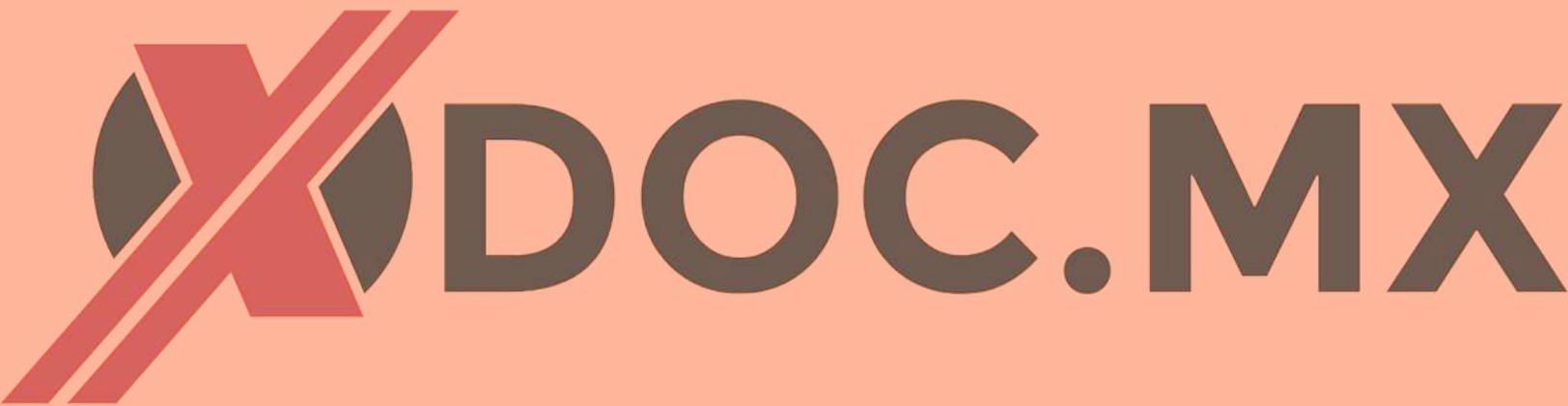


BOTÁNICA AGRÍCOLA
BIOLOGÍA DE LAS PLANTAS
BOTÁNICA GENERAL

MERISTEMOS



Stella Maris Pérez de Bianchi
Dinca Cristina Martín Montiel
Mariana Quiroga Mendiola

Las microfotografías de microscopio óptico, dibujos y esquemas son originales de las autoras.

Año 2013

Introducción

En los primeros estadios de desarrollo del embrión casi todas las células se encuentran en división. Con el crecimiento y desarrollo posterior, las divisiones celulares quedan restringidas a partes especiales de la planta, que muestran pocos rasgos de diferenciación (especialización) celular, mantienen su capacidad de división y los tejidos permanecen con su carácter embrionario. Estos tejidos embrionarios presentes en el cuerpo vegetal maduro se denominan **meristemos**. Las células de los meristemos continúan dividiéndose indefinidamente y, como consecuencia de ello, se van añadiendo nuevas células al cuerpo de la planta. El proceso de crecimiento y especialización anatómica y funcional de las células que se producen en los meristemos se denomina **diferenciación**. En general se considera que los tejidos que se diferencian pierden gradualmente las características embrionarias de los meristemos y llegan a un estado maduro o diferenciado. Los tejidos así diferenciados se denominan tejidos **adultos** o **permanentes**. Sin embargo el término **permanente** se utiliza sólo en los casos que las células presentan una diferenciación irreversible, como por ejemplo en el caso de los elementos de tubos cribosos, traqueidas, miembros de vasos, fibras.

Etimología de la palabra meristemo: Deriva del griego “meros”, que significa dividir.

Diferentes conceptos en relación con los meristemos

- Todo tejido vegetal cuyas células se multiplican y crecen.
- En las plantas más especializadas: aquellas zonas más o menos definidas del cuerpo de la planta en las que ocurren divisiones celulares.
- Tejido embrional del que se forman otros tejidos adultos y diferenciados. Los tejidos meristemáticos son perpetuamente jóvenes y pueden mantener de manera indefinida su actividad de multiplicación celular.
- Los meristemos se perpetúan por sí mismos, algunas de sus células forman nuevos grupos celulares que podrán diferenciarse posteriormente, en tanto que otras permanecen meristemáticas. Las células que permanecen meristemáticas se las denomina **células iniciales**, y aquellas que se diferencian, se denominan **células derivadas** (con formas de transición entre unas y otras).

Concepto de crecimiento y diferenciación

Como resultado de la fecundación, en las plantas superiores se forma el **cigoto**, que se desarrolla, por sucesivas mitosis, dando lugar al **embrión**, que está compuesto primeramente de tejidos embrionales, es decir, integrado por células que son capaces de dividirse por mitosis (proceso en el que a partir de una célula madre, se forman dos células hijas idénticas entre sí, e idénticas a la célula que les dio origen). En las primeras divisiones del cigoto, se establece un eje de polaridad: el **polo apical** que dará lugar al “ápice caulinar” (ápice del vástago) con los primordios de las hojas (estructuras juveniles que formarán las futuras hojas del vástago) y el **polo basal**, que dará lugar al ápice radical que producirá la raíz primaria. Así queda establecido el crecimiento apical del vástago, a partir de la **plúmula del embrión**, y el de la raíz, a partir de la **radícula del embrión**.

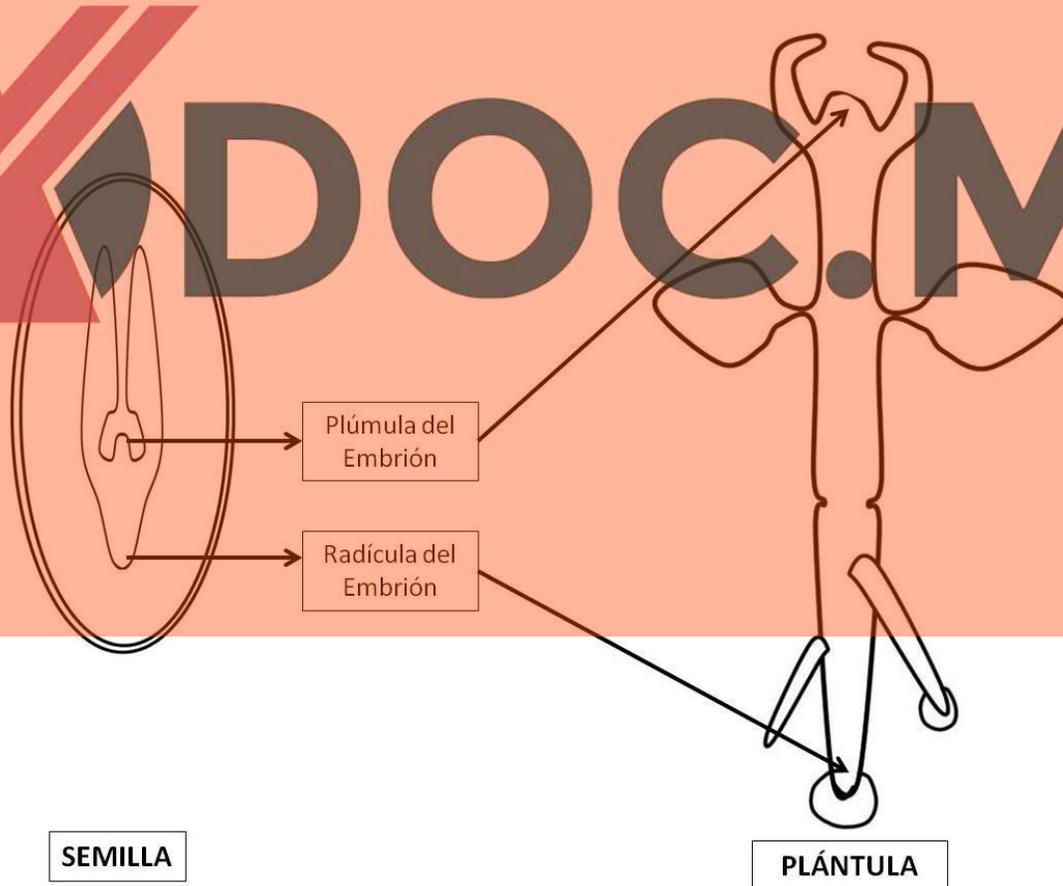


Fig. 1. Esquema de semilla y plántula, representando el polo apical y basal en la semilla (plúmula y radícula del embrión respectivamente) y el resultado de los procesos de crecimiento y diferenciación que se producen en la plántula luego de la germinación: la plúmula del embrión origina el vástago y la radícula origina la raíz.

Es por ello que queda definido, en las plantas superiores, una diferencia entre los **tejidos meristemáticos**, con capacidad permanente de división mitótica, y los **tejidos adultos**, dedicados a funciones especiales, en los que la capacidad de división se mantiene como cualidad potencial de las células nucleadas, pero se manifiesta transitoriamente. Las células del meristema que conservan perdurablemente su facultad de dividirse reciben el nombre de **células iniciales** y las que se transforman en elementos de los diversos tejidos son las **células derivadas** de las iniciales, las que pasarán a ser **células adultas** cuando cumplan el proceso de crecimiento, diferenciación celular y de estabilidad fisiológica que las caracterizará como componentes de los diversos tejidos de una planta. Una célula inicial, meristemática típica, como por ejemplo de un ápice, tiene las siguientes características: forma isodiamétrica, paredes celulares primarias delgadas, comunicadas por campos de puntuaciones primarios, citoplasma denso y vacuolas pequeñas y numerosas, núcleos con posición central y relativamente grandes con respecto al volumen celular, plastidios al estado de proplastidios, ausencia de inclusiones celulares, presencia de abundantes mitocondrias, numerosos dictiosomas y microtúbulos en posición paralela a la pared celular (rasgos que revelan importante actividad propia de células en activa división). Además, los espacios entre las células meristemáticas son muy pequeños o directamente están ausentes.

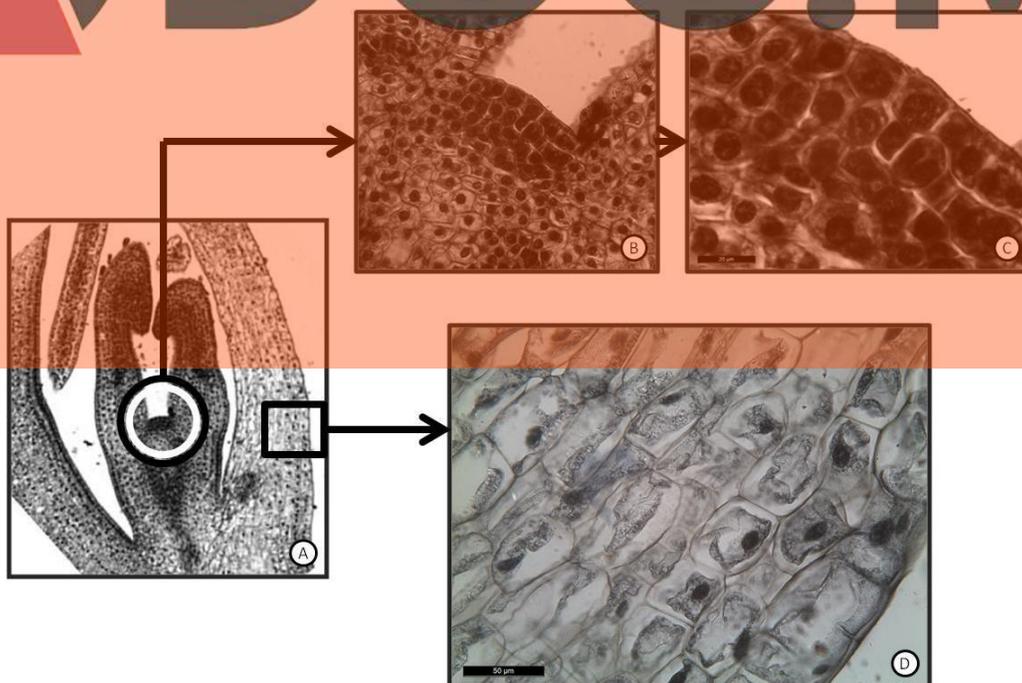


Fig. 2. Yema apical en corte longitudinal. A: partes de la yema apical, como vegetativo (círculo), primordio foliar (rectángulo); B: detalle del cono vegetativo; C: detalle de las células iniciales presentes en el cono vegetativo; D: aspecto de las células derivadas en el primordio foliar con inicio de diferenciación celular.

Así, a partir de células iniciales, se llegarán a conformar las células que darán origen a los tejidos adultos, integrantes de los sistemas de protección, conducción y fundamental. En los procesos de crecimiento y diferenciación celular las células sufren modificaciones que le permiten lograr una adaptación para cumplir diferentes funciones; así, por el proceso de crecimiento la célula absorberá agua, aumentando el tamaño de las vacuolas, éstas se fusionan en una o unas pocas, la pared celular primaria (con propiedades plásticas) sufre una distensión irreversible, el protoplasma toma posición parietal y además realiza la síntesis de nuevas cantidades de protoplasma para que éste pueda acompañar el incremento del volumen celular. Así, resumidamente, se logra el aumento de tamaño de la célula. Por el proceso de diferenciación, la célula vegetal adopta forma, tamaño, contenido y composición de la pared celular específica para cada tipo de células y tejidos. Por ejemplo:

A partir de una célula meristemática	
Mayor tamaño, mayor grado de vacuolización, pared primaria con campo de puntuaciones primarias.	CÉLULA PARENQUIMÁTICA
Alargamiento celular, engrosamiento de la pared primaria con campo de puntuaciones primarias.	CÉLULA COLENQUIMÁTICA
Alargamiento celular, pared secundaria lignificada, con punteaduras simples, carentes de citoplasma (células muertas) al estado adulto.	CÉLULA ESCLERENQUIMÁTICA
Células en las que predominan el largo y el ancho sobre el espesor, pared primaria enriquecida con cutina, comunicaciones por campos de puntuaciones primarias, ausencia de cloroplastos.	CÉLULA EPIDÉRMICA
Alargamiento celular, pared primaria, comunicaciones por placas cribosas (comunicación longitudinal) y áreas cribosas (comunicación lateral), pérdida del núcleo al estado adulto.	CÉLULAS CRIBOSAS O ELEMENTOS DE LOS TUBOS CRIBOSOS DEL FLOEMA
Alargamiento celular, pared secundaria lignificada formando espesamientos anillados, helicados o reticulados, comunicaciones longitudinales por lámina de perforación, carentes de citoplasma al estado adulto (células muertas).	MIEMBROS DE VASOS ANILLADOS, HELICADOS O RETICULADOS DEL XILEMA
Alargamiento celular, pared secundaria totalmente engrosada, lignificada y con comunicaciones laterales a través de punteaduras areoladas y comunicaciones longitudinales por lámina de perforación, carentes de citoplasma al estado adulto (células muertas).	MIEMBROS DE VASOS PUNTEADOS DEL XILEMA
Alargamiento celular, pared secundaria lignificada, con punteaduras areoladas con torus, carentes de citoplasma al estado adulto (células muertas).	TRAQUEIDAS DEL XILEMA

Clasificación de los Meristemos

Los meristemos pueden ser clasificados teniendo en cuenta diferentes criterios.

a.- Por su origen

1. **Meristemos primarios o promeristemos:** son los meristemos que proceden directamente de las células del embrión.
2. **Meristemos remanentes:** son restos de meristemos primarios formados por grupos o cordones de células meristemáticas incluidas entre tejidos adultos.
3. **Meristemos secundarios:** son los meristemos integrados por células adultas que retoman la capacidad de división.
4. **Meristemoides:** son los meristemos compuestos por células embrionales individuales o en pequeños grupos que han conservado su actividad meristemática, y que después de un período de reposo la retoman. Se observan en la epidermis y son responsables de la formación de estomas y tricomas.

b.- Por su posición en el cuerpo de la planta

1. **Meristemos apicales:** son los meristemos terminales del tallo, las ramificaciones y la raíz.
2. **Meristemos laterales:** se hallan localizados entre el xilema y el floema secundario en tallos y raíces que se encuentran en crecimiento secundario.
3. **Meristemos intercalares:** se encuentran en la base de los entrenudos, permitiendo el alargamiento de los mismos.

c.- Por el tipo de crecimiento que producen

1. **Meristemos primarios o promeristemos:** Originan el crecimiento (en longitud) del cuerpo primario de la planta.
2. **Meristemos secundarios:** Producen el crecimiento (en grosor) del cuerpo secundario de la planta.

Meristemas a Nivel de Células Derivadas

Las células que integran los meristemas apicales, y de las que se deriva el crecimiento apical por divisiones mitóticas reciben el nombre de **células iniciales**. Las células iniciales en el tallo se ubican en posición terminal, en tanto que en la raíz lo hacen inmediatamente por arriba de la caliptra, por lo que su posición es subterminal. Las células resultantes de la mitosis, que comienzan el proceso de crecimiento y diferenciación reciben el nombre de **células derivadas**.

Aplicando un criterio puramente topográfico, a nivel de las células derivadas se pueden distinguir tres complejos celulares parcialmente determinados que se denominan de acuerdo con el tipo de tejidos que de ellos se derivarán y representan los primeros cambios de formas de las células derivadas.

Estos complejos celulares son: la **protodermis**, el **procambium** y el **meristemo fundamental**.

Protodermis: del griego, proto+dermis = primero+piel. Está constituida por el estrato celular periférico que dará origen a la epidermis.

Procambium: zona del meristemo primario que se compone de células alargadas, de lumen (espacio celular delimitado externamente por las paredes celulares) angosto, agrupados a modo de cordones (en el tallo), o formando un cilindro central (en la raíz). A partir del procambium se formarán el xilema y floema primarios (tejidos encargados de la conducción de fluidos en la planta).

Meristemo Fundamental: son las células derivadas isodiamétricas que se ubican entre la protodermis y el procambium y darán origen a parénquima, colénquima y esclerénquima.

El meristemo apical del tallo produce inmediatamente debajo de su ápice protuberancias laterales que son los primordios de las yemas y formaciones laminares denominadas primordios foliares. Los primordios de las yemas darán lugar a las yemas axilares y éstas, por brotación, originarán las ramificaciones, en tanto los primordios foliares darán lugar a las hojas.

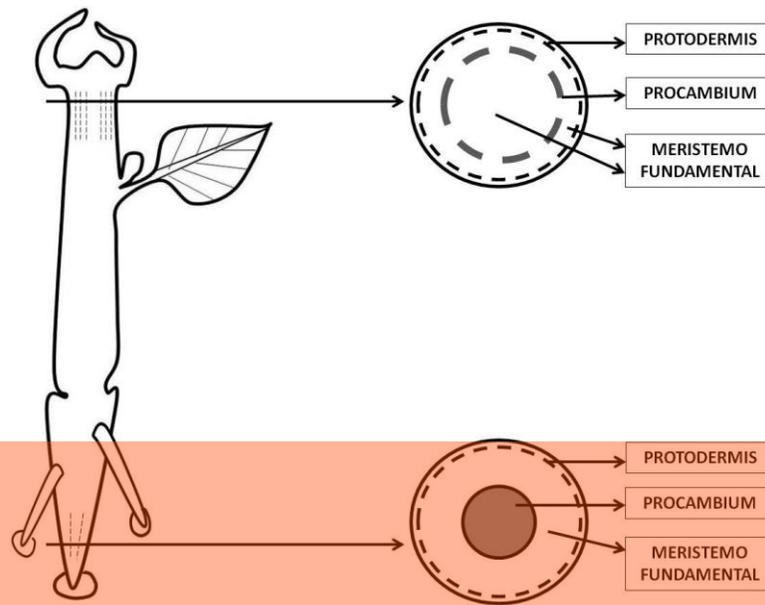


Fig. 3. Esquema en corte longitudinal de una planta joven, indicando la ubicación de los meristemos primarios en el tallo y raíz. A su lado, esquema en corte transversal que representa la posición de los meristemos primarios, tanto en tallo como en raíz: protodermis, procambium y meristemo fundamental.

Meristemos Remanentes

Se consideran meristemos remanentes a los meristemos intercalares, el procambium (también denominado cambium fascicular) y el periciclo.

Meristemos Intercalares: Tejidos meristemáticos remanentes, restos del meristemo primario que se halla entre tejidos adultos; se ubican en muchas Liliopsidae (Monocotiledóneas) en la porción basal de los entrenudos del tallo y constituyen la zona de crecimiento intercalar.

Procambium (Cambium Fascicular): En los haces conductores colaterales abiertos de las Magnoliopsidae (Dicotiledóneas) y Coniferofitae (Gimnospermas) (que presentarán crecimiento secundario), entre el xilema y el floema primarios, en forma de cordones, persiste una porción de procambium que se constituirá en cambium fascicular y al inicio del crecimiento secundario, participará en la formación del cambium vascular, produciendo xilema y floema secundario.

Periciclo: Meristemo remanente que en las raíces con crecimiento primario de Antofitae (Angiospermas) y Coniferofitae (Gimnospermas) constituye el límite del cilindro central o vascular y origina las raíces laterales. En Magnoliopsidae (Dicotiledóneas) y Coniferofitae (Gimnospermas), al activarse el crecimiento secundario, el periciclo participa en la formación del cambium vascular y del felógeno (meristemo secundario que origina el súber y la felodermis).

Meristemos Secundarios

Presentan en general células iniciales de forma alargada, como largos prismas aplanados. Los meristemos secundarios son:

- I. Cambium Vascular
- II. Felógeno o Cambium Suberoso

I.- Cambium Vascular: Meristemo lateral que forma los tejidos vasculares secundarios (xilema y floema secundarios). Se halla localizado entre el xilema y el floema secundarios en tallos y raíces (con crecimiento secundario). En corte transversal tiene la forma de un anillo. Presenta dos tipos de células iniciales: 1) las iniciales fusiformes, alargadas y con extremos aguzados y 2) las iniciales radiales, isodiamétricas y relativamente pequeñas. Las iniciales fusiformes darán origen a células largas del xilema secundario: miembros de vasos (en Antofitae o Angiospermas) o traqueidas (en Coniferofitae o Gimnospermas), fibras y células parenquimáticas largas; y del floema secundario: elementos de tubos cribosos con células acompañantes (en Antofitae o Angiospermas) o células cribosas (en Coniferofitae o Gimnospermas), fibras y células parenquimáticas largas, formando el sistema vertical o axial de estos tejidos. En tanto que las células iniciales radiales darán origen al sistema horizontal o radial, formado por las células parenquimáticas de los radios del xilema y del floema secundarios.

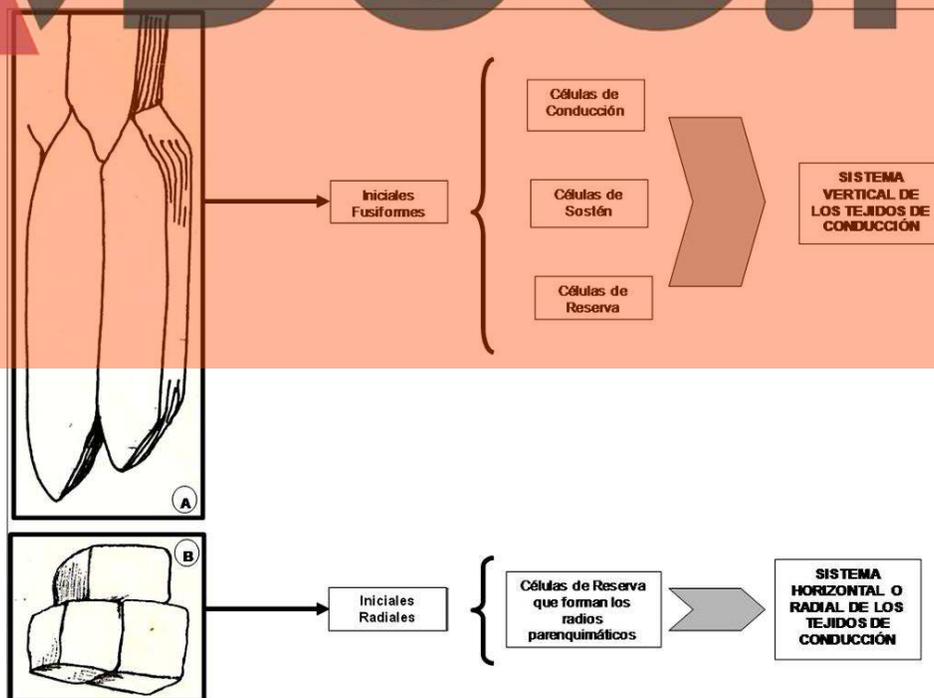


Fig. 4. Esquema de las células iniciales del cambium vascular, indicando los tipos celulares que forma cada una y su correspondiente sistema de tejidos. A: Iniciales fusiformes; B: Iniciales radiales.

- El cambium se origina, en los tallos con crecimiento primario, a partir de las células del cambium fascicular (procambium remanente presente en los haces colaterales abiertos) y de las células del cambium interfascicular (células parenquimáticas adultas que retoman la capacidad de división) (Fig.5).
- En las raíces con crecimiento primario, el cambium vascular se forma a partir de las células del periciclo ubicadas en frente de los cordones del protoxilema y del tejido parenquimático que se localiza entre el xilema y el floema primarios.

Por lo tanto, en la formación del cambium confluyen tanto meristemas remanentes como secundarios.

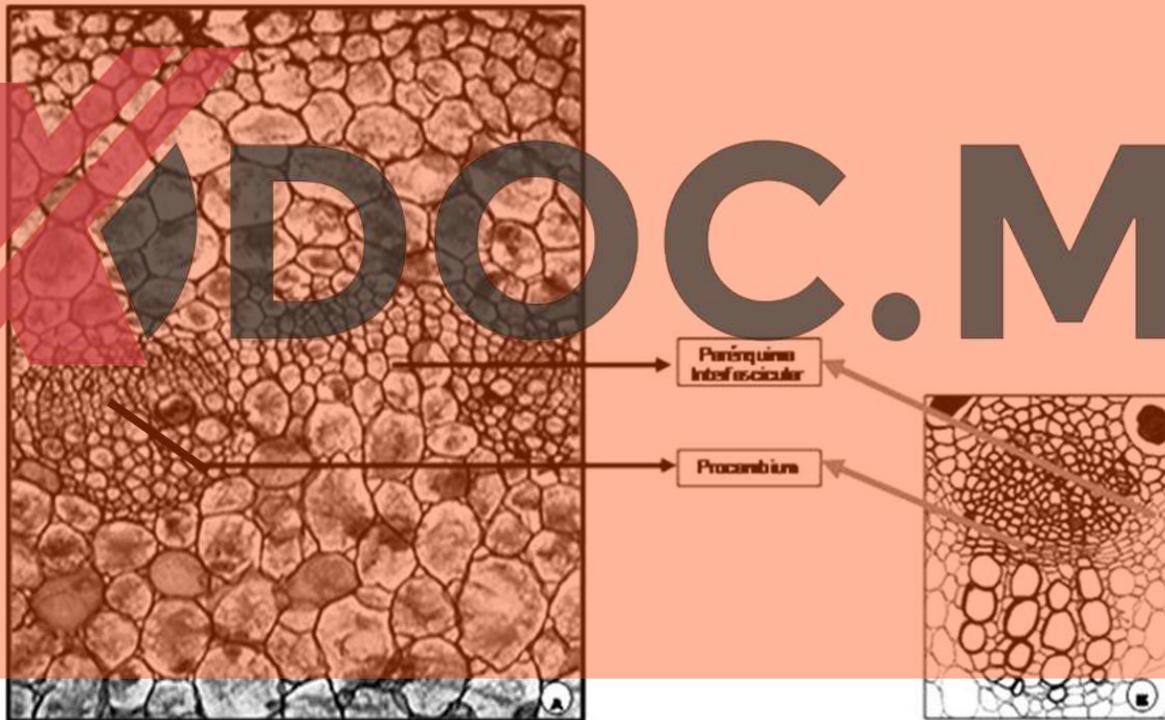


Fig. 5: Formación del Cambium Vascular. A. Microfotografías en MOC en corte transversal de tallo primario de Dicotiledónea con pasaje a crecimiento secundario: presencia de procambium remanente en haces colaterales abiertos y activación de mitosis en parénquima interfascicular; B. Esquema de A. (Microfotografía Martín, esquema Quiroga)