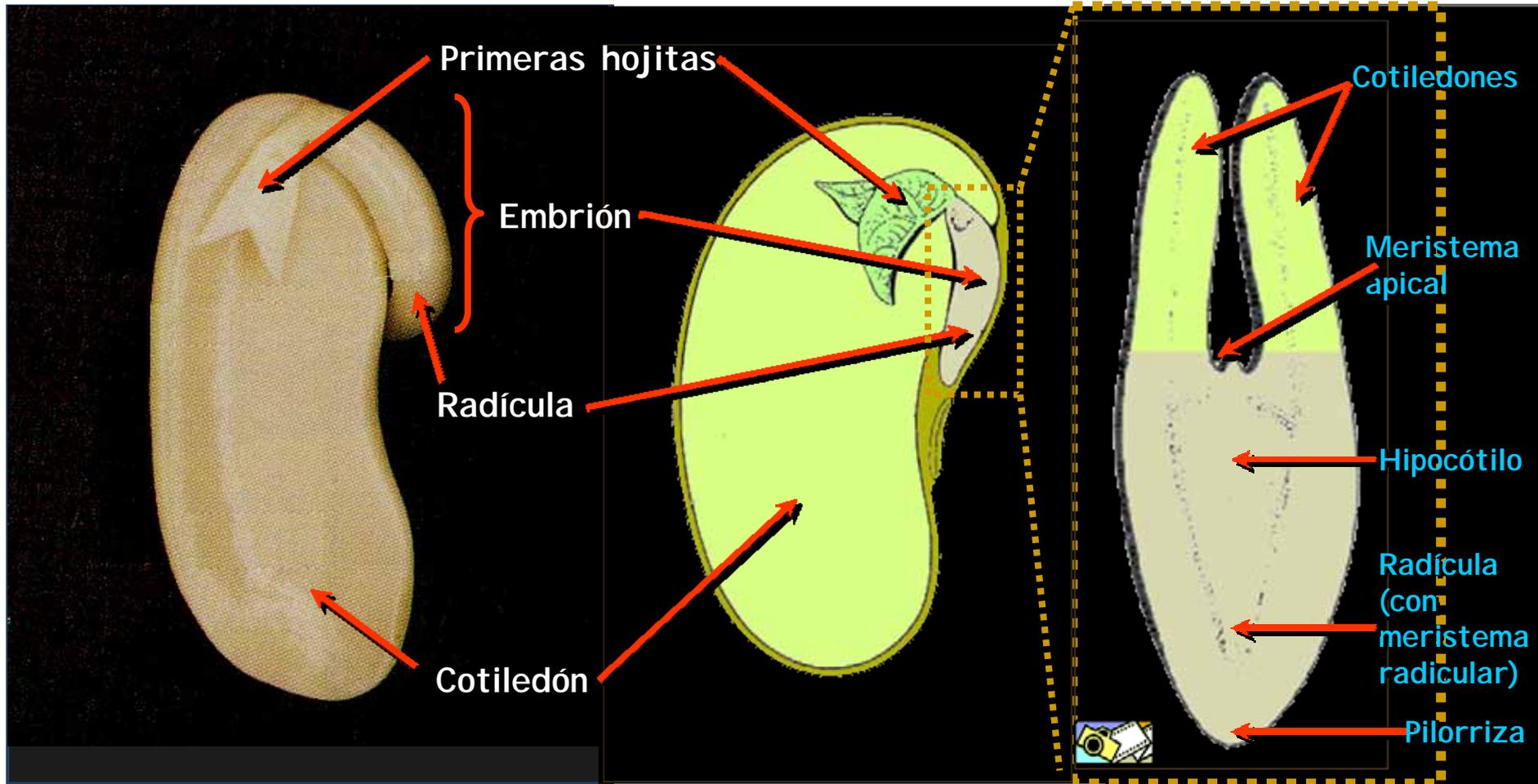


# *Esquemas y Figuras*

# Desarrollo de la planta con semilla



# La Semilla y el Embrión



Fotografía y esquema de la sección longitudinal de una semilla de judía (*Phaseolus vulgaris*) mostrando sus partes principales. En el esquema de la derecha se muestra las partes fundamentales del embrión. Este embrión crecerá y se desarrollará dando una plántula y más tarde una planta adulta.



# La Semilla y el Embrión



**Cotiledones**

**Meristema apical caulinar**

**Embrión**

**Hipocótilo**

**Endospermo**

**Meristema apical radical**

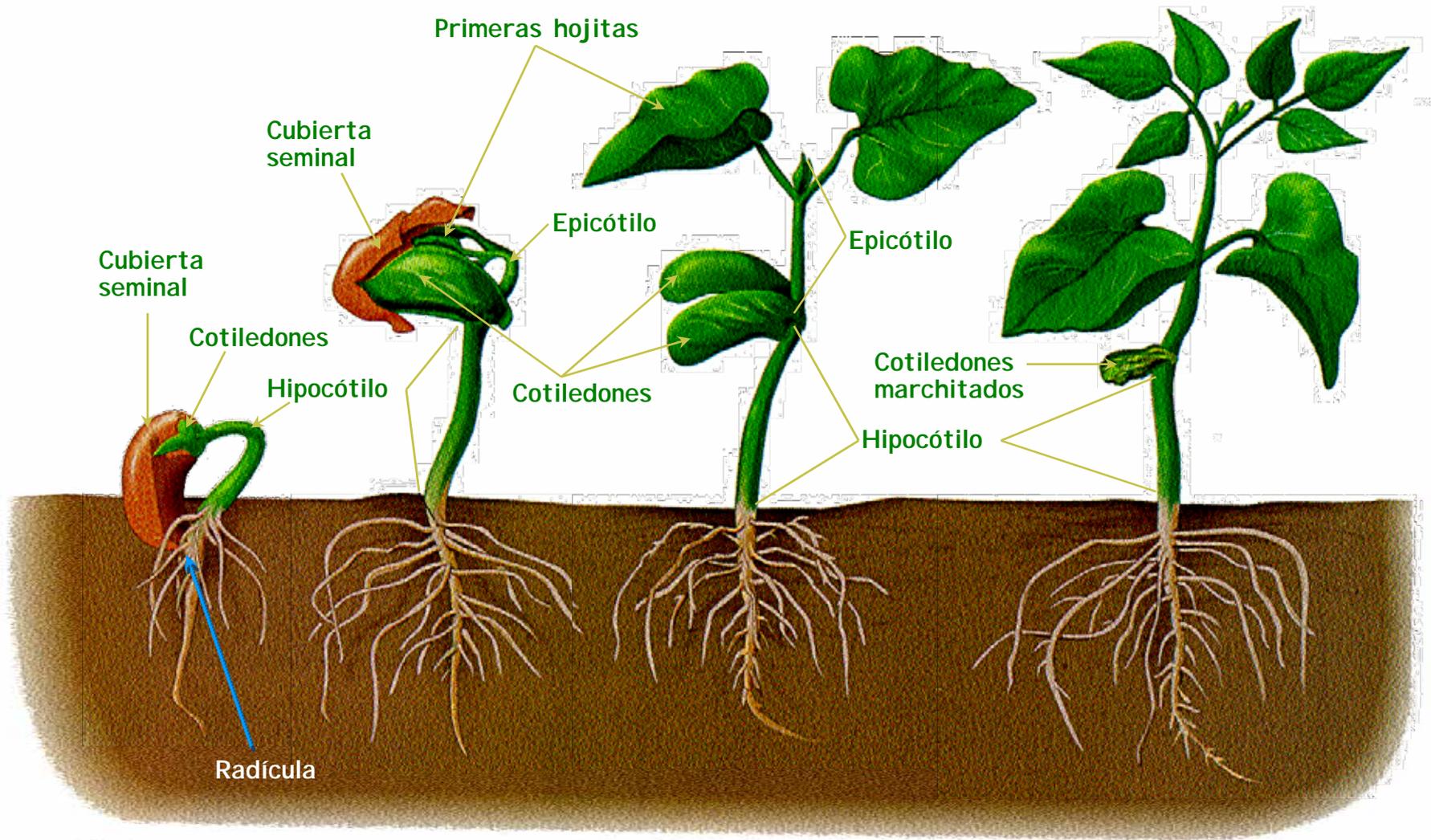
**Caliptra o piloriza**

**Cubierta seminal**

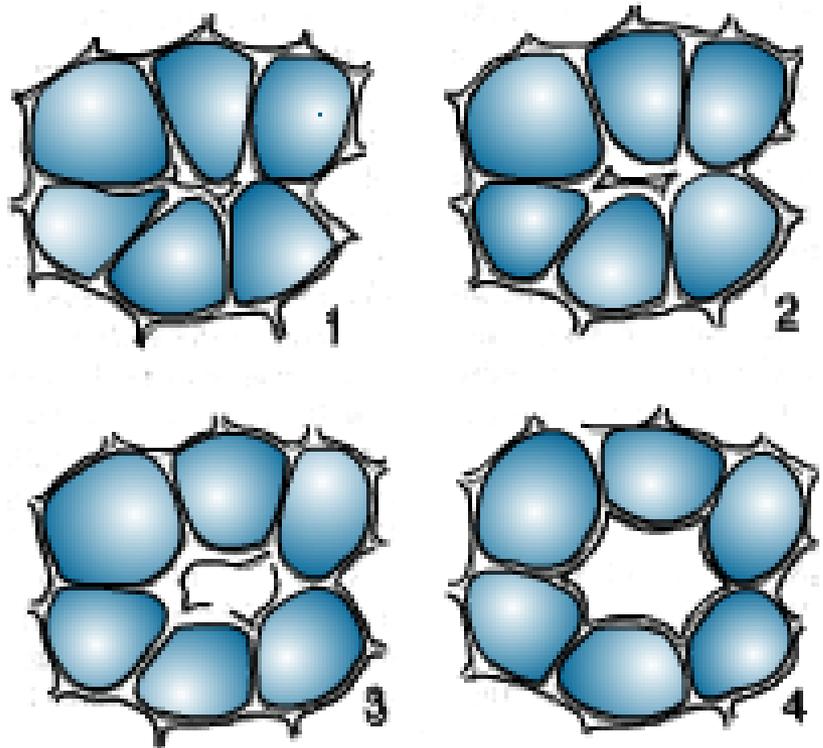
Micrografía de una sección longitudinal de un embrión en formación de una crucífera (*Capsella bursa pastoris*)



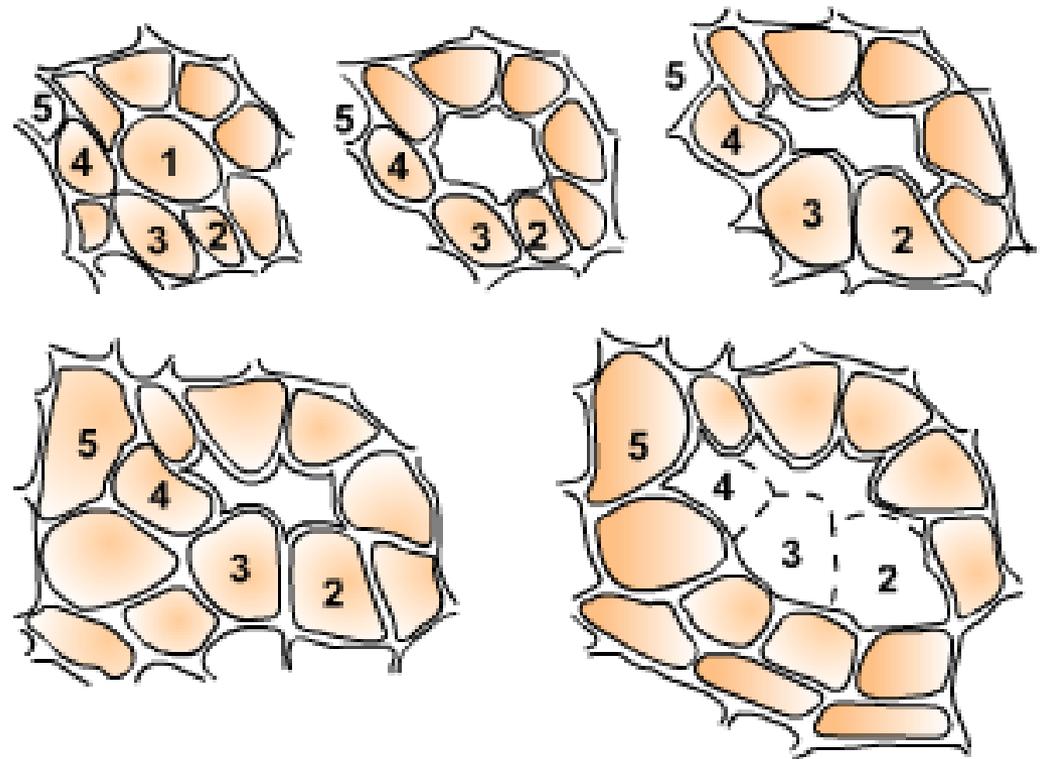
# De embrión a plántula



# Desarrollo esquizógeno

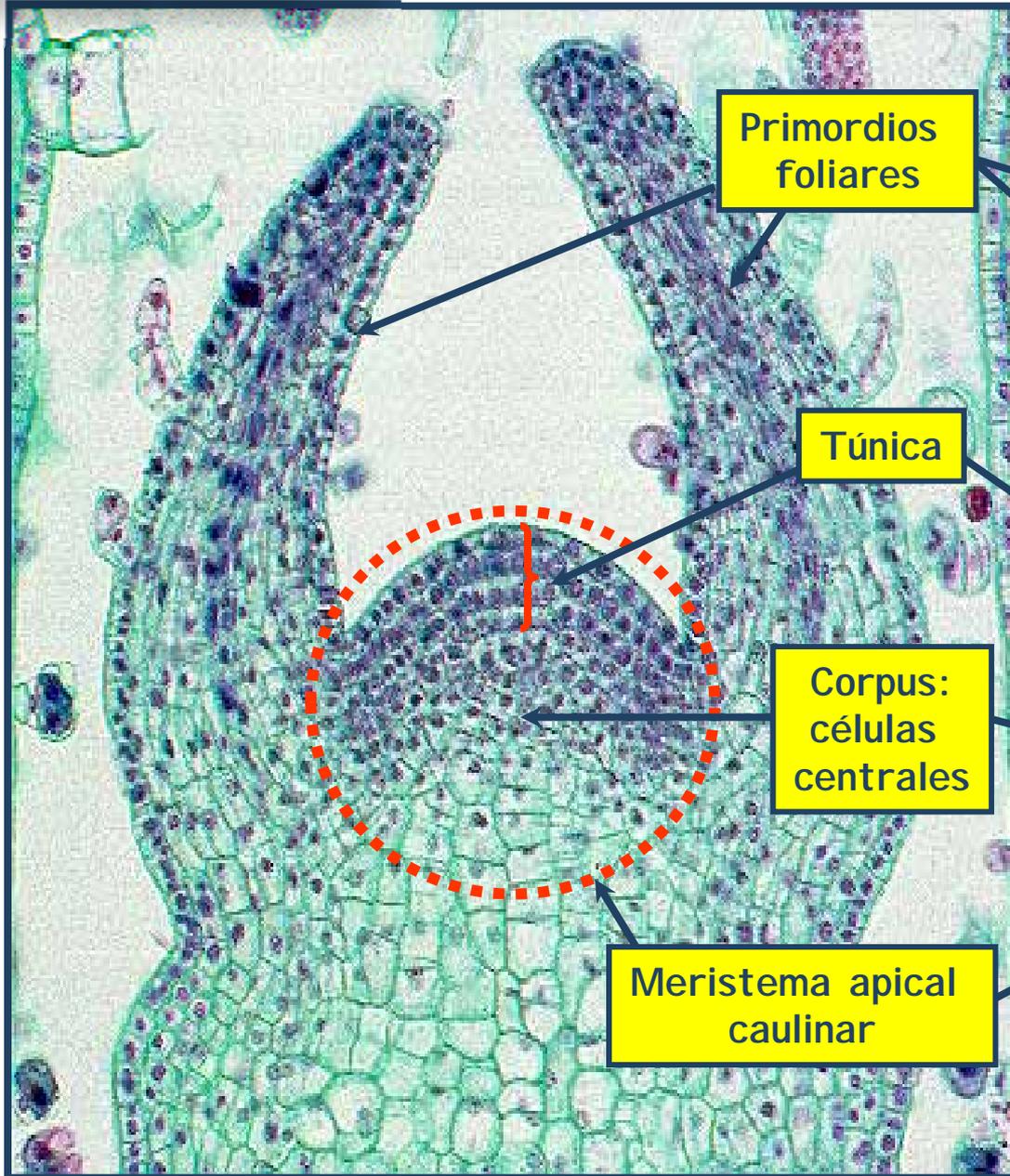


# Desarrollo lisigénico



SL del ápice caulinar  
de *Coleus blumei*

# Meristema apical caulinar

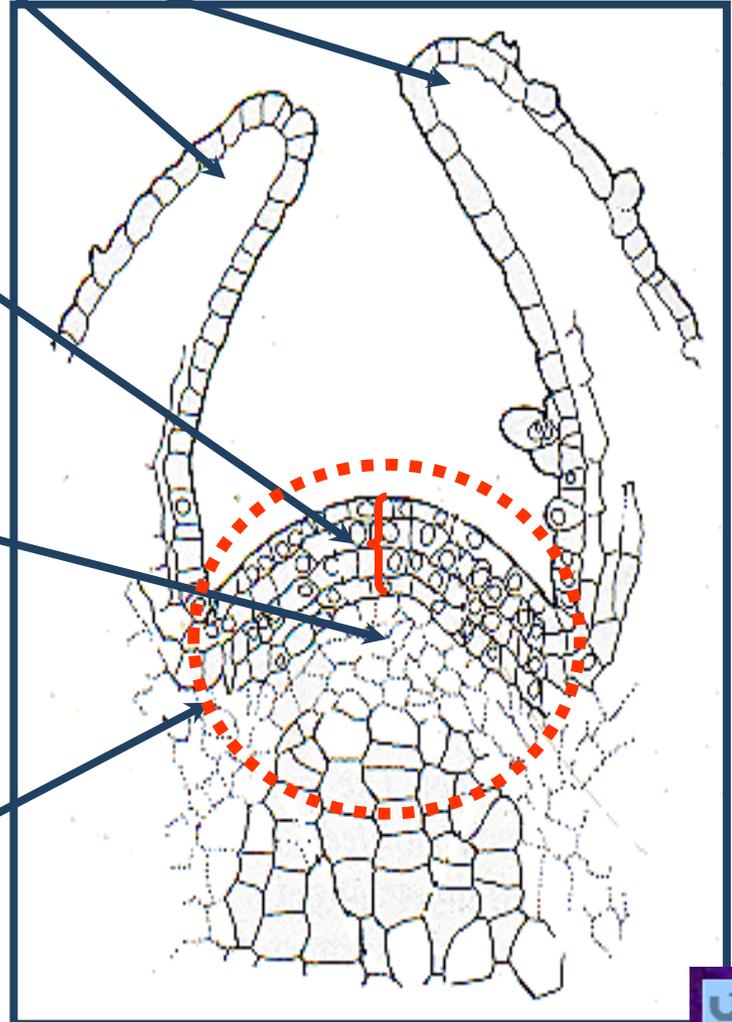


Primordios  
foliares

Túnica

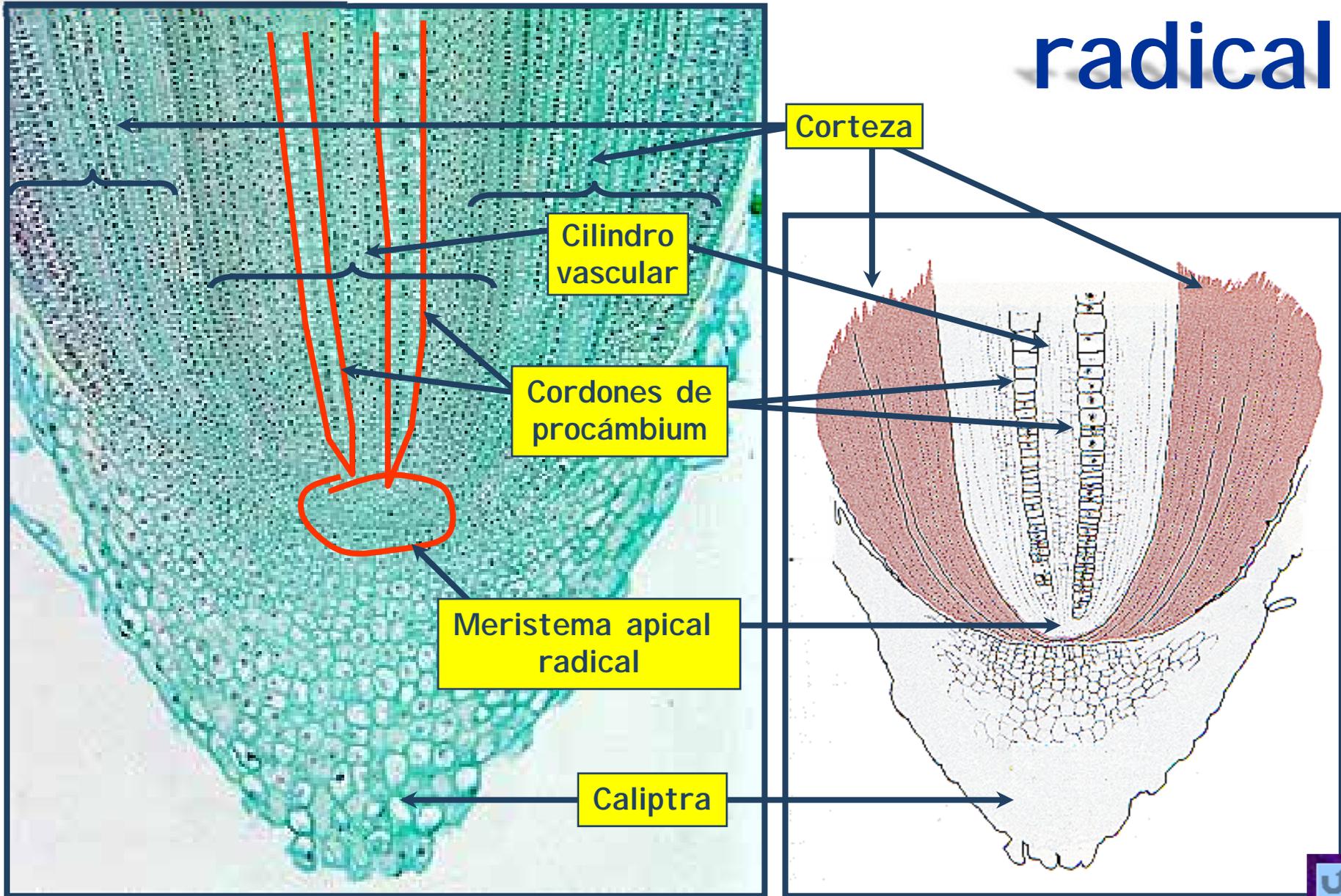
Corpus:  
células  
centrales

Meristema apical  
caulinar



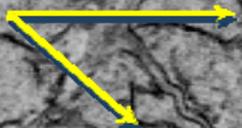
SL de un ápice radical  
de *Zea mays* (maíz)

# Meristema apical radical



# Células meristemáticas-1

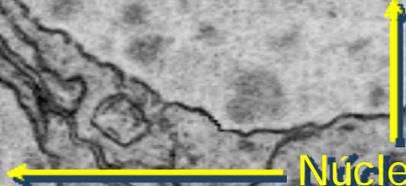
Retículo endoplásmico



Mitocondrias



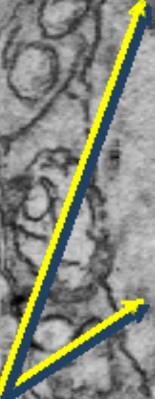
Núcleos



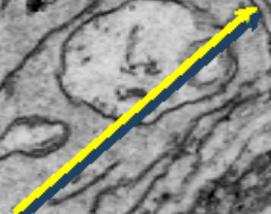
Dictiosoma



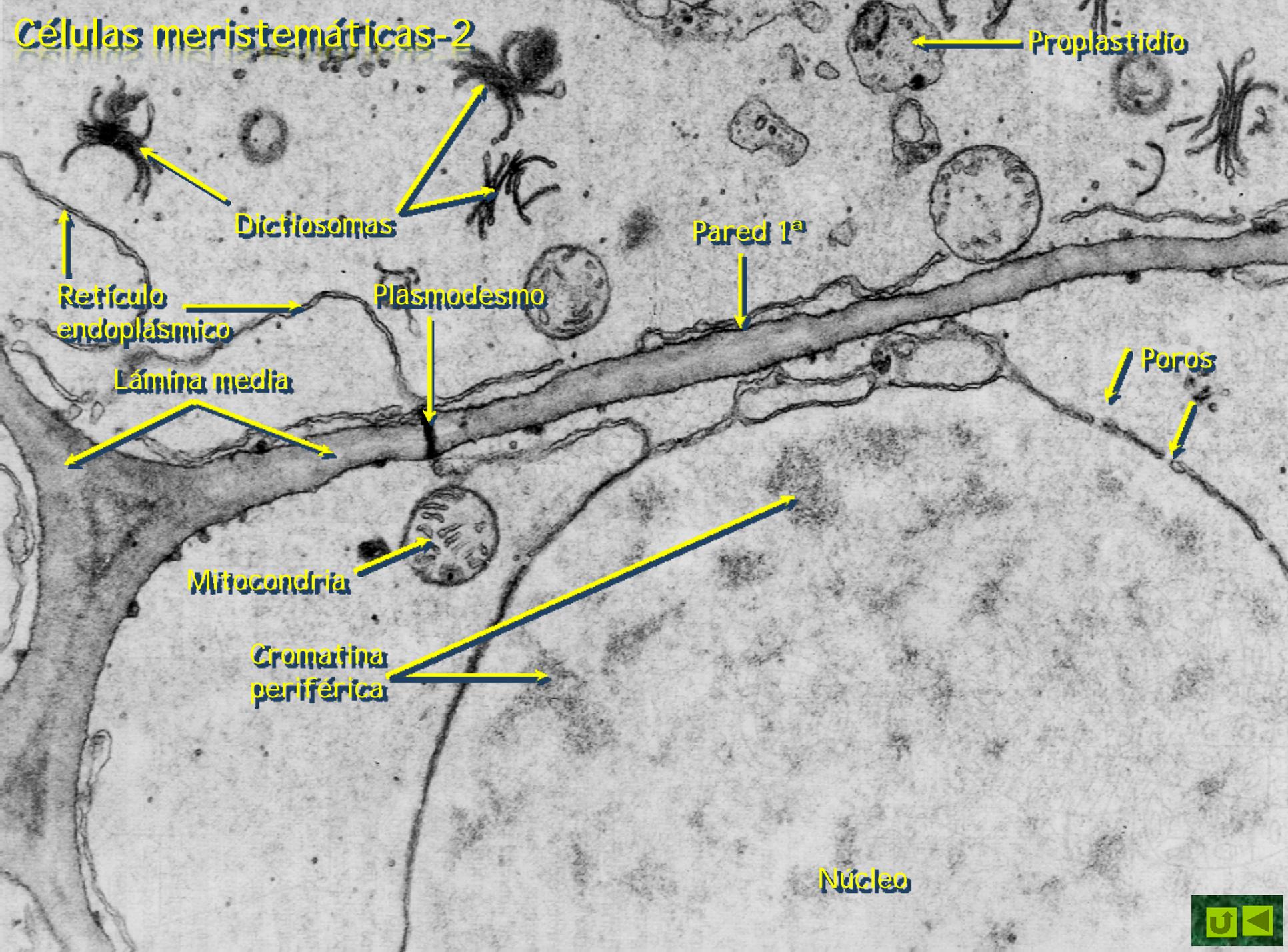
Cromatina periférica



Pared celular



# Células meristemáticas-2



Proplastidio

Dictiosomas

Pared 1ª

Retículo endoplásmico

Plasmodesmo

Lámina media

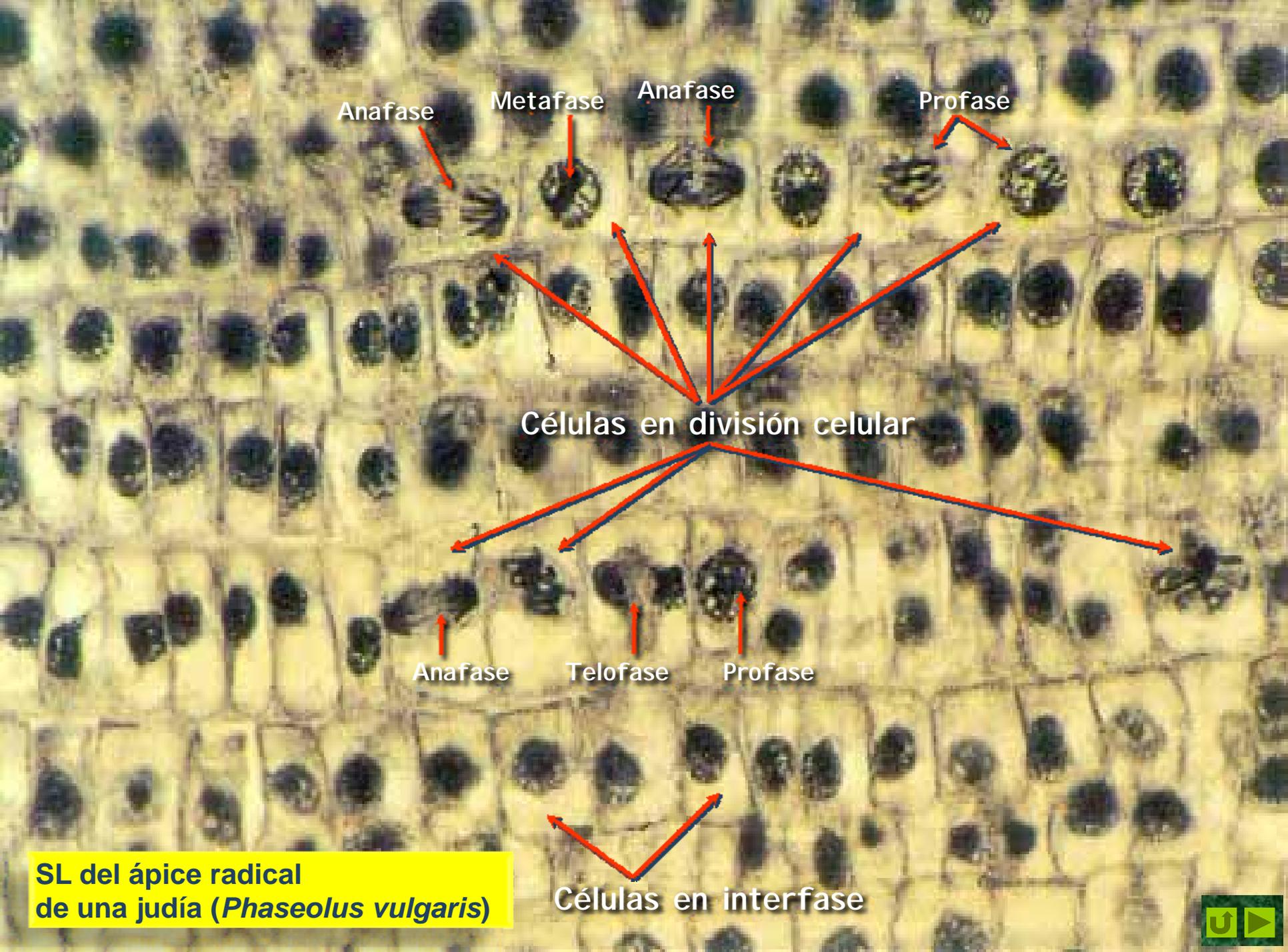
Poros

Mitocondria

Cromatina periférica

Núcleo





Anafase

Metafase

Anafase

Profase

Células en división celular

Anafase

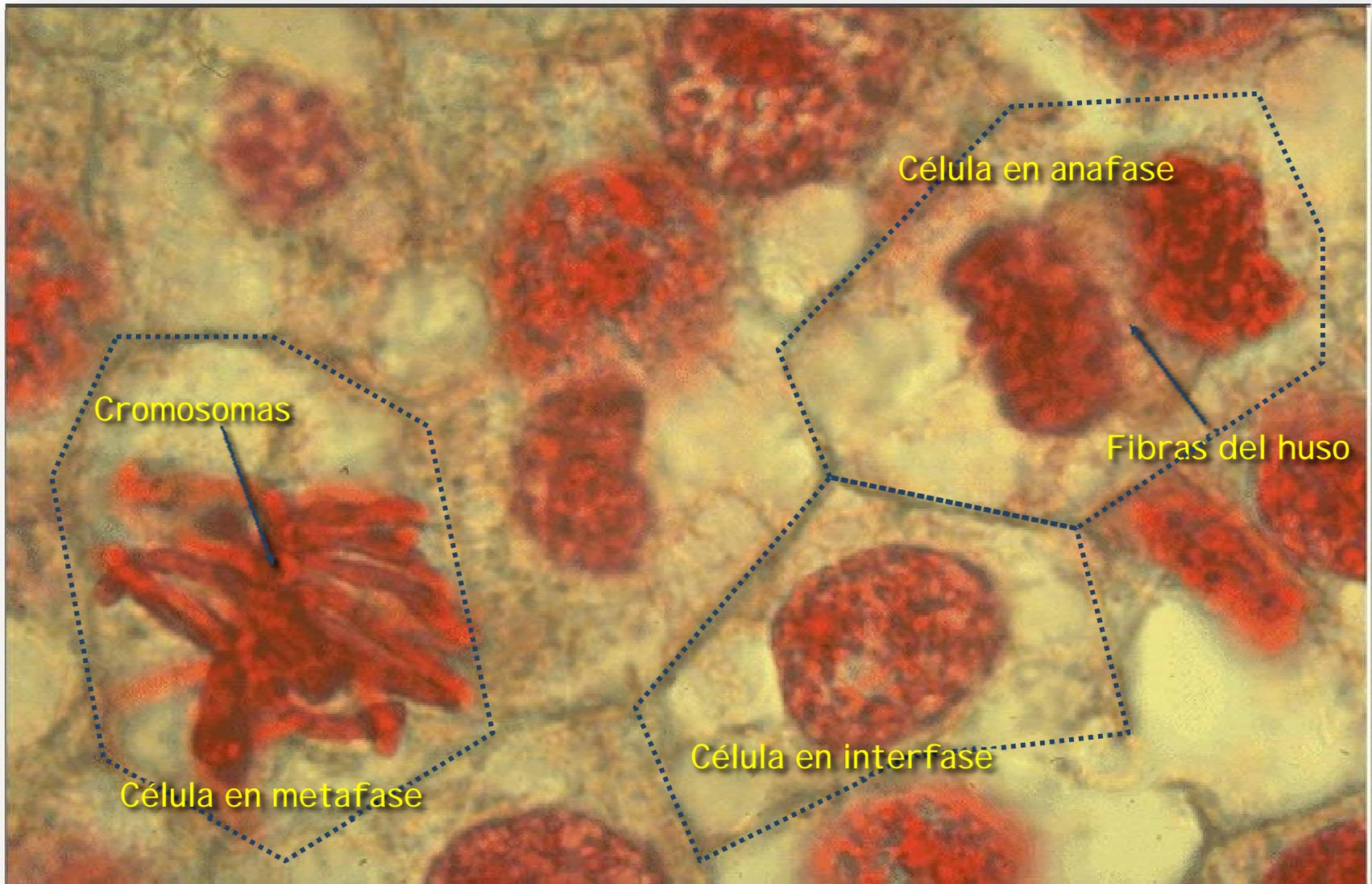
Telofase

Profase

Células en interfase

SL del ápice radical  
de una judía (*Phaseolus vulgaris*)

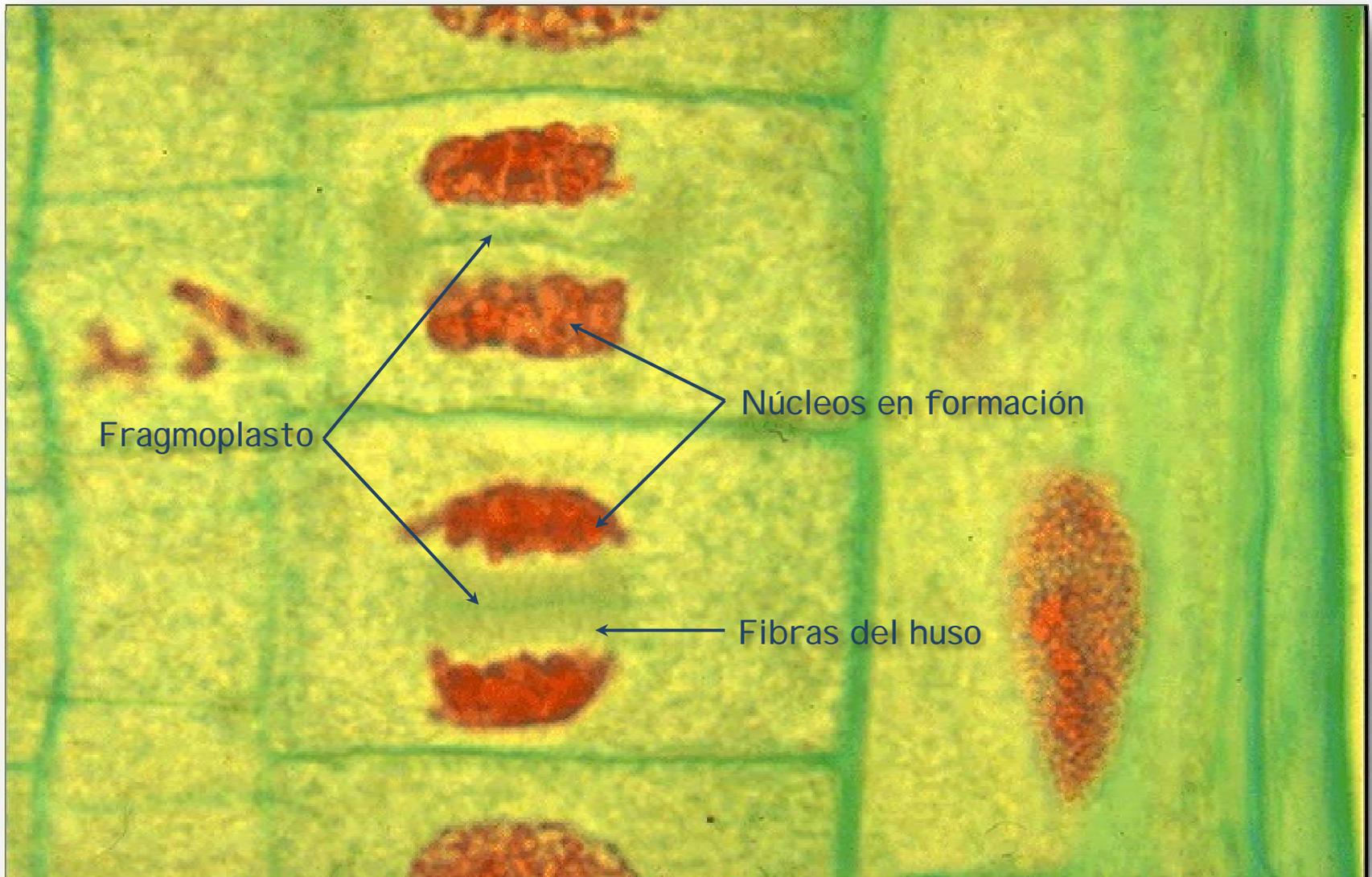




Fotomicrografía óptica de un tejido meristemático. Se observan distintas células en etapas diferentes del ciclo mitótico.



Fotomicrografía óptica de un tejido meristemático. Se observan distintas células en etapas diferentes del ciclo mitótico.



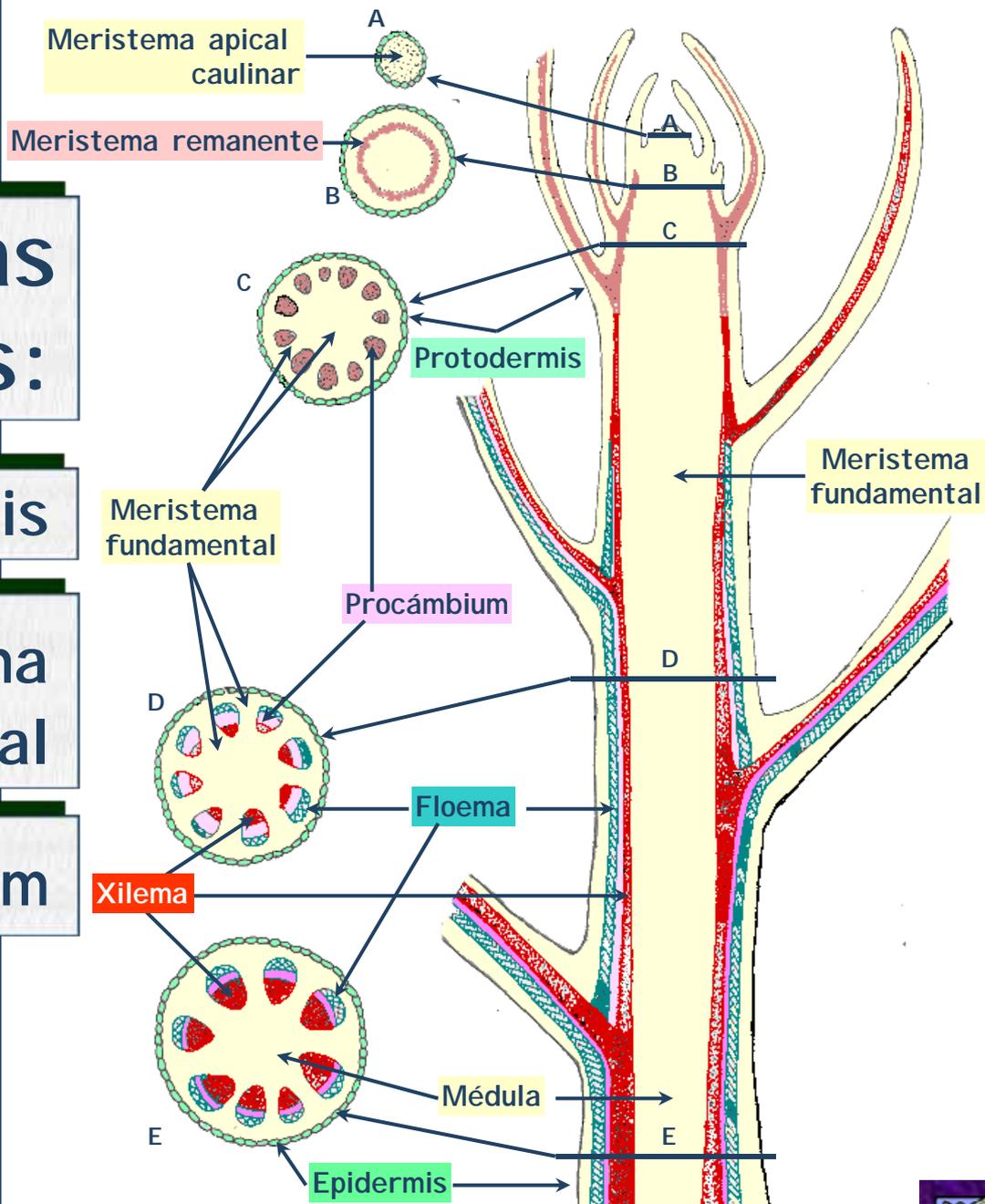
Fotomicrografía óptica de un tejido meristemático en un ápice radical. Se observan distintas células en las etapas finales del ciclo mitótico (telofases tardías) y comenzando la citocinesis.

# Meristemas Primarios:

(1) Protodermis

(2) Meristema Fundamental

(3) Procámbium





Hojas en desarrollo

Primordios foliares

Meristema apical caulinar

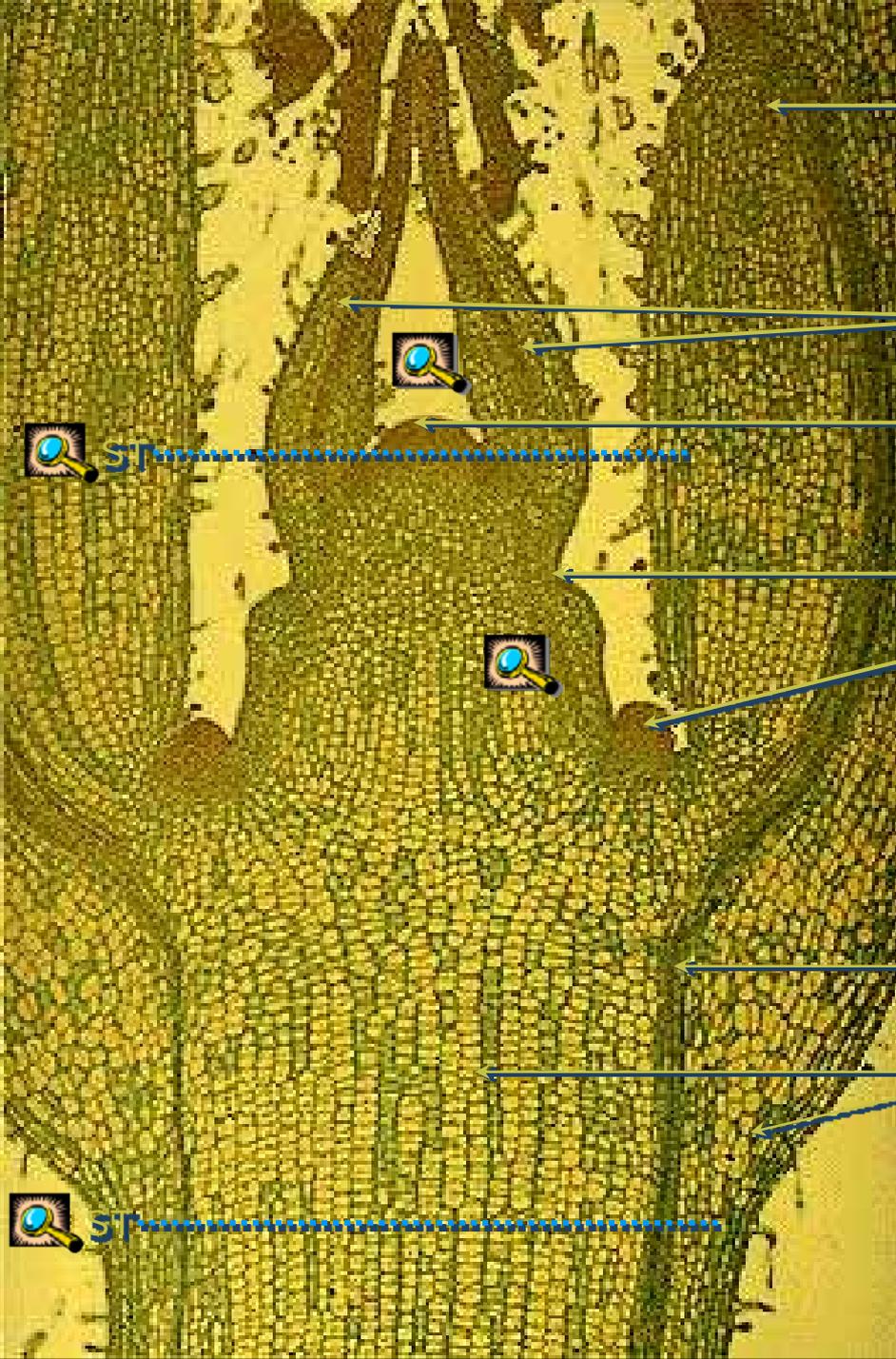
Yema axilar

Tallo

Nudo

Micrografía de una sección longitudinal del ápice caulinar de *Coleus* sp. mostrando las zonas meristemáticas.





Hoja en desarrollo

Primordios foliares

Meristema apical caulinar

Protodermis

Yema axilar

Procámbium

Meristema Fundamental

Micrografía a más aumentos de la misma sección longitudinal del ápice caulinar de *Coleus* sp.





**Primordios foliares**

**Procámbium**

**Protodermis**

**Meristema apical caulinar (túnica)**

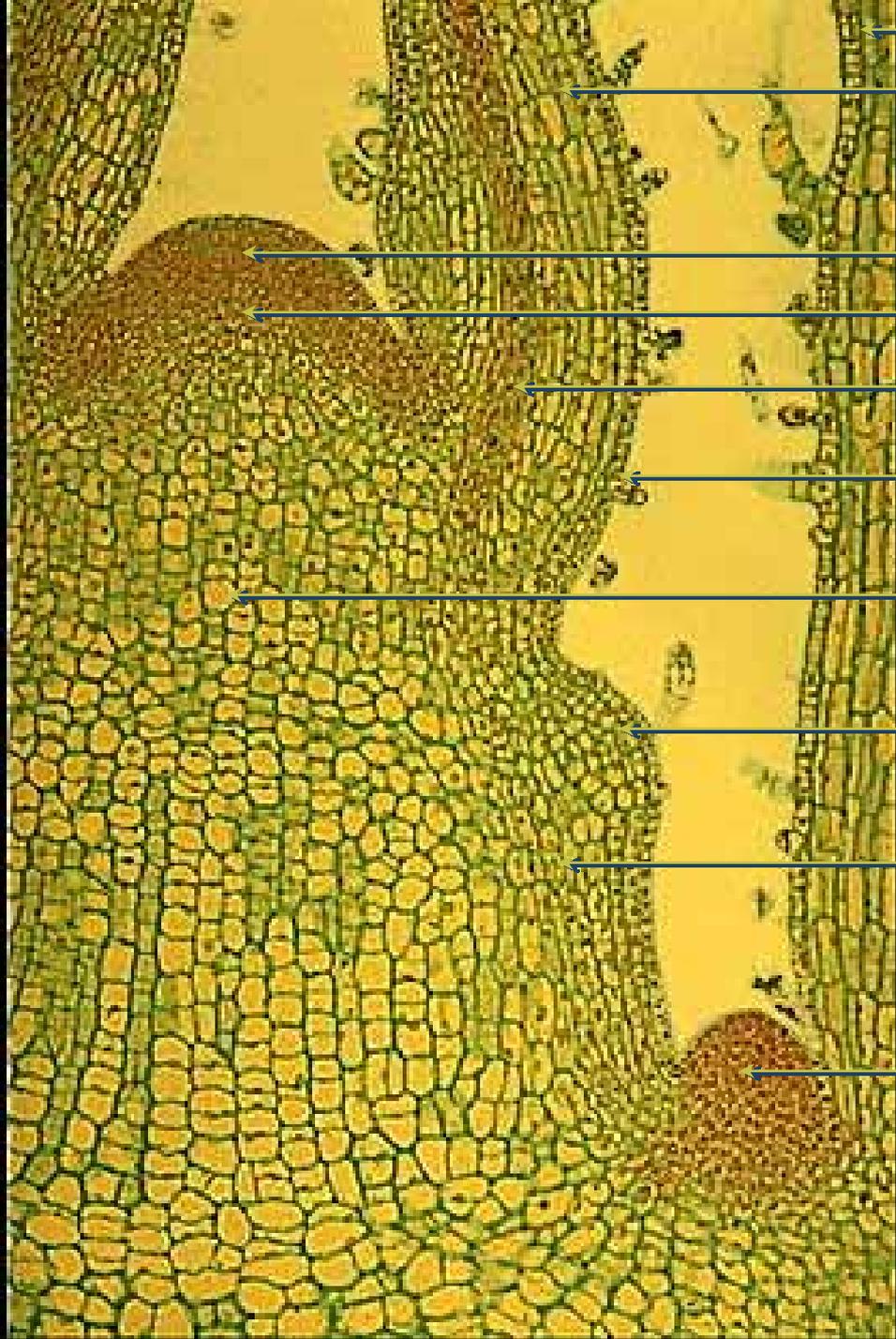
**Meristema apical caulinar (corpus)**

**Meristema Fundamental**

**Procámbium**

Micrografía de un detalle del ápice caulinar de *Coleus* sp. mostrando las zonas meristemáticas.





Hoja en desarrollo

Primordio foliar

Meristema apical caulinar (túnica)

Meristema apical caulinar (corpus)

Procámbium

Protodermis

Meristema Fundamental

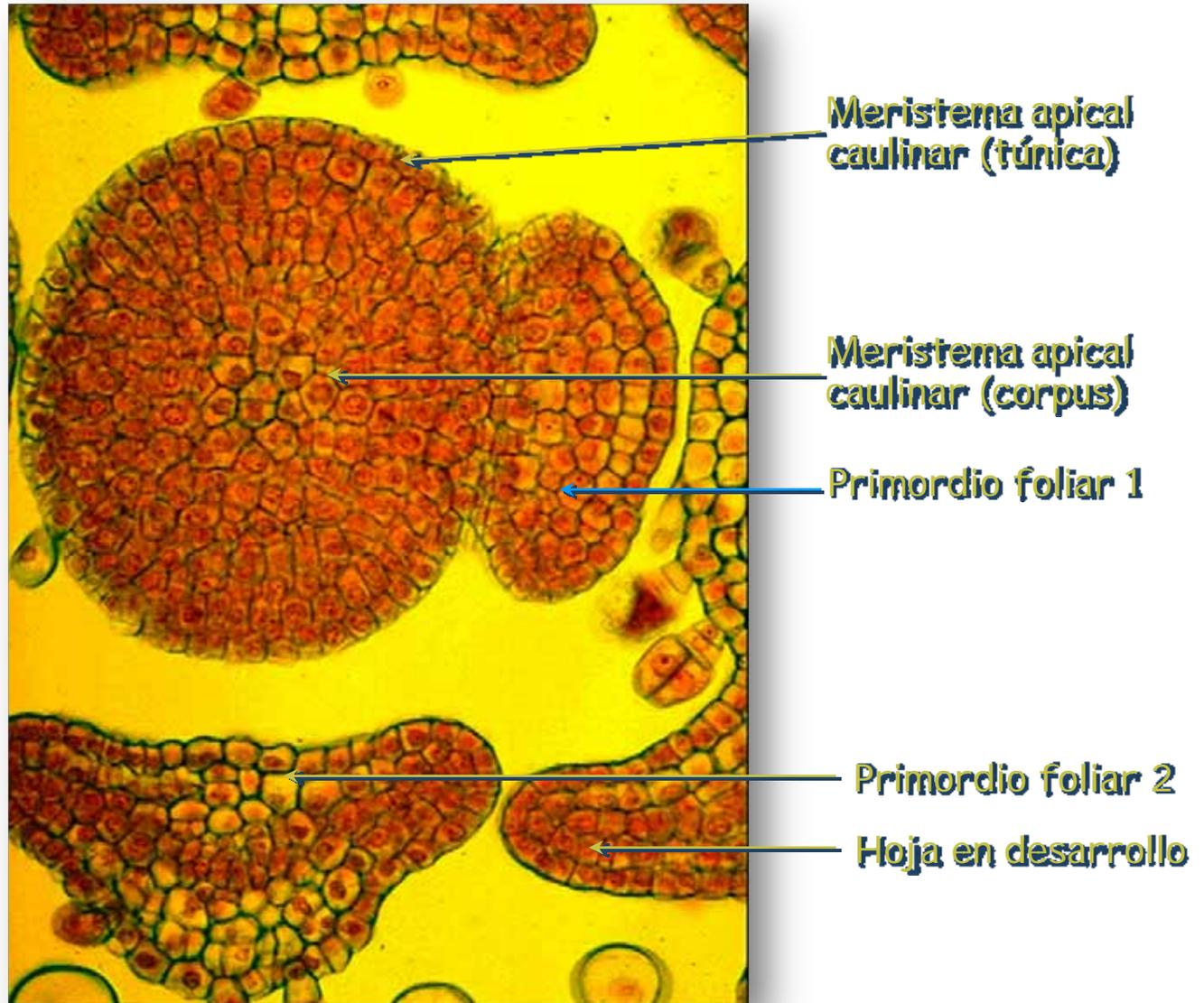
Nudo

Procámbium

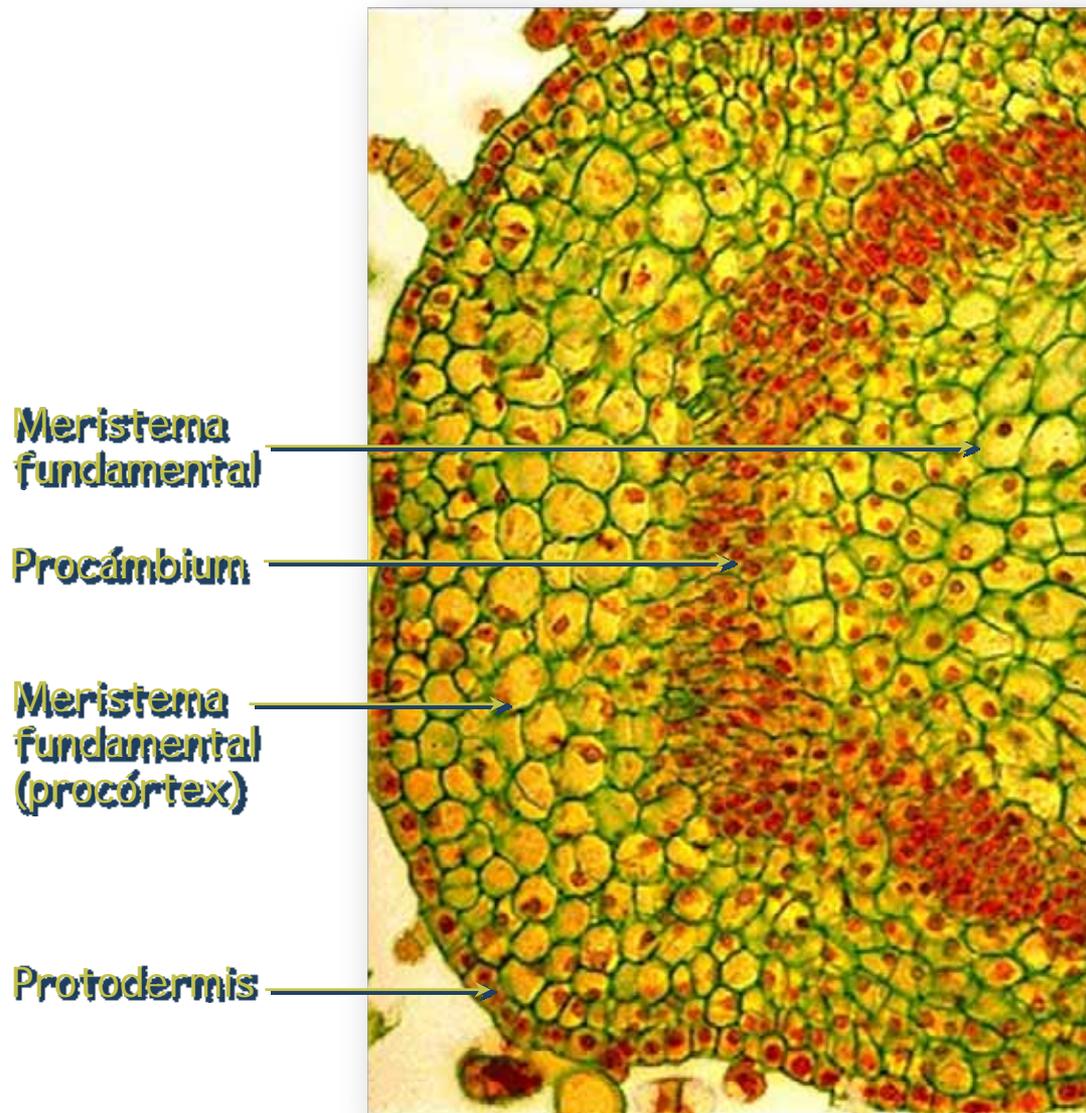
Yema axilar

Micrografía de un detalle del ápice caulinar de *Coleus* sp. mostrando las zonas meristemáticas.



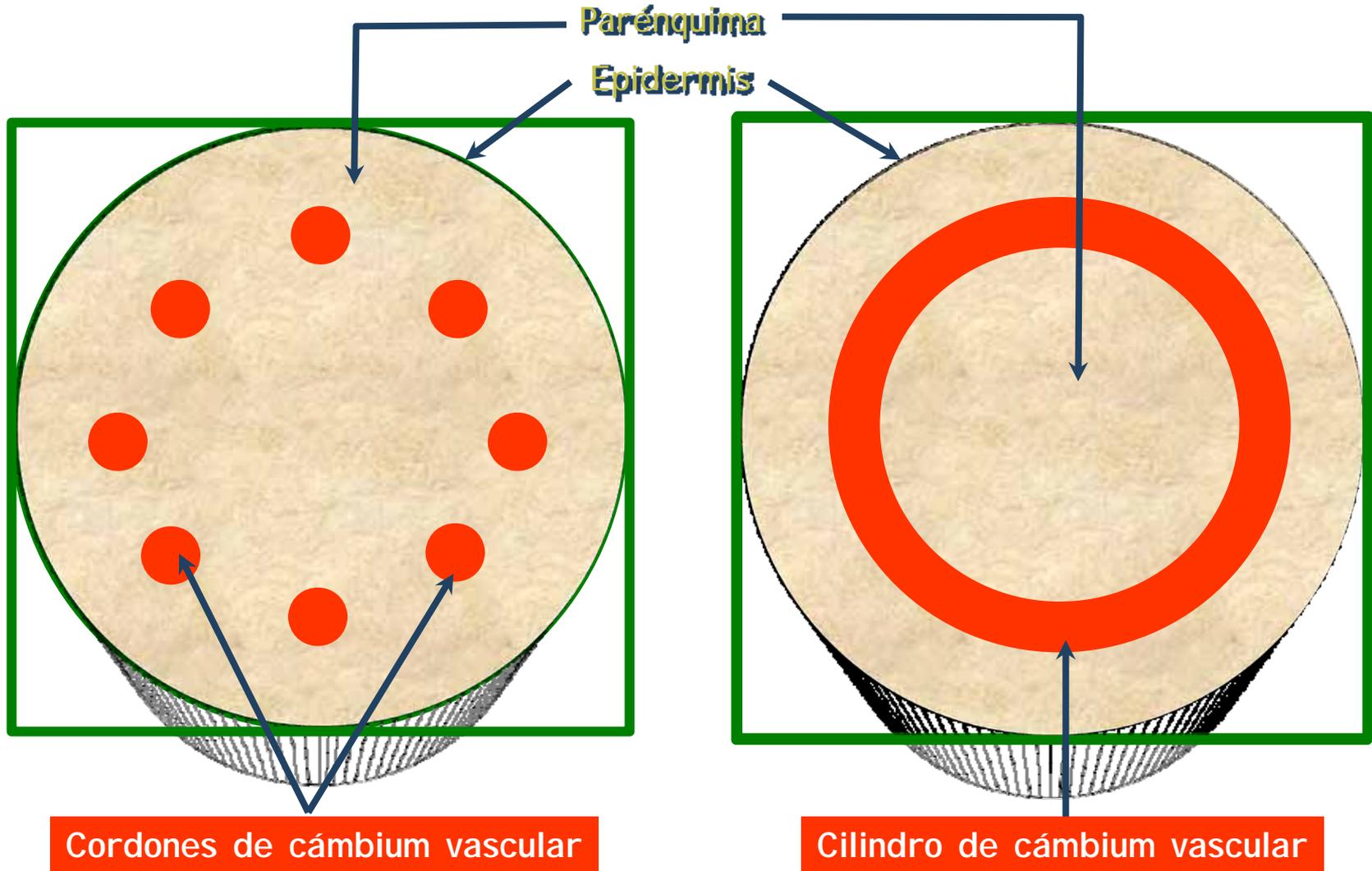


Micrografía de una **sección transversal** del meristema apical caulinar de un tallo de *Coleus* sp.

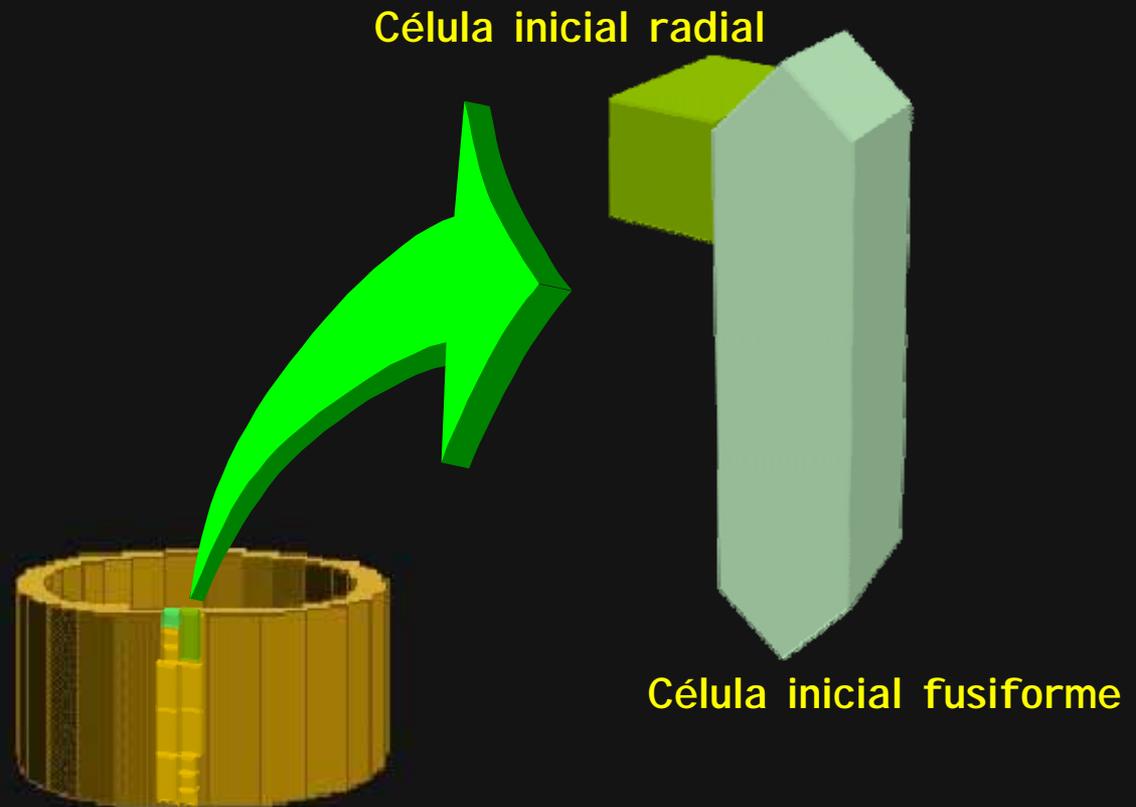


Micrografía de una **sección transversal** de la zona submeristemática en un ápice caulinar de un tallo de *Coleus* sp.

# El Cámbium Vascular



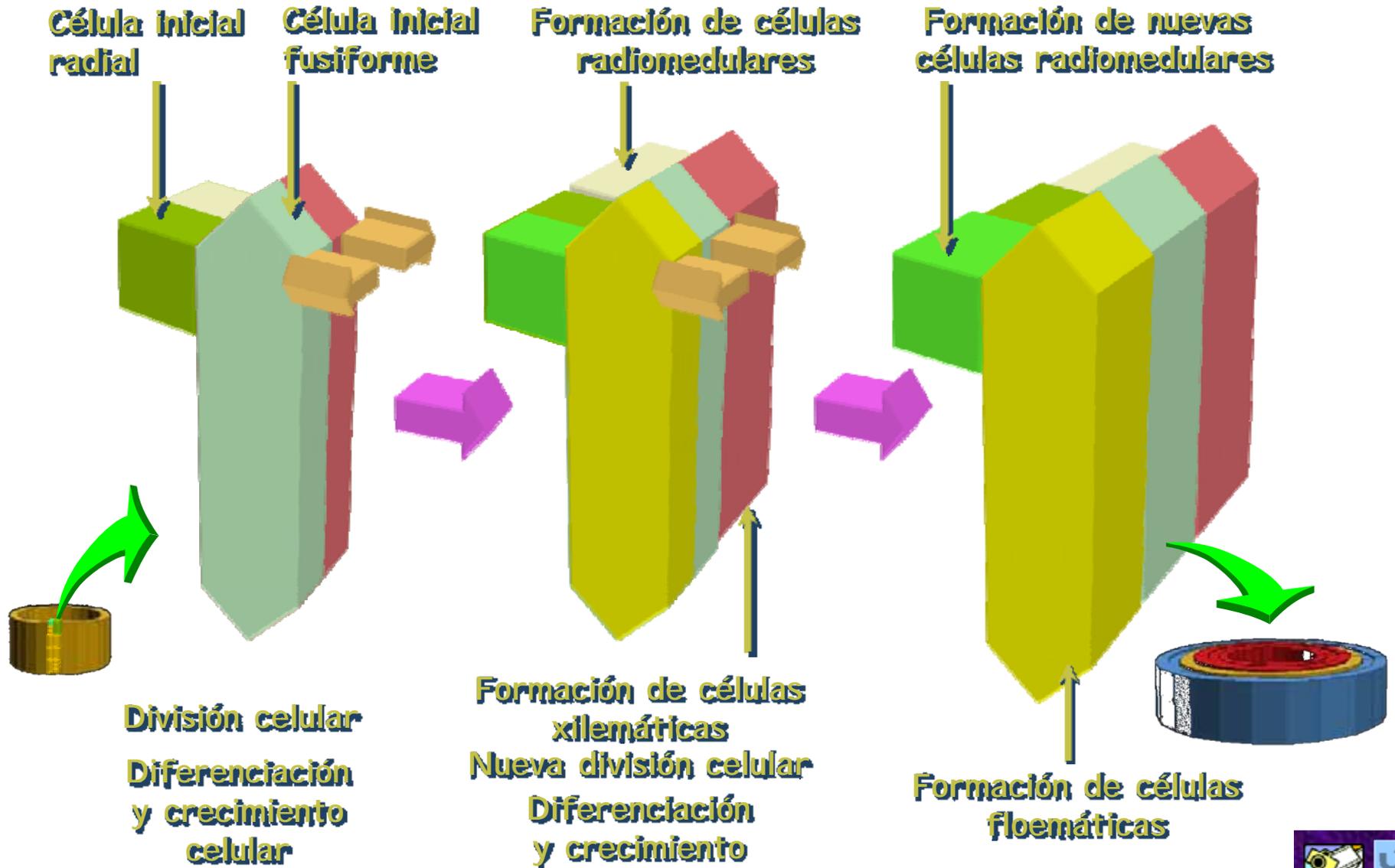
# El Cámbium Vascular



Esquema de un corte transversal por debajo del meristema apical mostrando la disposición de un cámbium vascular continuo



# Actividad del Cámbium Vascular



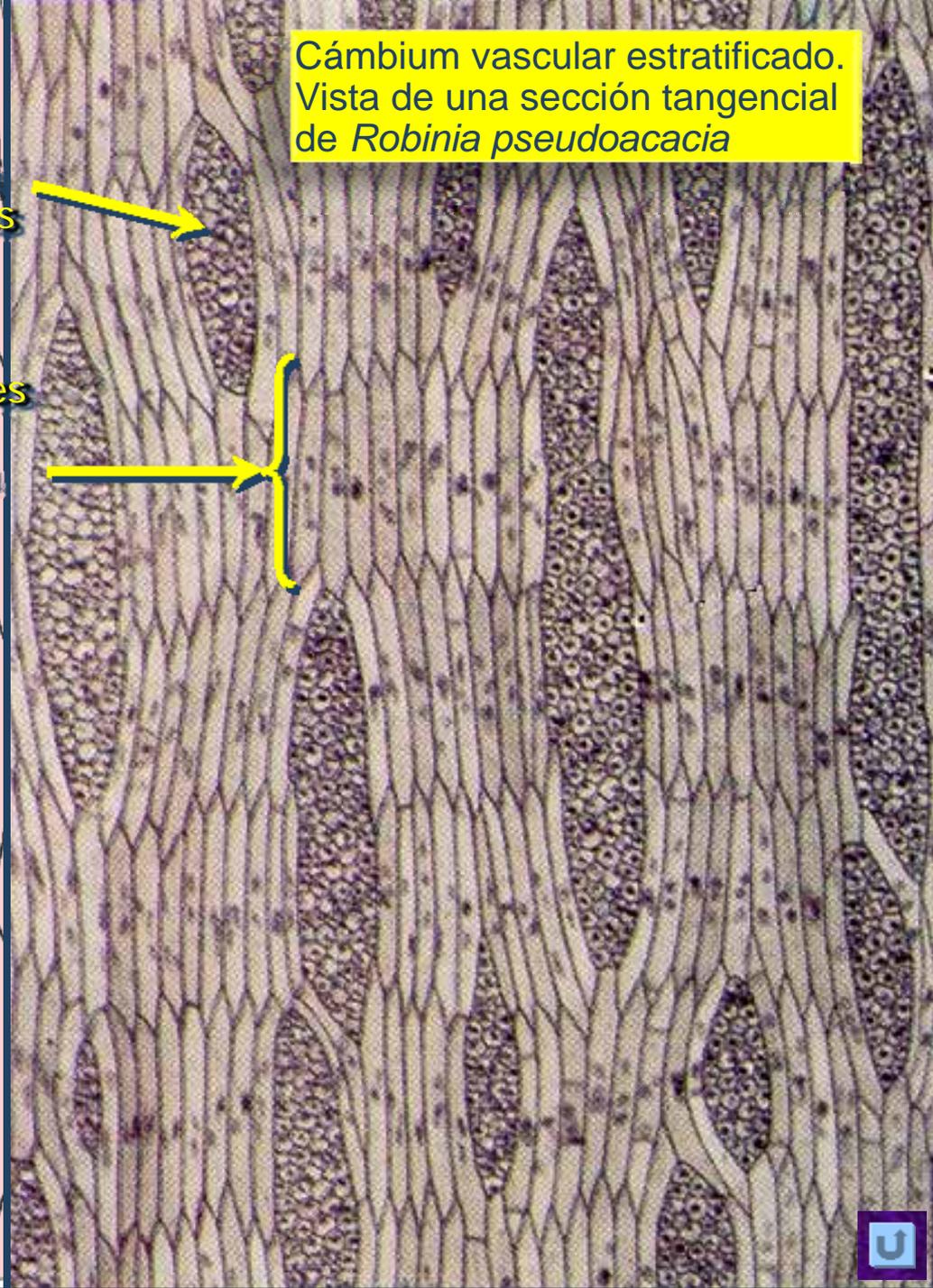
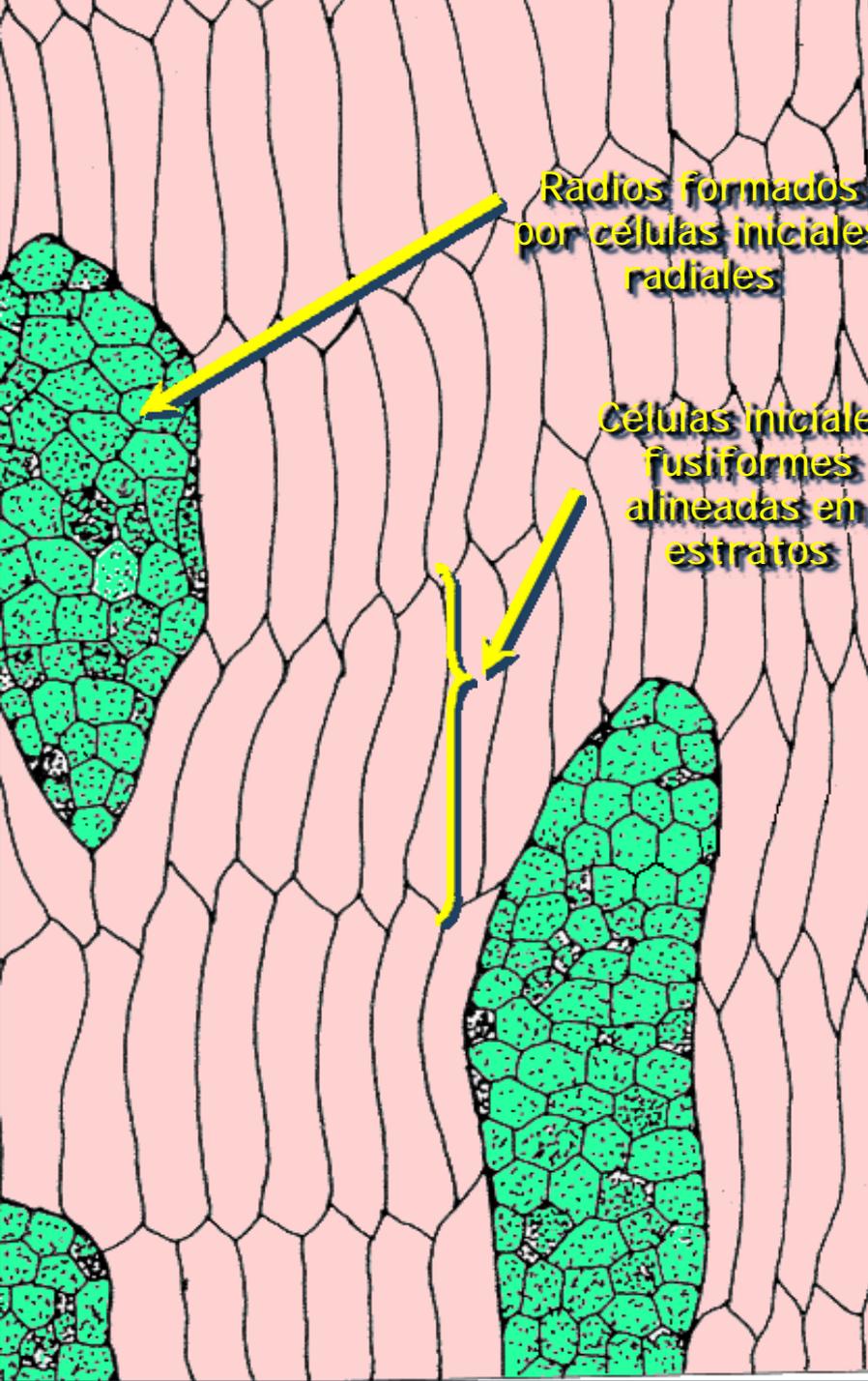
# Actividad del Cámbium Vascular (2)

Xilema secundario

Cámbium vascular

Floema secundario

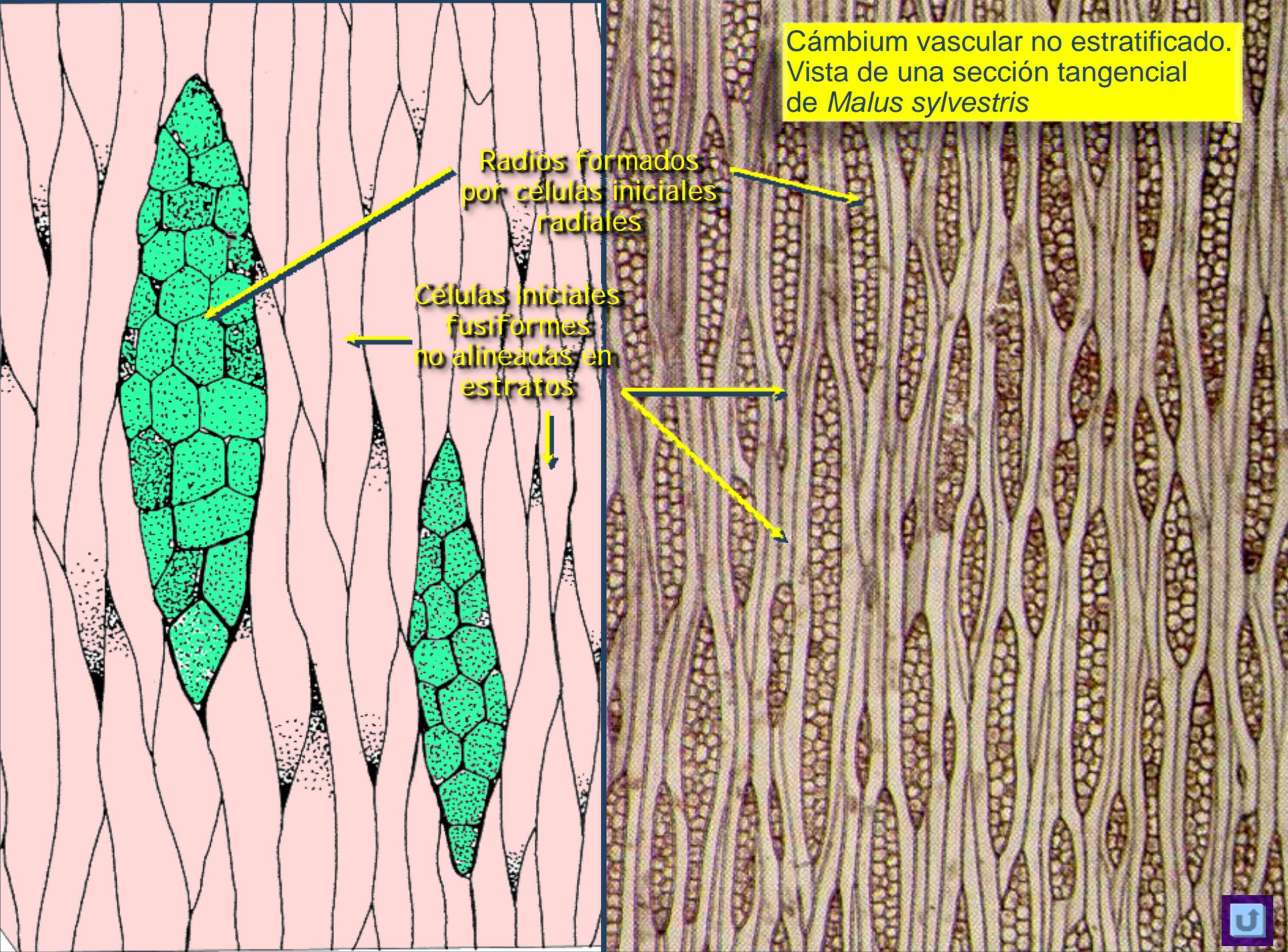




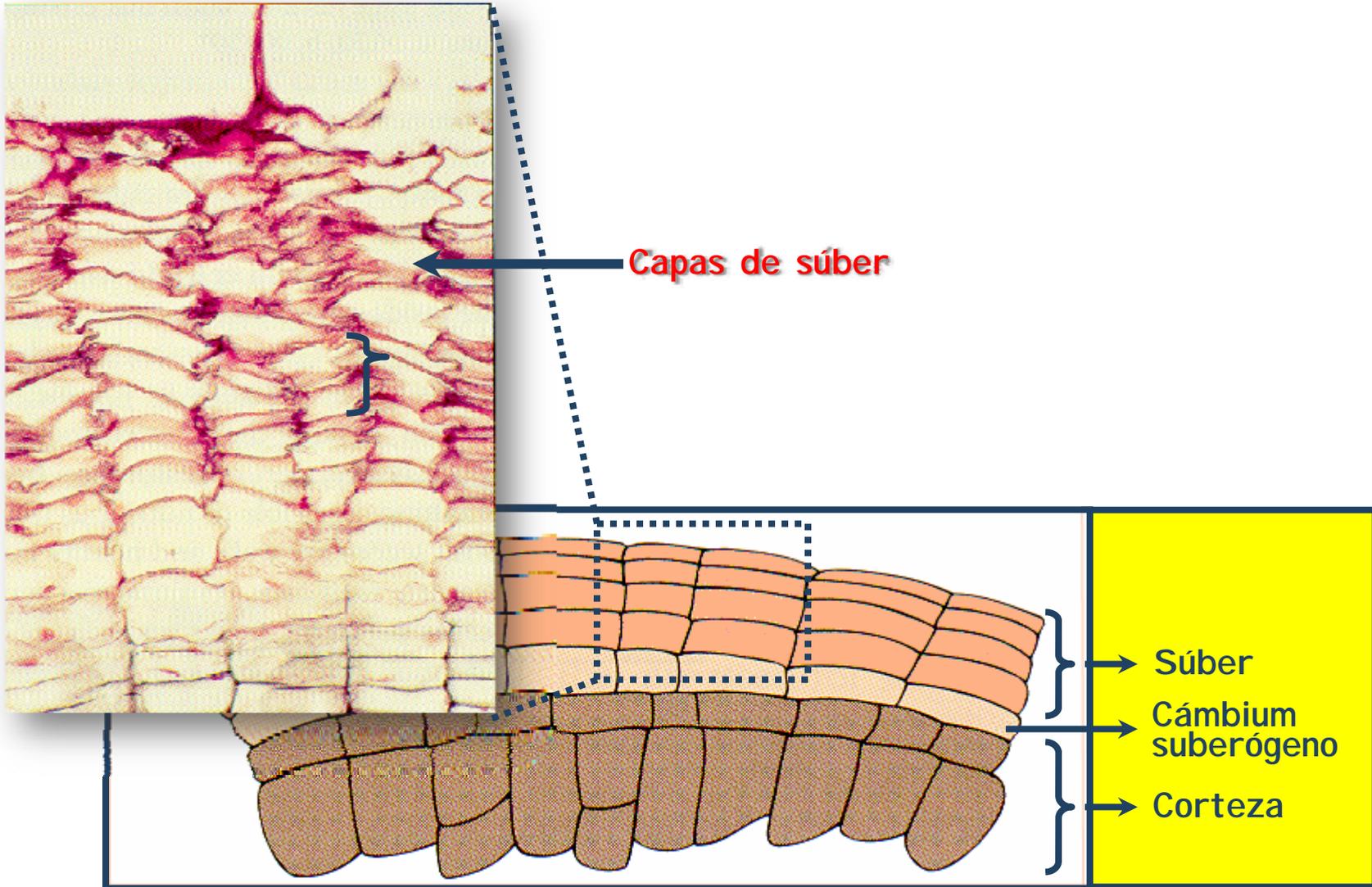
Cámbium vascular no estratificado.  
Vista de una sección tangencial  
de *Malus sylvestris*

Radios formados  
por células iniciales  
radiales

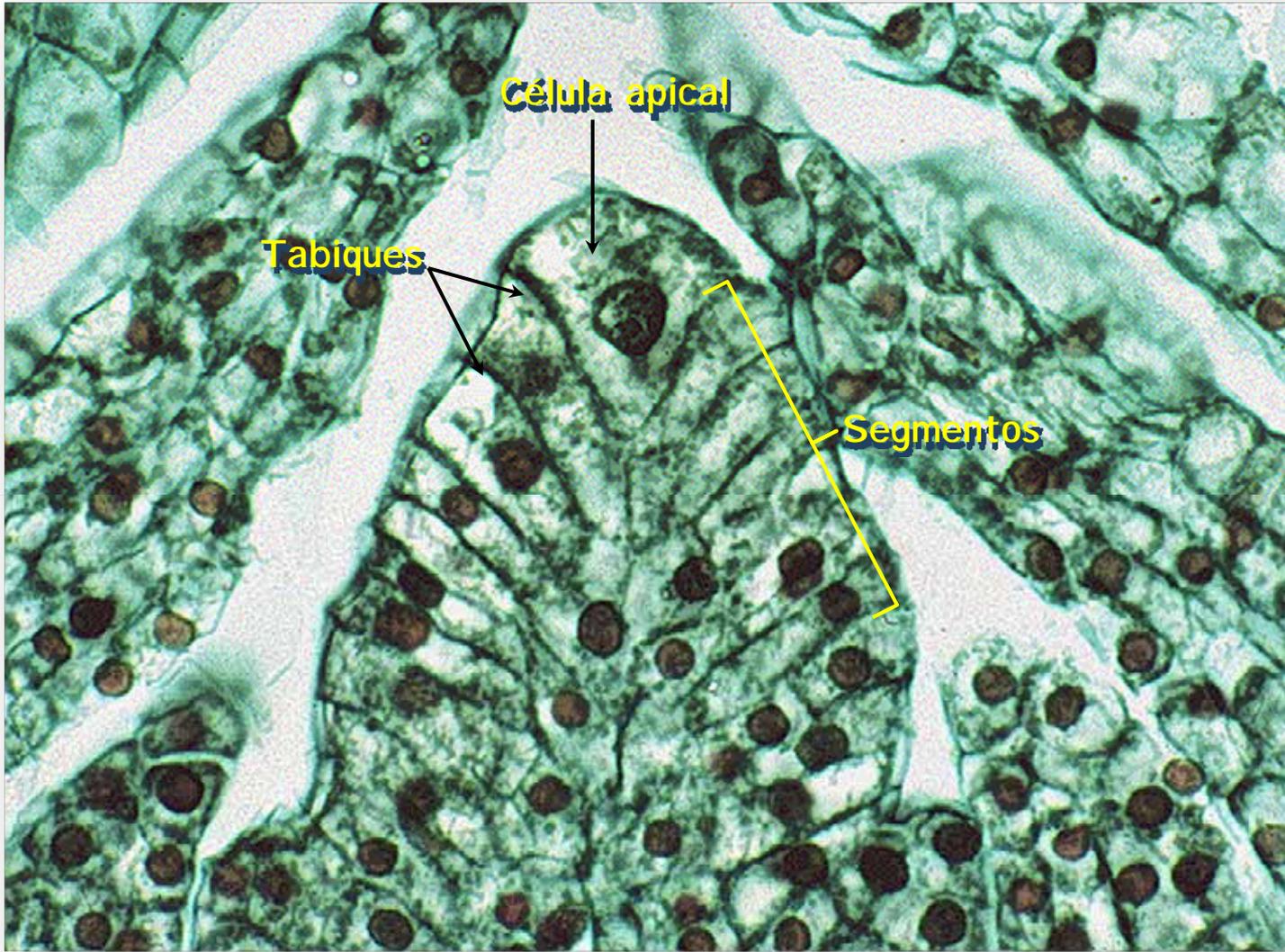
Células iniciales  
fusiformes  
no alineadas en  
estratos



# El Cámbium Suberógeno

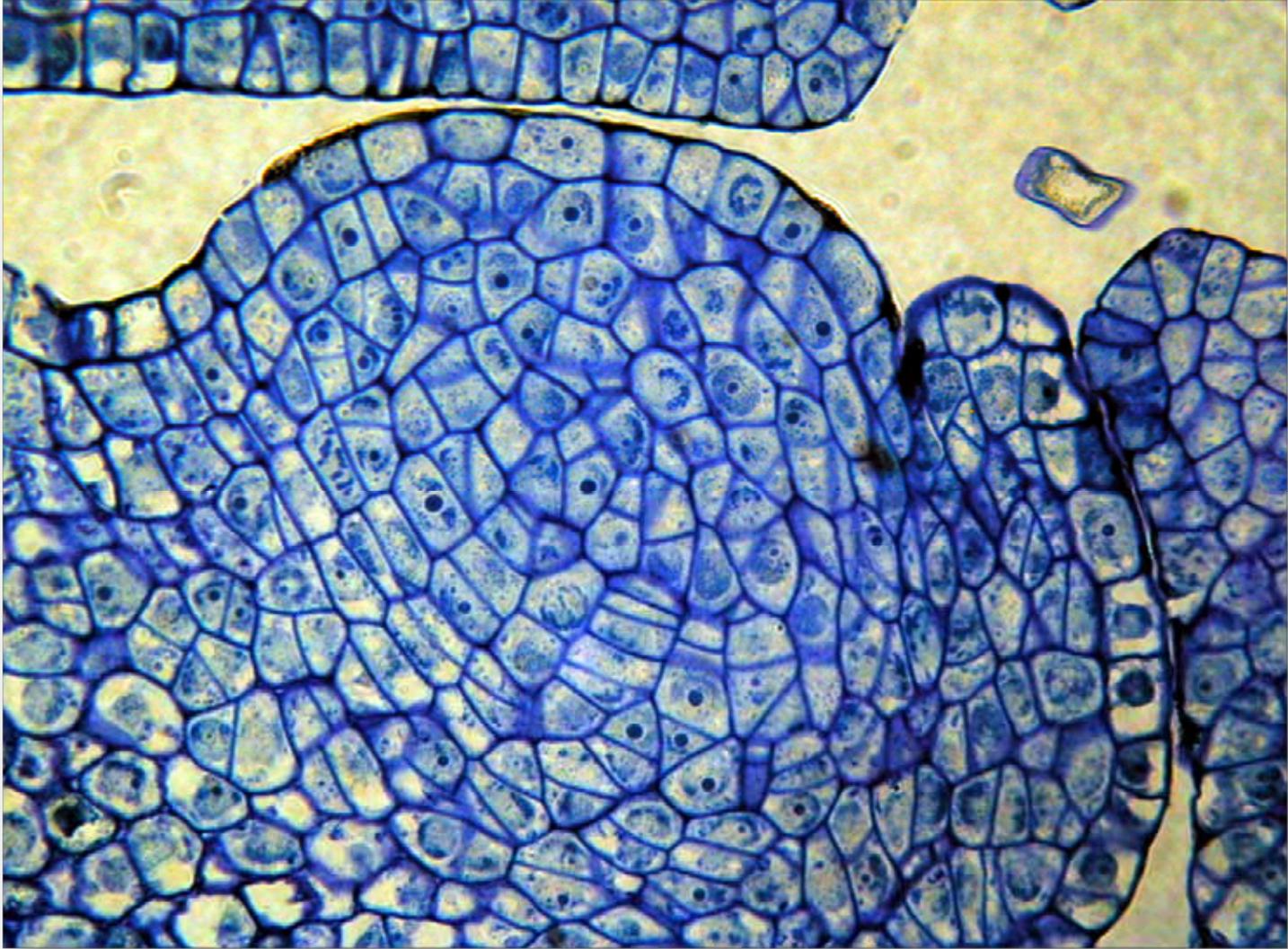


# Meristemo Apical



Micrografía de una **sección longitudinal** del ápice caular de un equiseto (*Equisetum* sp.) mostrando la célula apical inicial que, mediante los tabiques, produce segmentos oblicuos hacia abajo.

# Meristemo Apical



Micrografía de una **sección longitudinal** del ápice caular de un equiseto (*Equisetum* sp.) mostrando la célula apical inicial que, mediante los tabiques, produce segmentos oblicuos hacia abajo.



# Iconos

-  Diapositiva siguiente.
-  Diapositiva anterior.
-  Volver a la última diapositiva mostrada.
-  Ir a la última diapositiva del tema actual.
-  Ir a la primera diapositiva del tema actual.
-  Ir al índice general de temas de la Parte I y II
-  Ir al índice general del tema actual.
-  Información.
-  Activar video.
-  Hacer click con el ratón para continuar.
-  Hacer click sobre el icono para ver aumentado.
-  Ver fotografía.





# Créditos de las Figuras (1)

- **Cortés, F. (1990).** "*Cuadernos de Histología Vegetal*". 3ª ed. Editorial Marbán. Madrid; ISBN: 84-7101-117-4
- **Esau, K. (1976).** "*Anatomía Vegetal*". Editorial Omega, S.A.
- **Fahn, A. (1985).** "*Anatomía Vegetal*". Editorial Pirámide, S.A. Madrid. ISBN: 84-368-0291-8
- **Krommenhoek, W., Sebus, J. y van Esch, G.J. (1986).** "*Atlas de Histología Vegetal*". 1ª ed. Editorial Marbán. Madrid; ISBN: 84-7101-096-8
- **Paniagua, R. et al., (1997).** "*Citología e Histología Vegetal y Animal. Biología de las Células y Tejidos Animales y Vegetales*". McGraw-Hill/Interamericana. ISBN: 84-486-0881-5
- **Bell, A.D. (1991).** "*Plant Form. An illustrated Guide to Flowering Plant Morphology*". Oxford University Press. Oxford; ISBN: 0-19-854279-8
- **Bowes, B.G. (1996).** "*A Colour Atlas of Plant Structure*". Manson Publishing.
- **Cresti, M., Blackmore, S. and van Went, J.L. (1992).** "*Atlas of Sexual Reproduction in Flowering Plants*". Springer-Verlag. ISBN: 0-387-54904-8
- **Mauseth, J.D. (1988).** "*Plant Anatomy*". The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, Ca. ISBN:0-8053-4570-1
- **Mauseth, J.D. (1998).** "*Botany. An introduction to Plant Biology. Multimedia Enhanced Edition*". 2/e. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Sudbury, Massachusetts. ISBN: 0-7637-0746-5
- **Moore R., Clark, W.D. and Vodopich, D.S. (1998).** "*Botany*". WCB-McGraw-Hill, 2nd edition. Boston. ISBN:0-697-28623-1
- **Raven, P.H., Evert, R.F. and Eichhorn, S.E. (1999).** "*Biology of Plants*". W.H. Freeman: Worth 6th ed. New York; ISBN:1-5725-9041-6
- **Rost, Th.L., Barbour, M.G., Stocking, C.R. and Murphy, T.M. (1998).** "*Plant Biology*". Wadsworth Publishing Company. Belmont; ISBN: 0-534-24930-2





# Créditos de las Figuras (2)

- **Cortés, F. (1990).** "*Cuadernos de Histología Vegetal*". 3ª ed. Editorial Marbán. Madrid; ISBN: 84-7101-117-4
- **Esau, K. (1976).** "*Anatomía Vegetal*". Editorial Omega, S.A.
- **Fahn, A. (1985).** "*Anatomía Vegetal*". Editorial Pirámide, S.A. Madrid. ISBN: 84-368-0291-8
- **Krommenhoek, W., Sebus, J. y van Esch, G.J. (1986).** "*Atlas de Histología Vegetal*". 1ª ed. Editorial Marbán. Madrid; ISBN: 84-7101-096-8
- **Paniagua, R. et al., (1997).** "*Citología e Histología Vegetal y Animal. Biología de las Células y Tejidos Animales y Vegetales*". McGraw-Hill/Interamericana. ISBN: 84-486-0881-5
- **Bell, A.D. (1991).** "*Plant Form. An illustrated Guide to Flowering Plant Morphology*". Oxford University Press. Oxford; ISBN: 0-19-854279-8
- **Bowes, B.G. (1996).** "*A Colour Atlas of Plant Structure*". Manson Publishing.
- **Cresti, M., Blackmore, S. and van Went, J.L. (1992).** "*Atlas of Sexual Reproduction in Flowering Plants*". Springer-Verlag. ISBN: 0-387-54904-8
- **Mauseth, J.D. (1988).** "*Plant Anatomy*". The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, Ca. ISBN:0-8053-4570-1
- **Mauseth, J.D. (1998).** "*Botany. An introduction to Plant Biology. Multimedia Enhanced Edition*". 2/e. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Sudbury, Massachusetts. ISBN: 0-7637-0746-5
- **Moore R., Clark, W.D. and Vodopich, D.S. (1998).** "*Botany*". WCB-McGraw-Hill, 2nd edition. Boston. ISBN:0-697-28623-1
- **Raven, P.H., Evert, R.F. and Eichhorn, S.E. (1999).** "*Biology of Plants*". W.H. Freeman: Worth 6th ed. New York; ISBN:1-5725-9041-6
- **Rost, Th.L., Barbour, M.G., Stocking, C.R. and Murphy, T.M. (1998).** "*Plant Biology*". Wadsworth Publishing Company. Belmont; ISBN: 0-534-24930-2

