

Biología de las plantas: manual de laboratorio

Fernando Alveiro Alzate-Guarín
Felipe Alfonso Cardona-Naranjo Álex Espinosa-Correa

2025-03-20

Tabla de contenidos

Introducción	6
Cómo citar	7
Licencia	7
1 Recorrido	8
1.1 Introducción	8
1.2 Objetivo	9
1.3 Procedimiento	9
1.3.1 Hábitos de crecimiento en plantas	9
1.3.2 Morfología foliar, tallos y raíces	10
1.3.3 Morfología de flores y frutos	12
1.3.4 Modificaciones morfológicas	12
2 Citología	15
2.1 Introducción	15
2.2 Objetivo	16
2.3 Materiales	16
2.3.1 Reactivos y utensilios	16
2.3.2 Material vegetal	17
2.4 Procedimiento	17
2.4.1 Identificación de Lignina	19
2.4.2 Reconocimiento de sustancias lipídicas	19
2.4.3 Estructura, Formas, diversidad e inclusiones citoplasmáticas	21
3 Histología I	27
3.1 Introducción	27
3.2 Objetivo	29
3.3 Materiales	31
3.3.1 Reactivos y utensilios	31
3.3.2 Material vegetal	31
3.4 Procedimiento	32
3.4.1 Epidermis monoestratificada y pluriestratificada	32
3.4.2 Estomas y patrones estomáticos	32
3.4.3 Revestimientos pilosos o tricomas	35
3.4.4 Observación del tejido parenquimático	35
3.4.5 Meristemas apicales y laterales	36

4	Histología II	39
4.1	Introducción	39
4.2	Objetivo	40
4.3	Materiales	41
4.3.1	Reactivos y utensilios	41
4.3.2	Material vegetal	41
4.4	Procedimiento	42
4.4.1	Observación del tejido colenquimático	42
4.4.2	Observación del tejido esclerenquimático	42
4.4.3	Observación de xilema y floema	45
5	Diversidad	49
5.1	Introducción	49
5.2	Objetivo	56
5.3	Materiales	56
5.3.1	Reactivos y utensilios	56
5.3.2	Material vegetal	57
5.4	Procedimiento	57
5.4.1	Anthocerophyta	57
5.4.2	Marchantiophyta	57
5.4.3	Bryophyta	58
5.4.4	Lycopodiophyta	58
5.4.5	Monilophyta	61
5.4.6	Gymnospermae	61
5.4.7	Angiospermae	63
6	Raíz	65
6.1	Introducción	65
6.2	Objetivo	70
6.3	Materiales	70
6.3.1	Reactivos y utensilios	70
6.3.2	Material vegetal	70
6.4	Procedimiento	71
6.4.1	Sistemas de raíces y raíces modificadas	71
6.4.2	Estructura externa de una raíz pivotante	71
6.4.3	Estructura interna de la raíz en Eudicotyledoneae	71
6.4.4	Estructura interna de la raíz en Monocotyledoneae	72
6.4.5	Cuerpo secundario de la raíz	72
6.4.6	Observación de raíz de <i>Daucus carota</i>	72
7	Tallo	76
7.1	Introducción	76
7.2	Objetivo	84
7.3	Materiales	84
7.3.1	Reactivos y utensilios	84

7.3.2	Material vegetal	84
7.4	Procedimiento	85
7.4.1	Morfología del tallo	85
7.4.2	Tallos modificados	85
7.4.3	Anatomía del tallo en crecimiento primario	85
7.4.4	Tipos de haces vasculares	85
7.4.5	Anatomía del tallo en crecimiento secundario	87
7.4.6	Estudio macroscópico del tallo en crecimiento secundario	88
7.4.7	Tallos anómalos	88
8	Hoja	90
8.1	Introducción	91
8.2	Objetivo	95
8.3	Materiales	95
8.3.1	Reactivos y utensilios	95
8.3.2	Material vegetal	98
8.4	Procedimiento	98
8.4.1	Estructura externa de la hoja	98
8.4.2	Estructura interna de la hoja	98
8.4.3	Diversidad foliar	98
9	Flor	100
9.1	Introducción	100
9.2	Objetivo	106
9.3	Materiales	106
9.3.1	Reactivos y utensilios	106
9.3.2	Material vegetal	107
9.4	Procedimiento	107
9.4.1	Morfología de la flor	107
9.4.2	Polen	108
9.4.3	Diversidad en la flor	108
10	Fruto y semilla	109
10.1	Introducción	109
10.2	Objetivo	112
10.3	Materiales	113
10.3.1	Reactivos y utensilios	113
10.3.2	Material vegetal	114
10.4	Procedimiento	114
10.4.1	Reconocimiento de frutos simples	115
10.4.2	Reconocimiento de frutos agregados	115
10.4.3	Reconocimiento de frutos múltiples	115
10.4.4	Sustancias de reserva asociadas a los frutos	115
10.4.5	Anatomía de la semilla	115

Recursos	116
Referencias	117

Introducción

El estudio de las plantas ha cautivado al hombre desde el principio del establecimiento de las sociedades humanas ya que representa el principal recurso del cual se ha valido el hombre para tener las condiciones de vida necesarias a diferentes niveles. Posteriormente y con el advenimiento de las escuelas de pensamiento árabe, griego y romano se inició el estudio y descripción sistemática de las plantas en su entorno y en cuanto a su construcción y funcionalidad.

El estudio de las plantas constituye una rama horizontal a todo lo incluido en la biología, ya que estos organismos representan la primera escala funcional en ofertar recursos para los demás grupos de la biota actual y por ende para comprender la funcionalidad de algún taxón se debe conocer las relaciones que presentan con las plantas.

La botánica es una apasionante y amplia rama de la biología, la cual contempla diferentes especialidades y aplicaciones, las cuales se han ido depurando con la acumulación de observaciones y teorías realizadas durante muchos siglos de desarrollo del pensamiento humano.

En los países tropicales y muy especialmente en Colombia, donde aún no tenemos un conocimiento cercano a lo real de nuestra diversidad vegetal, el estudio de las plantas constituye una disciplina vigente, productiva y de interés académico y para el desarrollo del país. La formación de biólogos especialistas en sistemática de plantas, florística, fisiología vegetal, ecología, fitoquímica, morfología y anatomía vegetal, resulta de gran vigencia en Colombia, donde faltan taxones por descubrir y describir y territorios por explorar.

La comprensión de cómo funcionan y se construyen las plantas es entonces una tarea, la cual los estudiosos de la biología deben incluir en su quehacer, para poder comprender la funcionalidad evolutiva, ecosistémica, paisajística y taxonómica de la biota y de sus correlaciones con su entorno.

Advertencia

Este manual de laboratorio es una versión en pruebas.

Importante

Esta es la versión en PDF del manual. Para obtener la versión más actualizada visite <https://alexepinosaco.github.io/biologia-plantas-manual/>.

Cómo citar

Por favor, cita este trabajo como:

Alzate-Guarín, F. A., Cardona-Naranjo, F. A., & Espinosa-Correa, Á. (2025). *Biología de las plantas: manual de laboratorio*. Universidad de Antioquia. <https://geobota.github.io/biologia-plantas-manual/>

Licencia



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

1 Recorrido

1.1 Introducción



Figura 1.1. Vista panorámica de la Ciudad Universitaria de Medellín de la Universidad de Antioquia. Tomado de [UdeA](#).

La **botánica** se ocupa del estudio de las plantas, bajo todos sus aspectos, lo cual incluye su descripción, clasificación, distribución, identificación, reproducción, fisiología, morfología, relaciones recíprocas, relaciones con los otros seres vivos y efectos provocados sobre el medio en el que se encuentran. El **estudio morfológico** de las plantas intenta investigar sus aspectos macroscópicos, explorar y comparar aquellos aspectos microscópicos de forma, estructura y reproducción; los cuales constituyen la base para la interpretación de similitudes y diferencias entre ellas. Uno de los más fructíferos resultados de los estudios morfológicos iniciales fue el reconocimiento de los tipos fundamentales de órganos que constituyen el cuerpo de la planta (**hoja, tallo y raíz**). Posteriores fueron los análisis de los órganos vegetativos y las estructuras de reproducción tanto sexuales como asexuales, así como la importancia de los **estudios comparativos** que nacen del reconocimiento de la amplia diversidad vegetal. Ligado al estudio de la forma está el estudio de la función, denominado **fisiología vegetal**, la cual incluye el estudio de todas las actividades internas de las plantas, los procesos químicos y físicos asociados como la fotosíntesis y la difusión

interna de agua, minerales y nutrientes, además del desarrollo, la dormancia y el control reproductivo, entre otras. Todo este conocimiento tiene aplicaciones a nivel productivo y económico para el hombre, ya que gran parte de lo que comemos, nuestros medicamentos y materias primas son de origen vegetal.

1.2 Objetivo

- Familiarizar a los estudiantes con algunos conceptos básicos de la botánica y los principales tipos y formas de plantas ocurriendo en la Ciudad Universitaria de Medellín de la Universidad de Antioquia

1.3 Procedimiento

Recorrer la Ciudad Universitaria de Medellín de la Universidad de Antioquia observando y analizando.



Figura 1.2. Mapa de la Ciudad Universitaria de Medellín de la Universidad de Antioquia. Tomado de [UdeA](#).

1.3.1 Hábitos de crecimiento en plantas

Los hábitos de crecimiento de las plantas hacen referencia a la forma general de la planta, teniendo en cuenta una variedad de aspectos, como la duración del tallo, el patrón de

ramificación, el desarrollo, y la textura. Reconociéndose los siguientes tipos de hábitos de crecimiento:

- **Hierba**, es una planta en la que todos los **vástagos** (tallos y hojas) que están sobre la superficie de la tierra mueren al final de una estación de crecimiento. Si bien los vástagos pueden ser anuales, la hierba misma puede ser anual, bienal, o perenne, debido a que puede haber componentes vivos que queden debajo de la tierra, como rizomas o bulbos.
- **Enredadera** es una planta con tallos elongados y débiles, generalmente sostenidos que pueden girar alrededor de un sustrato, o adhiriéndose por zarcillos o por las raíces. Las enredaderas pueden ser anuales o perennes, herbáceas o leñosas.
- **Liana** es una enredadera que es perenne y leñosa, son el mayor componente del dosel (estrato superior) en algunas selvas tropicales.
- **Arbusto** es una planta leñosa y perenne con muchos tallos principales que nacen a nivel del suelo (**Simpodio**).
- **Árbol** es una planta leñosa generalmente alta y perenne, que tiene un tallo principal diferenciable (el tronco) que se reconoce desde la base (**Monopodio**).

1.3.2 Morfología foliar, tallos y raíces

Una **hoja** consta normalmente de: 1) una **lámina** (o **limbo foliar**) plana y expandida que contiene la mayor parte de los **cloroplastos**; la parte superior de la hoja se denomina **haz**, mientras que la inferior se denomina **envés**. 2) de un corto *tallito* llamado **pecíolo** que une la lámina al tallo que puede ser cilíndrico o deprimido en la cara superior, o aplanado y ancho. Cuando está ausente la hoja se denomina **sésil** o sentada. Hay estructuras similares a pecíolos que encierra parcial o totalmente al tallo por encima del nudo es una **vaina foliar**, como ocurre en las familias de las gramíneas. 3) de un par de apéndices similares a hojas, llamados **estípulas**, éstas pueden adquirir diversas formas, desde órganos foliáceos, espinas, glándulas, pelos o hasta escamas. Si las estípulas están presentes, las hojas se dicen estipuladas.

El **tallo** es el órgano que sostiene a las hojas, **flores** y **frutos**. Sus funciones principales son las de sostén y de transporte de carbohidratos y otros compuestos producidos en la fotosíntesis, entre las raíces y las hojas. En general, es un órgano cilíndrico que posee puntos engrosados, **los nudos**, sobre los que se desarrollan las hojas. A la porción de tallo situada entre dos nudos consecutivos se le denomina **entrenudo**. Presenta además una **yema terminal** en el extremo apical y varias **yemas axilares** que se diferencian en las axilas de las hojas.

La **raíz** es un órgano generalmente subterráneo y carente de hojas que crece en dirección inversa al tallo y cuyas funciones principales son la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y sales minerales. En la **raíz primaria** se distingue externamente la **caliptra**, que se encuentra en el ápice protegiendo al **meristema apical**, una **zona de crecimiento**

HABITO

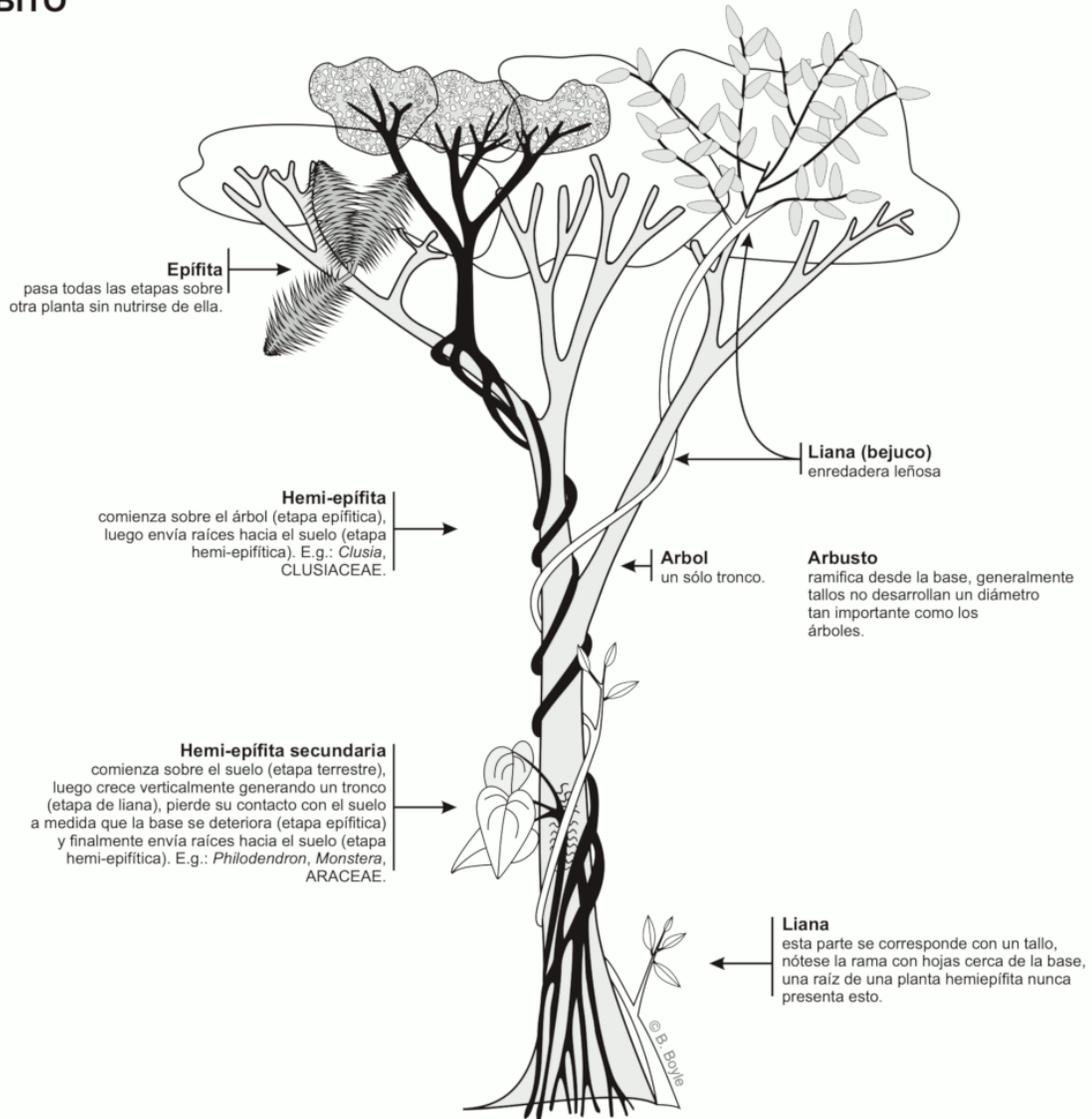


Figura 1.3. Habito de las plantas terrestres. Tomado de Bonifacino (2011)

o alargamiento, que es una región glabra de 1 a 2 mm de longitud; la **zona pilífera**, región de los pelos absorbentes, y la **zona de ramificación**, una región sin pelos en la cual se forman las **raíces laterales** y que se extiende hasta el **cuello**, que la une al tallo.

1.3.3 Morfología de flores y frutos

La **flor** es la parte reproductiva de las plantas **Angiospermas**. Una flor típica está compuesta por cuatro tipos de hojas estructural y fisiológicamente modificadas para producir y proteger los gametos. Tales hojas modificadas son los **sépalos, pétalos, estambre** y **carpelos**. Además, en las Angiospermas la flor da origen, tras la fertilización y por transformación de algunas de sus partes, a un fruto.

El **fruto** es el órgano que contiene a las **semillas** hasta que estas maduran y luego contribuye a diseminarlas. Los frutos presentan diferentes estrategias para **dispersar** las semillas. Una de ellas son los frutos **anemocoros** que aprovechan el viento. Estos frutos suelen ser ligeros y tener estructuras como alas o pelos que les faciliten poder ser llevados por el viento. Otra estrategia, es la utilizada por los frutos **zoocoros** que aprovechan a los animales. Si los frutos se sujetan o enganchan a las plumas o a los pelos son frutos **epizoocoros**; pero si los animales comen los frutos, se denominan frutos **endozoocoros** y aprovechan los jugos del aparato digestivo para deshacer las cubiertas y expulsar junto con las heces las semillas, listas para **germinar**. Algunos frutos de plantas ligadas a hábitats acuáticos se dispersan gracias al agua, son los denominados **hidrocoros**.

1.3.4 Modificaciones morfológicas

Todas las estructuras de la planta pueden presentar diferentes adaptaciones ambientales por las cuales observamos **modificaciones morfológicas**. Algunas plantas, como los cactus, han transformado sus hojas en espinas; son los troncos, carnosos y aplanados, los que ejercen la función fotosintética. Las hojas de los troncos subterráneos, como en la cebolla, pueden transformarse en órganos de reserva de nutrientes. Los tallos de aquellas especies que viven sumergidas en el agua presentan una organización especial que les permite absorber directamente del agua, el dióxido de carbono y el oxígeno, tanto como las sales nutritivas. Algunas plantas presentan tallos subterráneos, generalmente de crecimiento horizontal, que pueden ramificarse, denominados **rizomas**. Mientras que otras tienen tallos subterráneos a los que se denominan **tubérculos** caulinares (ej. la papa). Mientras que otras modifican sus raíces para el almacenamiento de sustancias, a éstas se les denomina raíces **napiformes** (ej. la zanahoria).

Algunas estructuras vegetales, se han asociado con **interacciones planta-animal**. En grupos de plantas como las Euphorbiaceae, se evidencian modificaciones estructurales llamadas **glándulas**, las cuales se desarrollan a nivel de la lámina foliar o del pecíolo. Estas estructuras están asociadas a la secreción de azúcares para la nutrición de insectos, los

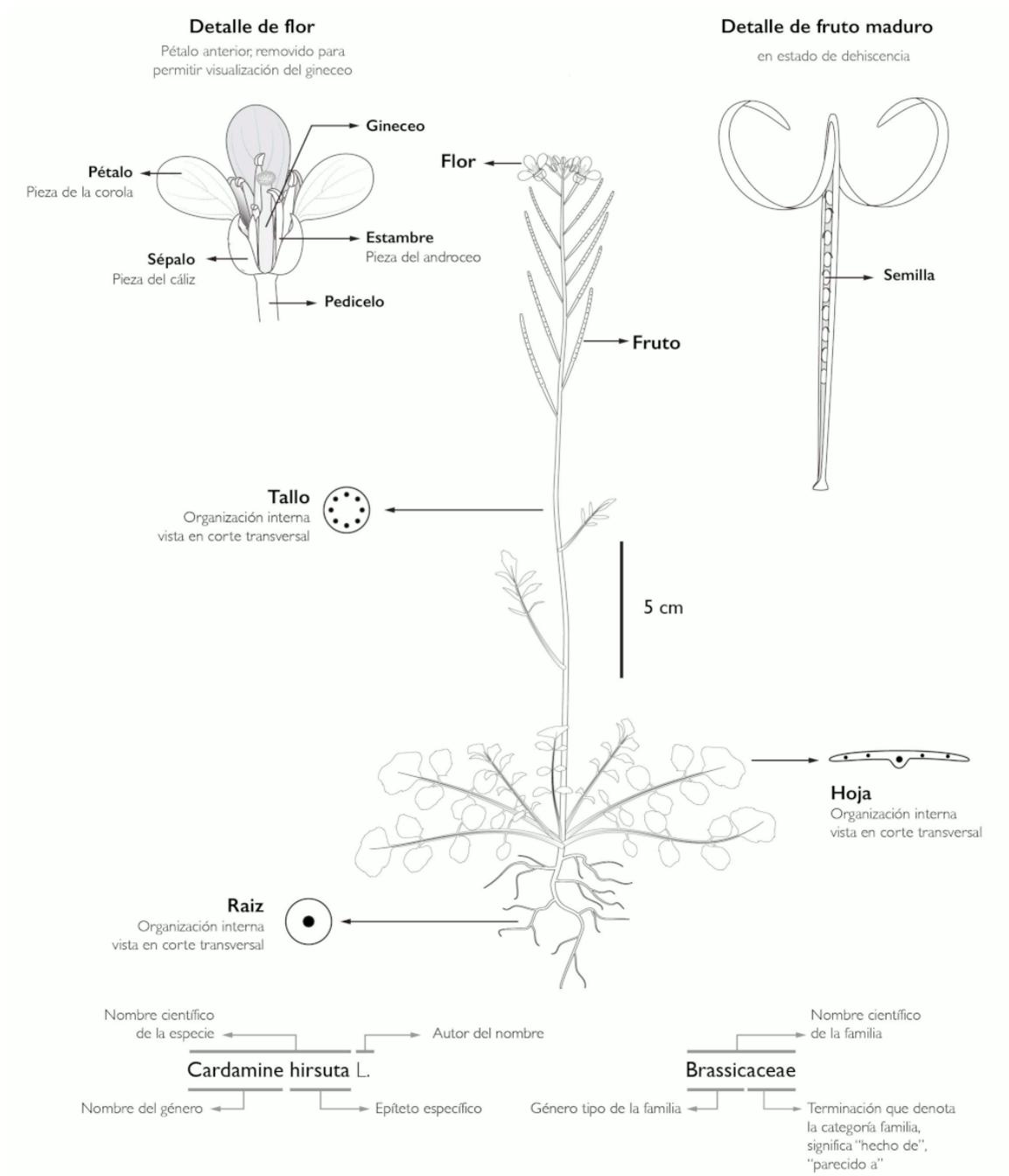


Figura 1.4. Morfología básica de una plantas y generalidades del nombre científico. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

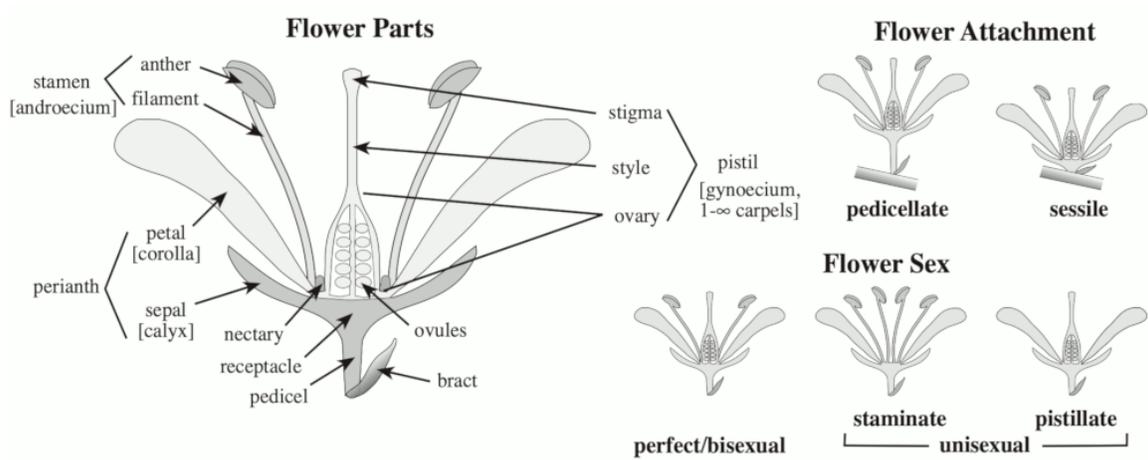


Figura 1.5. Partes de la flor. Sexualidad y formas de unión. Tomado de Simpson (2019).

cuales brindan protección contra los herbívoros. Otra estructura de asociación son los **domacios**, los cuales constituyen cavidades donde se alojan estadios de algunos insectos, sin que genere daño a la planta. Los domacios permiten a la planta protegerse del ataque de herbívoros.

2 Citología

2.1 Introducción

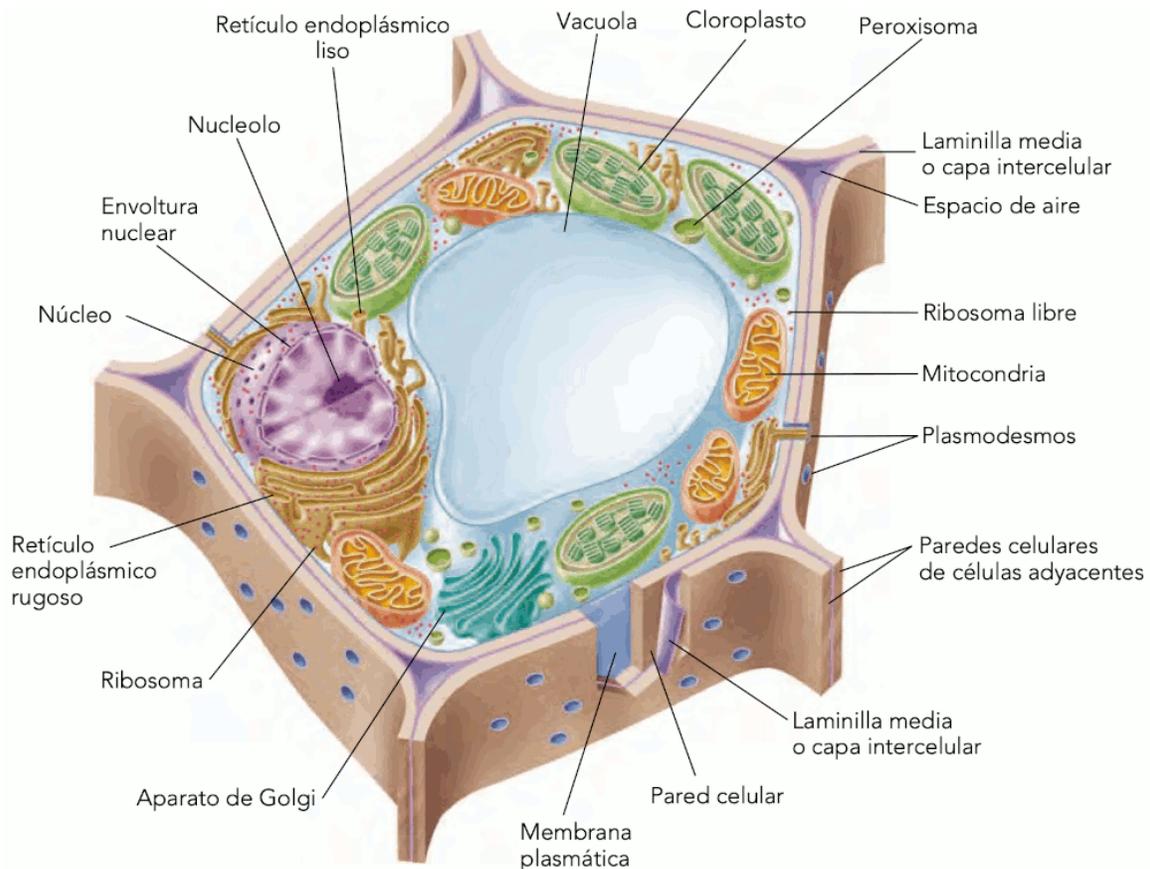


Figura 2.1. Representación de una célula vegetal. Tomado de Nabors (2006).

Desde la visualización por primera vez de la célula vegetal por Robert Hooke en el siglo XVII, quien precisamente acuñó el término célula, hasta nuestros días, el estudio citológico tanto en animales como en vegetales ha dado grandes pasos que están relacionados directamente con el avance en instrumentos y técnicas que han aportado las herramientas necesarias para esclarecer toda la conformación estructural, ultraestructural, bioquímica y molecular de las células. La célula vegetal está constituida de cuatro elementos básicos: La **pared celular**, formada por dos capas en células de crecimiento primario (Lámina primaria e intermedia) y por tres en células de crecimiento secundario (Lámina primaria, intermedia

y secundaria), cada una de ellas con una constitución química y estructural definida. Como todas las células vivas, encontramos la **membrana celular** inmediatamente yuxtapuesta a la pared celular. El **citoplasma** dentro del cual se encuentran inmersos los organelos celulares comunes tanto a vegetales como animales (mitocondrias, peroxisomas, ribosomas) y constituyentes característicos pero no exclusivos de las células vegetales como plastidios que pueden ser fotosintéticos o de almacenamiento de alguna sustancia producto del metabolismo (aceites, almidón, látex, cristales). Finalmente encontramos el **núcleo celular** que contiene principalmente el ADN, algunas formas de ARN y nucleoproteínas.

Es importante aclarar que las diferencias entre las células en cuanto a estructura, función y diversidad que conforman el cuerpo vegetal, está regido por dos por la interacción genotipo/ medio ambiente, lo que conlleva a la expresión genética diferencial.

2.2 Objetivo

- Introducir al estudiante en los aspectos morfológicos, anatómicos y estructurales relacionados con la célula vegetal.
- Caracterizar la estructura típica de las células vegetales.
- Reconocer la diversidad de formas y tamaños celulares encontrados en el cuerpo de las plantas.
- Identificar cualitativamente algunos compuestos orgánicos presentes en las células vegetales.

2.3 Materiales

2.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Mecheros de alcohol
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Lugol
- Solución de Safranina
- Solución de Sudan III o Sudan negro

2.3.2 Material vegetal

- Bulbo de *Allium cepa* (Cebolla de huevo)
- Fruto de *Capsicum annuum* (Pimentón rojo)
- Fruto de *Solanum lycopersicum* (Tomate)
- Hojas de *Ficus elastica* (Caucho)
- Hojas y tallos de *Tradescantia pallida* (Guardaparque)
- Pecíolos y hojas de *Begonia spp.*
- Pétalos de diferentes colores
- Ramas de *Egeria densa* (Elodea)
- Ramas de *Impatiens balsamina* (Besito)
- Ramas de *Pinus spp.* (Pino)
- Semillas frescas de *Phaseolus vulgaris* (Frijol)
- Semillas frescas de *Zea mays* (Maíz)
- Semillas hidratadas de *Triticum aestivum* (Trigo)
- Tallos de *Daucus carota* (Zanahoria)
- Tallos de *Aristolochia ringens*
- Tubérculo de *Manihot esculenta* (Yuca)
- Tubérculo de *Solanum tuberosum* (Papa)

2.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

Tinciones y colorantes

Durante el desarrollo de todas las prácticas se realizan tinciones, principalmente azul de toluidina o safranina - azul alcían, por lo cual es importante tener en cuenta que estructuras colorean.

	Azul de toluidina	Safranina - Azul alcían
Pared primaria	Azul a púrpura	Azul
Pared secundaria	Verde brillante	Rojo
Suberina y cutina	Verde brillante	Rojo

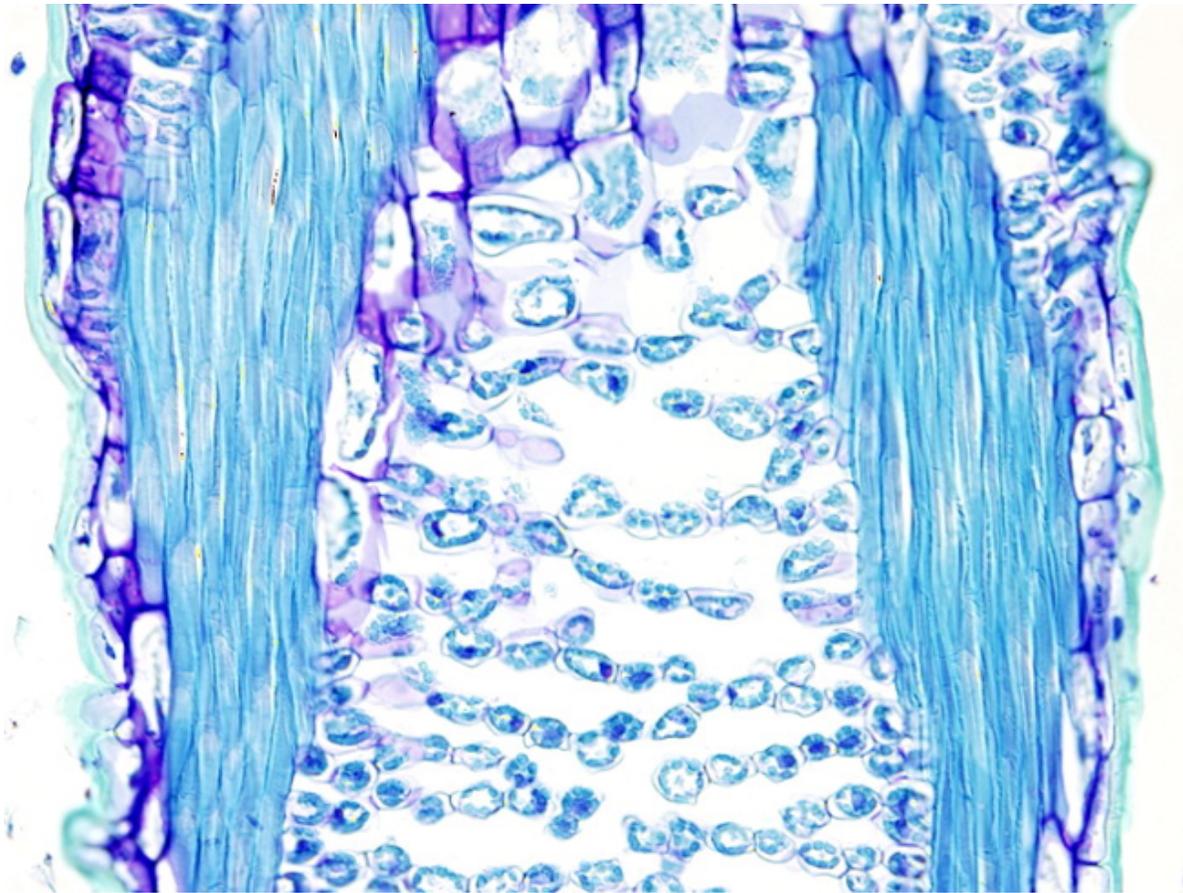


Figura 2.2. Cutícula en verde brillante. Fibras de esclerénquima en azul claro. Células parenquimáticas en púrpura-violeta. Megías Pacheco et al. (2017).

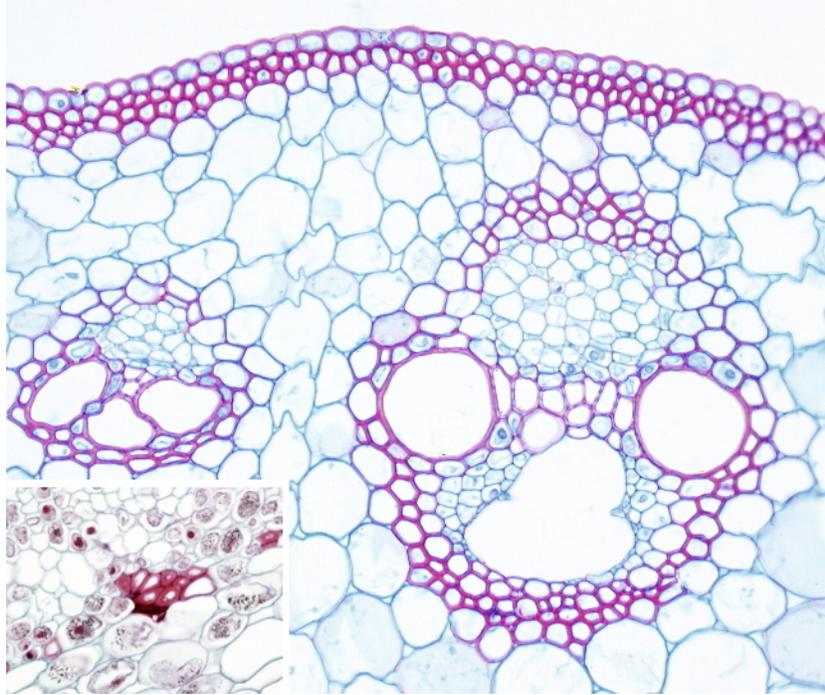


Figura 2.3. Cutícula en verde brillante. Fibras de esclerénquima en azul claro. Células parenquimáticas en púrpura-violeta. Megías Pacheco et al. (2017).

2.4.1 Identificación de Lignina

- Realice cortes transversales finos del tallo de *Aristolochia ringens*, agregue una gota de Safranina, tiña por 1 minuto retire el exceso de colorante y lave con agua destilada, retire el agua y agregue una gota de Azul Alcían, lave nuevamente con agua destilada y monte en una gota de Glicerol. Estos dos reactivos pueden venir en uno solo ya preparado. Observe al microscopio en 10x, 40x y si es necesario en 100x. Se nota la aparición de una coloración roja o púrpura, esto demuestra la presencia de lignina. ¿Qué tejidos presentan reacción positiva?

2.4.2 Reconocimiento de sustancias lipídicas

- Realice cortes transversales finos del tallo de *Pinus spp.* agregue una gota de Sudan III o Sudan negro y caliente la lámina suavemente acercándola al mechero. Observe al microscopio en 10x, 40x y si es necesario en 100x. Se nota la aparición de un color rojo/naranja por la presencia de lípidos.
- Realice cortes transversales finos de las hojas de *Ficus elástica* y proceda como lo anterior. Debe observa la presencia de una capa acelular de color rojizo o naranja que

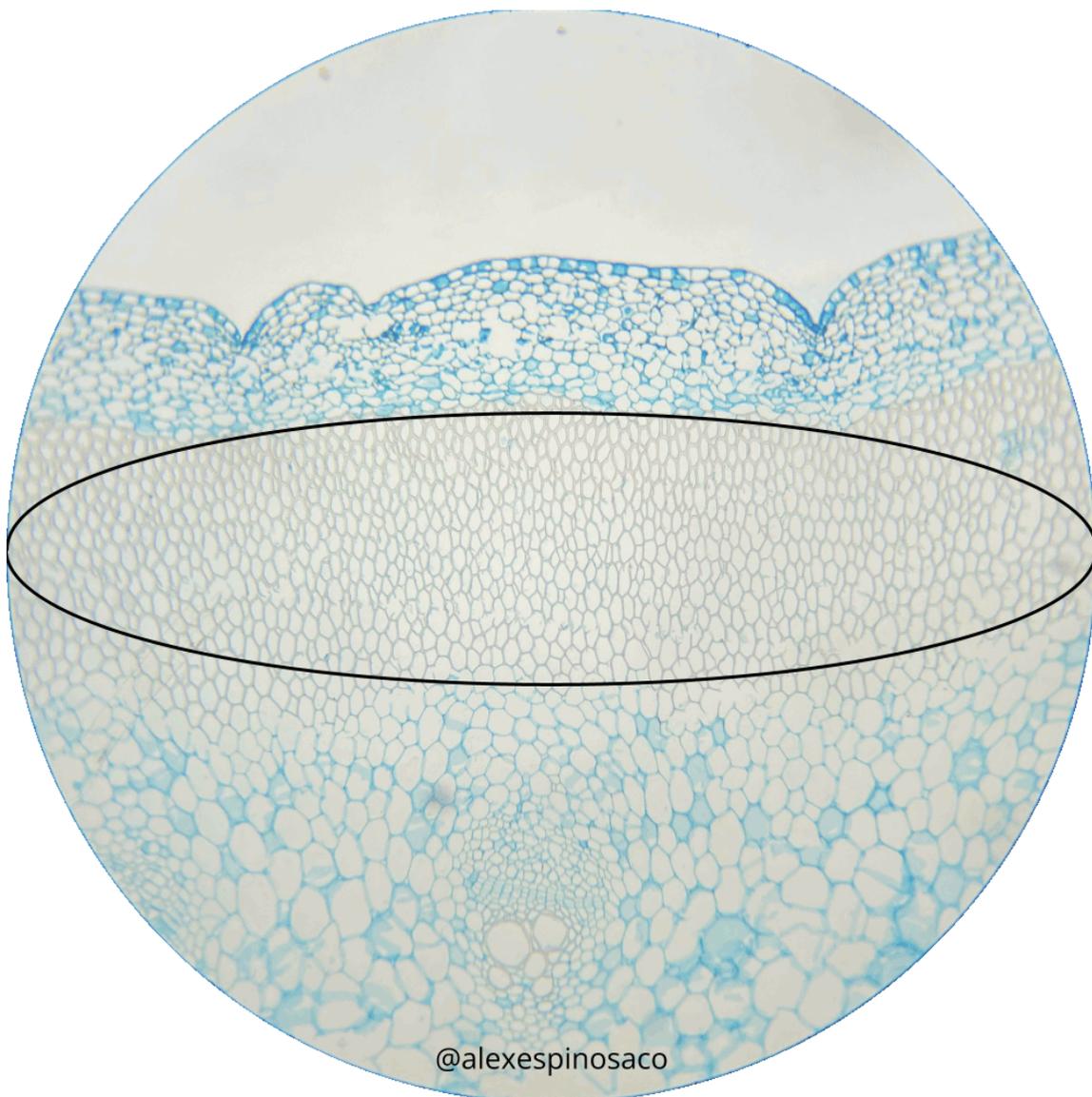


Figura 2.4. Corte transversal de *Aristolochia ringens* con Safranina y Azul Alcían. La líneas negras señalan una región de células con presencia de lignina.

corresponde a la cutícula constituida principalmente de cutina. ¿Cuál es la función de las sustancias y estructuras identificadas en esta sección del Laboratorio?

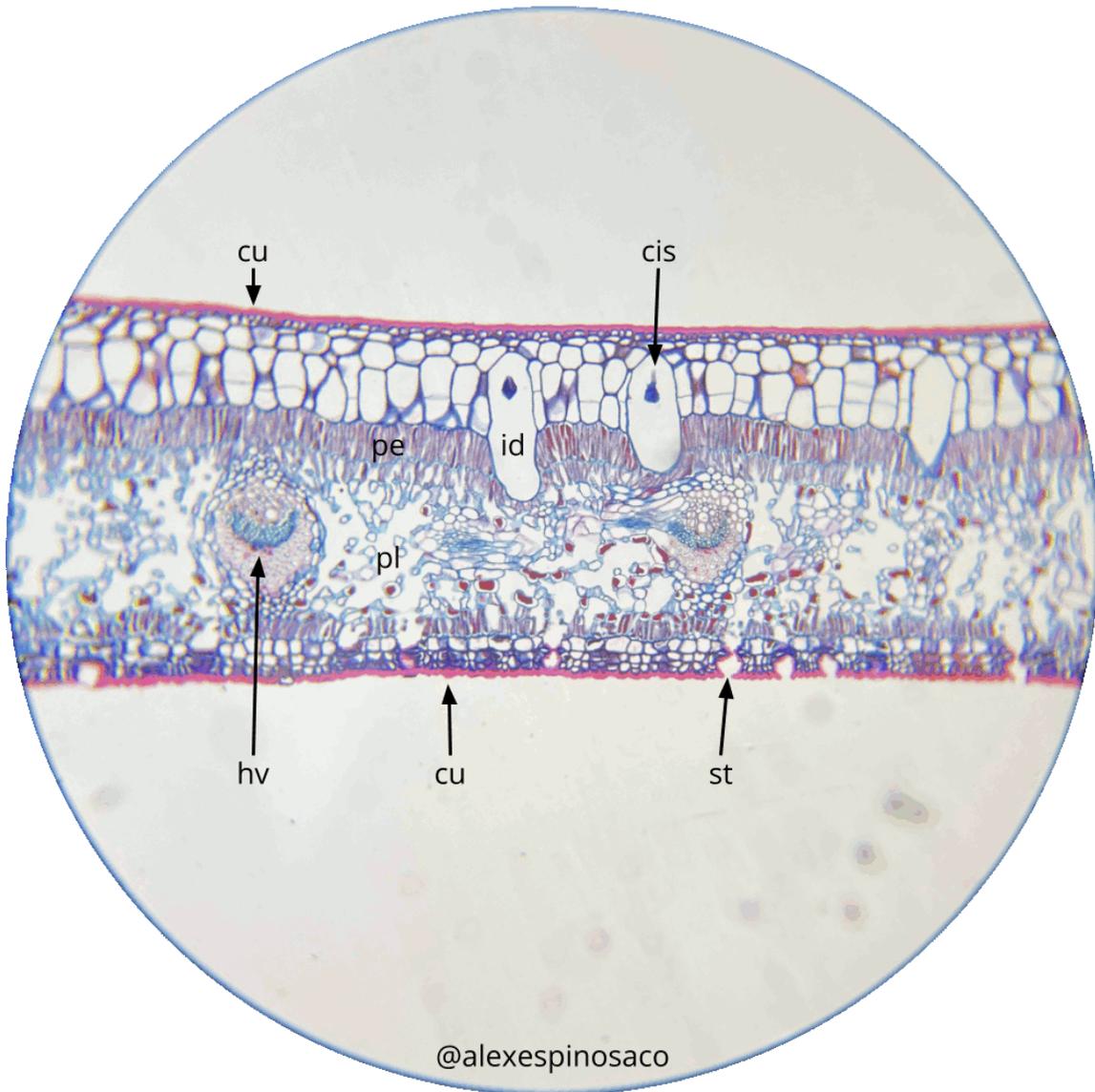


Figura 2.5. Corte transversal de *Ficus elástica* con Safranina y Azul Alcian. cis: cistolito, cu: cuticula, ep: epidermis pluriestratificada, hv: haz vascular, id: idioblasto, pe: parénquima en empalizada, pl: parénquima lagunar, st: estoma.

2.4.3 Estructura, Formas, diversidad e inclusiones citoplasmáticas

- Tome un estambre de la flor de *Tradescantia pallida* y descarte la antera. Coloque el filamento en un portaobjetos con una gota de agua y cubra con un cubreobjetos (montaje húmedo). Enfóque el objetivo de 10x y concentre su observación en las prolongaciones laterales que se disponen a manera de cadena. Estas estructuras se de-

nominan tricomas. Observe con objetivo 40X e identifique las siguientes estructuras: pared celular, vacuola, núcleo y citoplasma.



Figura 2.6. Montaje húmedo de tricoma de *Tradescantia pallida*. ci: citoplasma, nu: núcleo, pc: pared celular, va: vacuola.

- Prepare un montaje húmedo de una hoja de *Egeria densa* con agua de su medio natural. Observe con 10x y 40x y localice las siguientes estructuras: Pared celular, citoplasma y cloroplastos. Observe la unión de dos células contiguas e identifique la laminilla media. ¿Cuál es la composición química de la laminilla media? ¿Cuál es la composición Química de la pared? ¿Qué tipos de pared puede tener una célula? Observe los cloroplastos. ¿En cuál parte de la célula se localizan éstos? ¿Qué función desempeñan en la planta?



Figura 2.7. Montaje húmedo de hoja de *Egeria densa*. cl: cloroplasto, pc: pared celular.

- Elabore varios cortes finos de la superficie inferior de un pétalo de una flor amarilla, roja o de otro color agregue una gota de agua y observe en los aumentos que sea necesario. ¿Es posible identificar cromoplastos? Repita el procedimiento anterior, pero utilizando los tallos de *Daucus carota*, epidermis del fruto de *Capsicum annuum* y epidermis o mesocarpo de *Solanum lycopersicum*. ¿Qué tipos de plastidios se observa?, ¿cuáles son sus funciones?
- Realice cortes finos de los cotiledones de *Phaseolus vulgaris* agregue una gota de agua y otra de Lugol observe al microscopio en los aumentos que sea necesario, la aparición de una coloración violácea o negra determina la presencia de almidón dentro de los amiloplastos. Para observar la presencia del hilo y las laminillas concéntricas en los amiloplastos es mejor hacer un montaje sin teñir sólo agregando agua. Repita el procedimiento anterior, pero utilizando las semillas de *Triticum aestivum*, *Zea mays*, el tubérculo de *Solanum tuberosum* y la raíz de *Manihot esculenta*. Establezca comparaciones entre los diferentes amiloplastos y determine si existen diferencias.
- Realice cortes transversales finos del peciolo de *Begonia spp.* agregando solo una gota de agua. Observe a diferentes aumentos. Se aprecia la presencia de cristales tipo drusas de oxalato de calcio en las células. También es posible ver la presencia de cristales en forma de aguja que corresponde a estiloídes, paquetes de estiloídes llamados rafidios y cristales romboédricos. Repita el procedimiento anterior cortando los peciolos de *Impatiens balsamina*, en la epidermis de *Allium cepa* ¿Cuál es la función de estos cristales?
- Realice cortes transversales finos de hojas maduras de *Ficus elástica*, agregue una gota de Safranina, tiña por 1 minuto retire el exceso de colorante y lave con agua destilada, retire el agua y agregue una gota de Azul Alcían, lave nuevamente con agua destilada y monte en una gota de Glicerol. Debe apreciar en la epidermis superior, pluriestratificada, la presencia de células especializadas en almacenar cistolitos que son agregados de carbonato de calcio (Fig. 2.5). ¿Qué nombre recibe esta célula especializada que almacena los cistolitos?

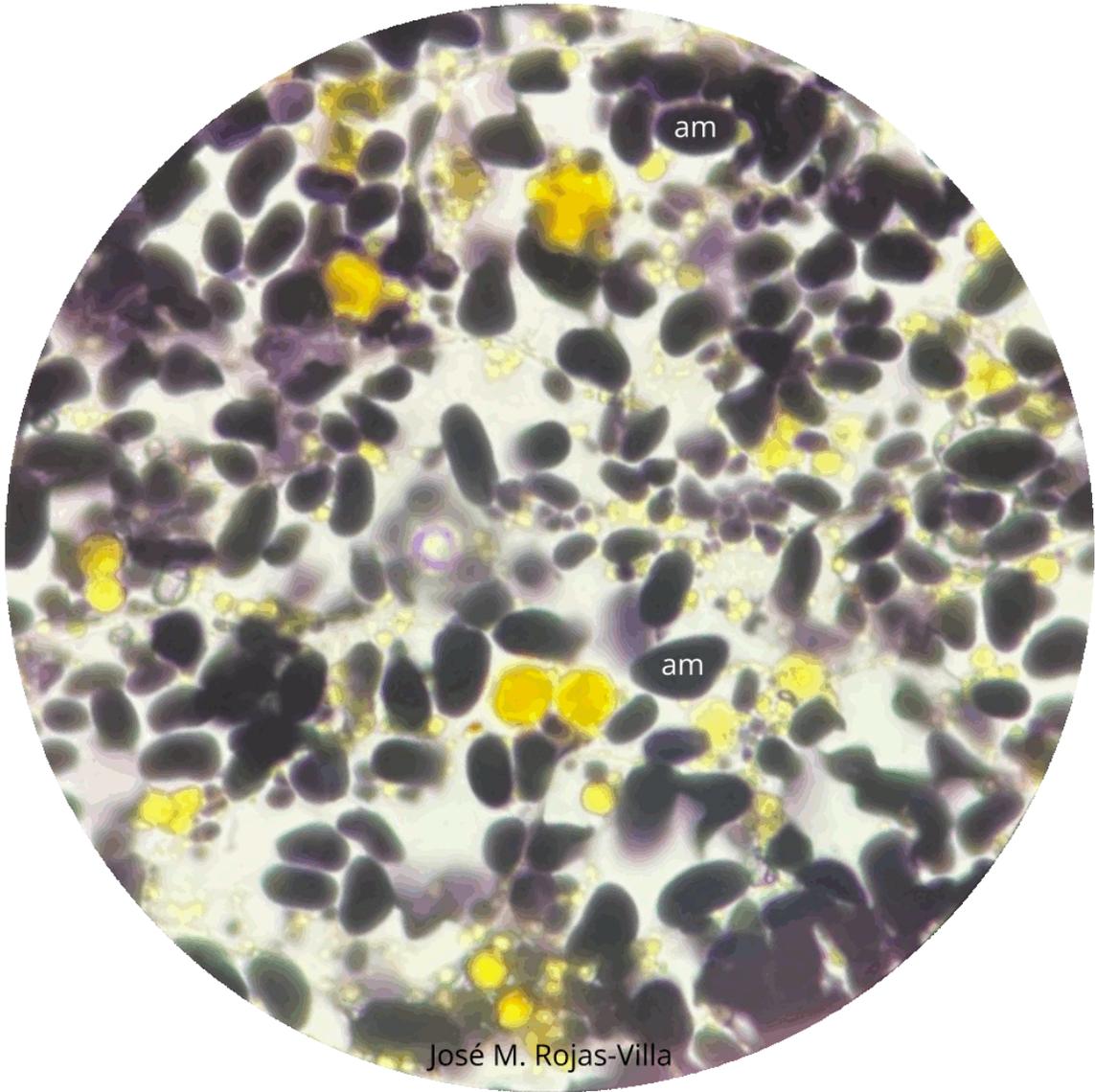
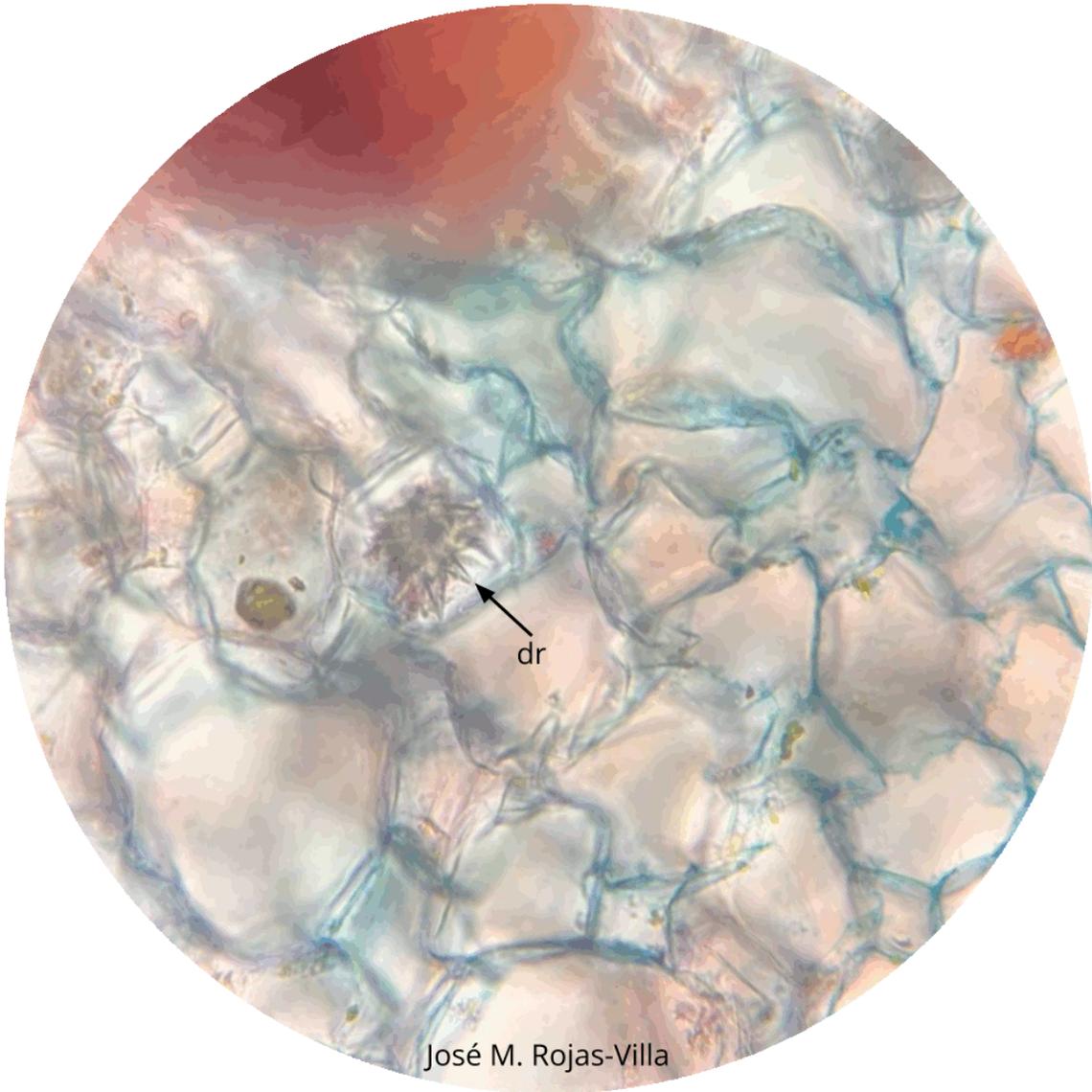


Figura 2.8. Montaje húmedo de semilla de *Persea* sp.. am: amiloplasto.



José M. Rojas-Villa

Figura 2.9. Montaje húmedo donde se muestra una drusa. dr: drusa.

3 Histología I

3.1 Introducción

El cuerpo de las plantas vasculares (**Tracheophytes**) poseen conjuntos de células diferenciadas que desempeñan una función específica. Estos grupos de células se denominan **tejidos** y pueden estar formados por uno o varios tipos de células.

Los **meristemos** se clasifican dependiendo de su persistencia y función en el cuerpo de la planta, como **primarios** y **secundarios**. Además, según la posición como **apicales**, **laterales** e **intercalares**. Todos los meristemos se caracterizan por poseer células con alta actividad mitótica y son fisiológicamente muy activos. Estas células son pequeñas e isodiamétricas, con pocos espacios intercelulares, el núcleo puede ocupar hasta un 50% del volumen celular y las paredes son delgadas de tipo primario. Estos meristemos constituyen verdaderos tejidos embrionarios que persisten durante toda la vida de la planta con lo cual su crecimiento es potencialmente perpetuo. La organización de los meristemos apicales en el cuerpo de la planta está dado por varios modelos: el modelo de la célula apical (aplicado a Briófitos y Pteridofitos), el modelo de los histógenos (aplicado principalmente a los meristemos radiculares), el modelo de la túnica/cuerpo (zonación topográfica) aplicado a los meristemos apicales de las Angiospermas y el modelo de la zonación histoquímica para Gimnospermas.

Los meristemos laterales corresponden al cambium y al felógeno (cambium suberoso). El **cambium** es responsable del crecimiento en grosor de los tallos al agregar capas celulares que se diferenciarán en **xilema** hacia la médula y **floema** hacia la corteza. Este tejido solo está presente en Angiospermas y Gimnospermas. El felógeno también es responsable del crecimiento en grosor al agregar capas de tejido que se diferenciarán el **súber o corcho** y **felodermis** este último, se transformará principalmente en células parenquimáticas. En conjunto al súber, felógeno y felodermis se les conoce como **peridermis**. Los meristemos intercalares se encuentran principalmente en gramíneas y son los responsables del crecimiento de las zonas nodales.

La **epidermis** en plantas cumple varias funciones: protección, intercambio gaseoso, revestimiento, evitar la desecación, excreción y secreción. Desde el punto de vista morfológico y fisiológico la epidermis no es un tejido homogéneo, hay muchas variedades y especializaciones: estomas, tricomas, glándulas etc. Este tejido tiene varios orígenes dependiendo del órgano en particular. En Briófitos y Pteridófitos se origina a partir de la única célula apical meristemática, en el caso de la raíz a partir del dermatógeno y en los ápices de los

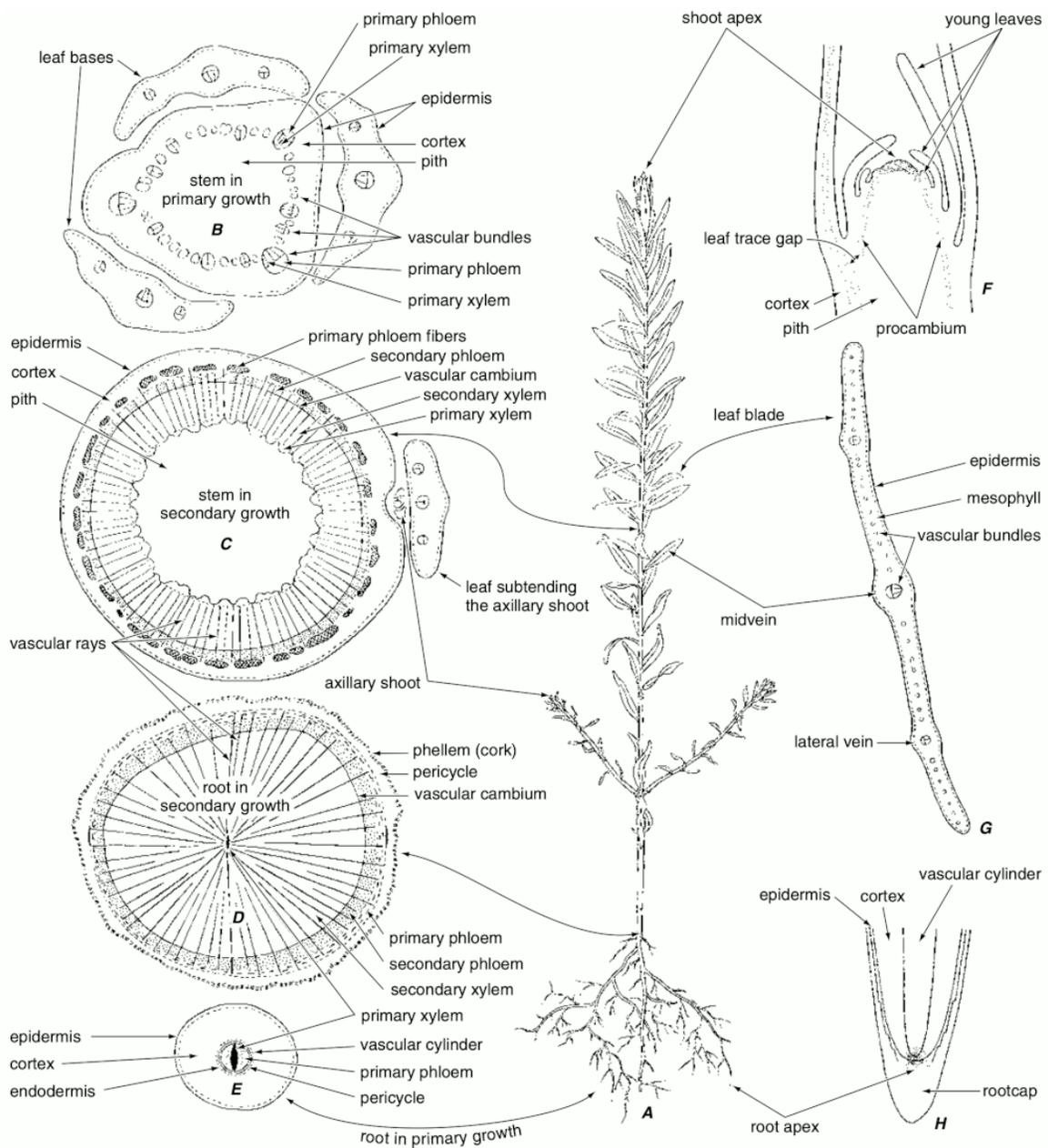


Figura 3.1. Organización de una planta vascular. A, esquema del habito de una planta. B-C, corte transversal de tallo. D-E, corte transversal de raíz. F, corte longitudinal de meristemo apical caulinar. G, corte transversal de hoja. H, corte longitudinal de meristemo apical radicular. Tomado de Evert (2006).

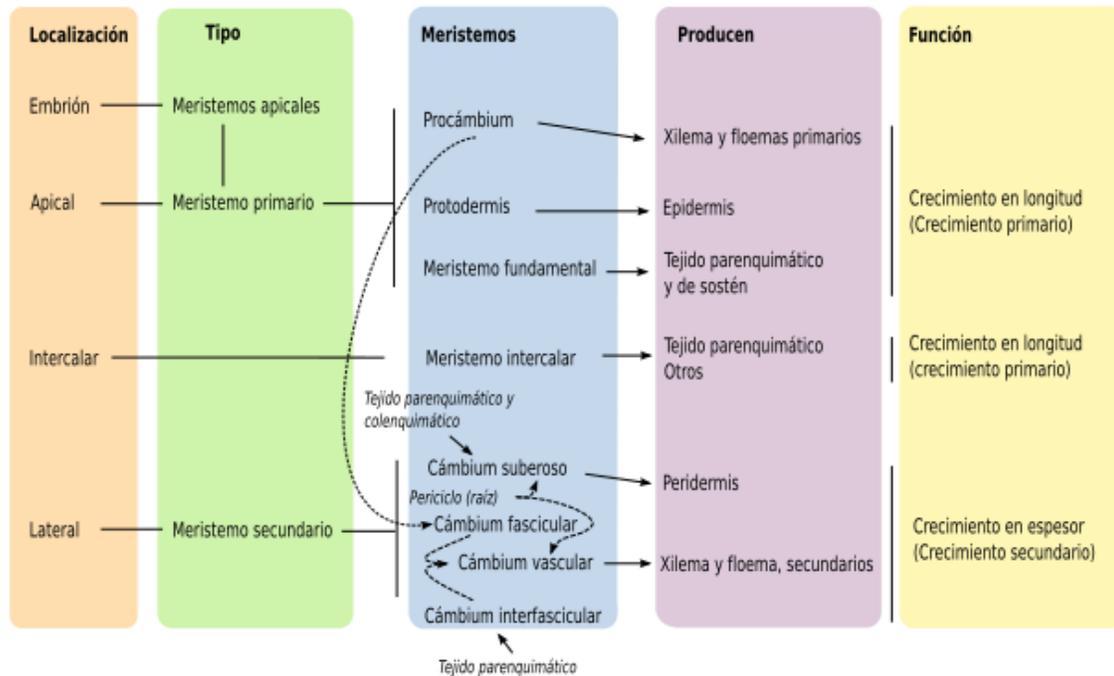


Figura 3.2. Clasificación de los meristemos. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

tallos a partir de la capa más externa de la túnica. En la mayoría de las plantas la epidermis es de una sola capa, sin embargo, en algunos casos puede ser pluriestratificada.

El **parénquima** es un tejido poco diferenciado y se puede considerar precursor de los demás tejidos. El parénquima es un tejido con varias funciones metabólicas importantes para la planta: fotosíntesis, elaboración y almacenamiento de sustancias, secreción, excreción, etc. De acuerdo con su función presentan formas variables, pero por lo general son prismáticas e isodiamétricas con múltiples caras que le confieren aspecto redondeado. Se derivan de los meristemos apicales y laterales, aunque también pueden conservar la capacidad de división celular. Existen varios tipos de parénquimas que se relacionan con la principal actividad metabólica que desempeñan: **aerénquima** (parénquima aerífero), **clorénquima** (parénquima fotosintético), **hidrénquima** (parénquima acuífero), **parénquima de reserva**, **parénquima en empalizada**, y **parénquima esponjoso o lagunar**,

3.2 Objetivo

- Introducir al estudiante en los aspectos morfológicos, anatómicos y estructurales relacionados con los meristemos apicales, laterales, sistemas epidérmicos y parénquima en plantas.
- Caracterizar la estructura típica de los meristemos apicales y laterales.



Figura 3.3. Clasificación de los tejidos de las plantas según su permanencia, capacidad de división y tipos celulares que los componen. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

- Reconocer la diversidad de formas y tamaños celulares encontrados en los sistemas epidérmicos en plantas.
- Determinar los patrones estomáticos y tipos de tricomas encontrados en plantas.
- Caracterizar la estructura típica, forma y función del tejido parenquimático.

3.3 Materiales

3.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Lugol
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

3.3.2 Material vegetal

- Hojas de *Aloe vera* (Sábila)
- Hojas de *Brassica oleracea* (Repollo)
- Hojas de *Coffea arabica* (Café)
- Hojas de *Dianthus caryophyllus* (Clavel)
- Hojas de *Ficus elastica* (Caucho)
- Hojas de *Nerium oleander* (Adelfa, Azucena de La Habana)
- Hojas y tallos de *Canna spp.* (Achira, Bandera)
- Hojas y tallos de *Cannabis sativa* (Marihuana)
- Hojas y tallos de *Cyperus papyrus* (Papiro)
- Hojas y tallos de *Nicotiana tabacum* (Tabaco)
- Hojas y tallos de *Pelargonium spp.* (Geranio, Novio)
- Hojas y tallos de *Portulaca oleracea* (Verdolaga)
- Hojas y tallos de *Solanum lycopersicum* (Tomate)
- Hojas y tallos de *Solanum quitoense* (Lulo)
- Hojas y tallos de *Solanum tuberosum* (Papa)
- Hojas y tallos de *Tillandsia recurvata*
- Hojas y tallos de *Tradescantia pallida* (Guardaparque)

- Ramas con ápices de *Solenostemon scutellarioides* (Cóleo)
- Ramas de *Egeria densa* (Elodea)
- Tallos de *Aristolochia ringens*

3.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

3.4.1 Epidermis monoestratificada y pluriestratificada

- Realice cortes finos transversales de hojas de *Dianthus caryophyllus* y *Ficus elástica* sin aplicar tinción (Fig. 2.5). ¿Qué tipo de epidermis encuentra en cada caso? ¿Qué diferencias funcionales y anatómicas se aprecian entre los dos tipos de epidermis observadas?

3.4.2 Estomas y patrones estomáticos

- Realice cortes transversales de hojas de *Ficus elástica* y *Nerium oleander*, tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe la cara abaxial de la lámina foliar y aprecie la presencia de estomas dentro de criptas estomáticas. ¿Qué ventaja le ofrece a estas plantas la disposición de los estomas en criptas? ¿Qué familias de plantas posiblemente tendrían esta disposición estomática?
- Realice cortes longitudinales de la epidermis abaxial de hojas de *Brassica oleracea*, *Coffea arabica*, *Dianthus caryophyllus*, *Tradescantia pallida* y de las plantas que tenga a disposición, aplicando la tinción de Safranina y Azul Alcían. Observe los patrones estomáticos característicos de estas plantas (**anisocítico, paracítico, diacítico, tetracítico, actinocítico y ciclocítico**) ¿Todas las plantas tienen algún patrón estomático característico? ¿Existen patrones estomáticos adicionales? ¿Tienen alguna importancia taxonómica o sistemática?

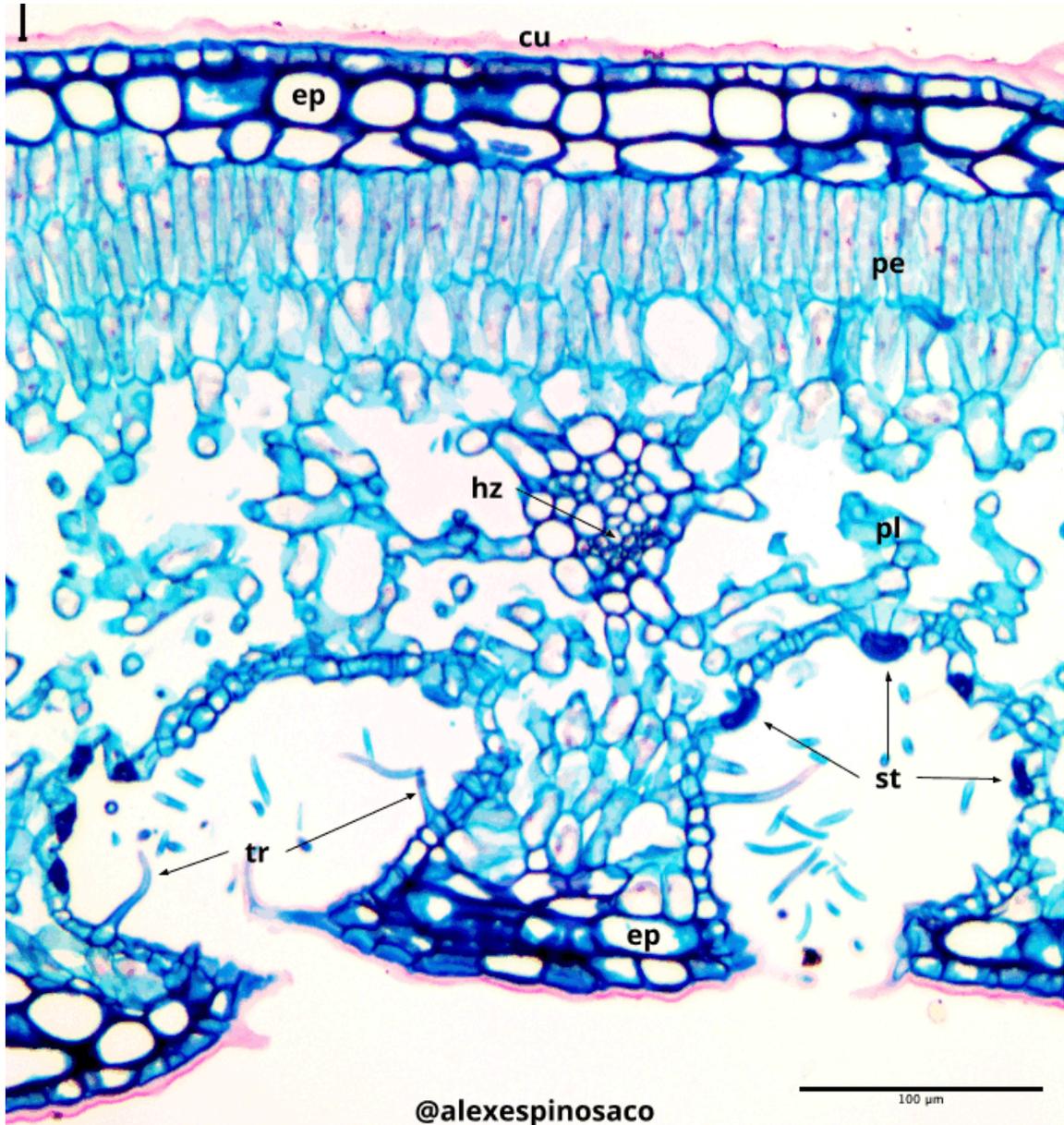


Figura 3.4. Corte transversal de hoja de *Nerium oleander* con Safranina y Azul Alcían. cu: cutícula, ep: epidermis pluriestratificada, hv: haz vascular, pe: parénquima en empalizada, pl: parénquima lagunar, st: estoma, tr: tricoma.

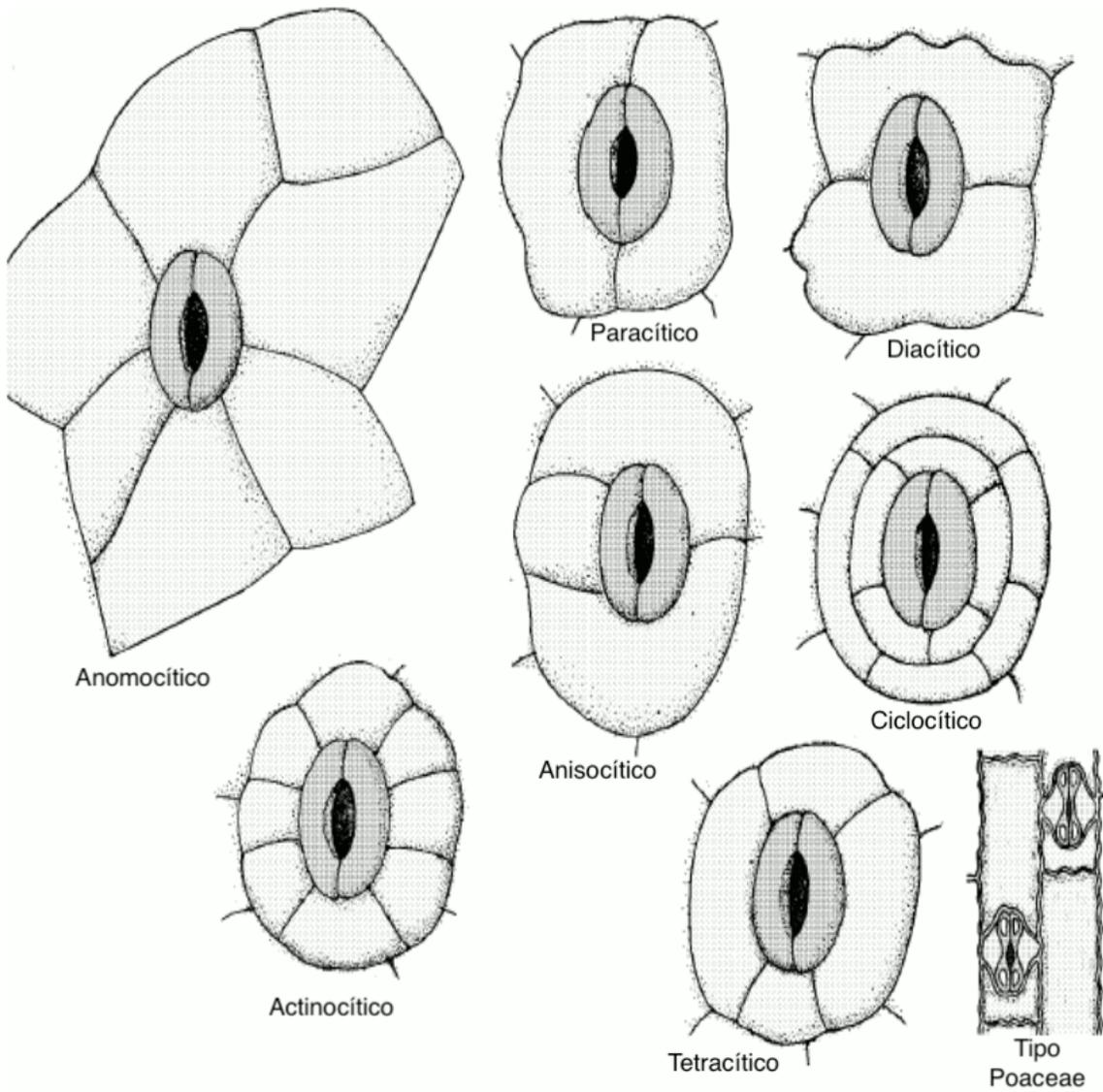


Figura 3.5. Tipos de estomas. Tomado de Singh (2019).

3.4.3 Revestimientos pilosos o tricomas

- Realice cortes transversales finos de hojas, peciolo y tallos de *Cannabis sativa*, *Nicotiana tabacum*, *Pelargonium spp.*, *Portulaca oleifera*, *Solanum lycopersicum*, *Solanum tuberosum*, *Solanum quitoense*, *Tillandsia recurvata* y cualquier otra planta que tenga a disposición. Observe la presencia de diferentes tipos de tricomas (**unicelulares**: alargados, enrollados, estrellados, glandulares, ramificados, etc.; **pluricelulares**: alargados simples, escumiformes, estrellados, dendroides, glandulares, lanosos, peltados, ramificados, etc.) ¿Los tricomas tienen importancia taxonómica o sistemática? ¿Desde el punto de vista biológico que funciones desempeñan?

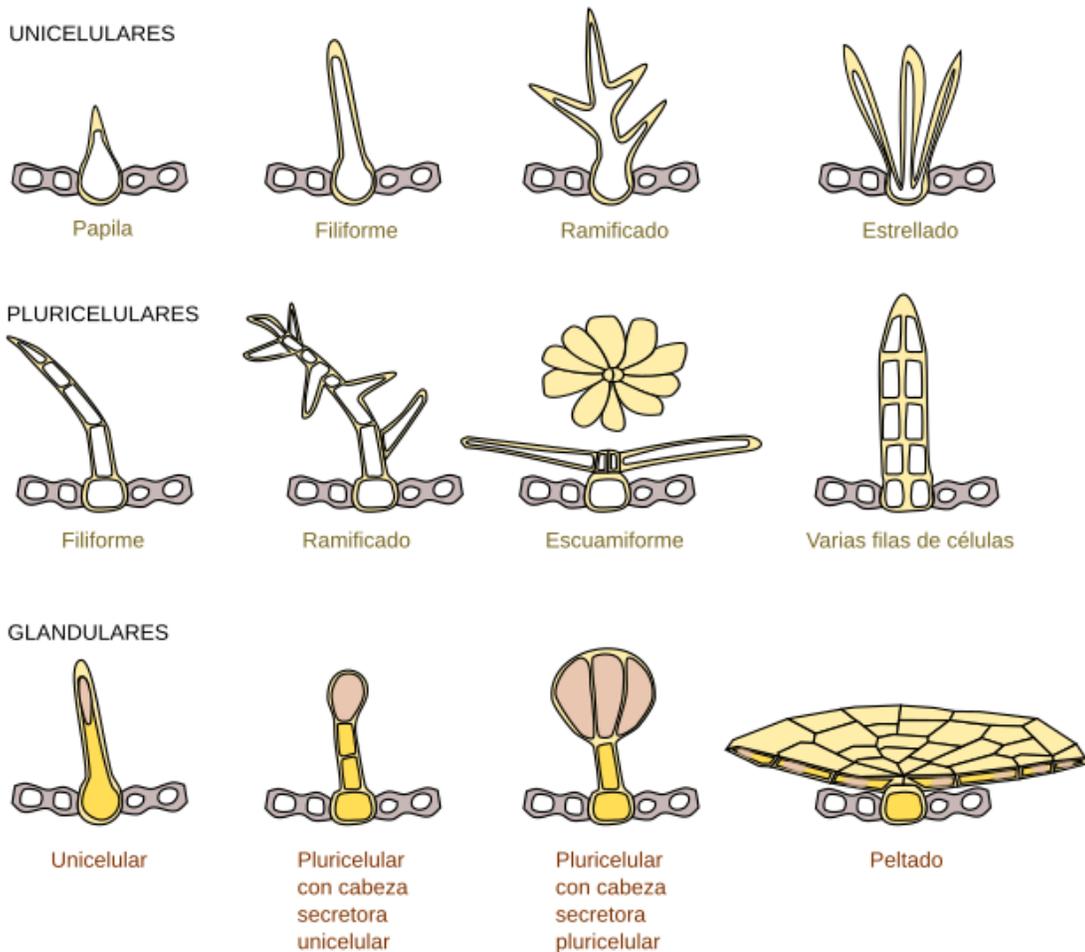


Figura 3.6. Algunos tipos de tricomas. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

3.4.4 Observación del tejido parenquimático

- Realice cortes transversales finos de hojas de *Nerium oleander*, haga la tinción rutinaria de Safranina y Azul Alcían, monte con una gota de glicerina. Observe la presencia

del **parénquima fotosintético** que en las hojas tiene disposición de empalizada, además, observe el **parénquima esponjoso o lagunar**, que se identifica fácilmente por la presencia de grandes espacios aeríferos entre sus células.

Repita el procedimiento pero coloreando con lugol para facilitar la observación del **parénquima de reserva** con amiloplastos. ¿La disposición de los tejidos fotosintéticos entre la cara adaxial y abaxial es la misma?

- Realice cortes transversales de talo de *Egeria densa*, pecíolo de *Canna spp.*, hoja o tallo de *Cyperus papyrus*. Tiña con Safranina y Azul Alcían, monte con una gota de glicerina. Observe la presencia del **parénquima aerífero** que se identifica por que las células son muy variables en forma y entre estas se establecen grandes espacios aéreos. ¿El parénquima aerífero presenta la misma morfología en las especies estudiadas? Explique.
- Realice cortes transversales finos de la hojas de *Aloe vera*, tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe la presencia de un tejido formado por células grandes de apariencia hinchada por la presencia de grandes vacuolas y de paredes celulares delgadas. Este tejido corresponde al **parénquima acuífero o hidrénquima**.

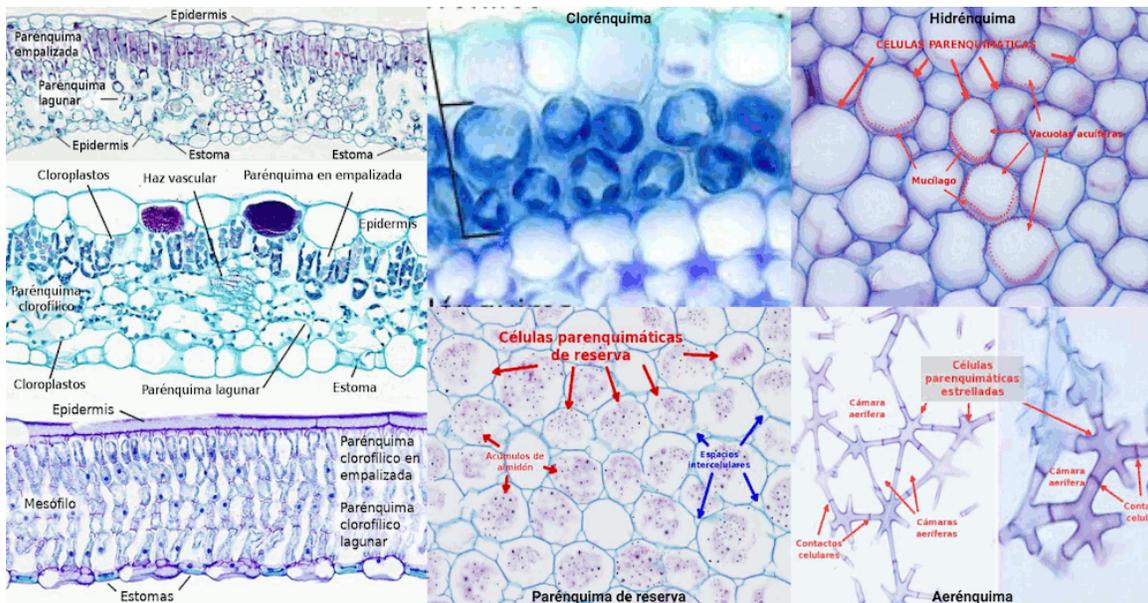


Figura 3.7. Tipos de parénquima. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

3.4.5 Meristemos apicales y laterales

- Realice cortes transversales finos del tallo de *Aristolochia ringens* agregue una gota de Safranina, deje unos segundos, elimine el exceso con papel secante, luego, agrego una gota de Azul Alcían, repita el procedimiento de limpieza anterior y finalmente agregue una gota de Glicerol. Observe al microscopio en 10x, 40x y si es necesario

en 100x. Centre su atención al cambium vascular e interfascicular, que se reconocen fácilmente por formar varias capas celulares de forma casi rectangular entre el xilema y el floema. ¿Cuál es el origen del cambium? ¿Este meristemo de crecimiento lateral se encuentra en todas las plantas?

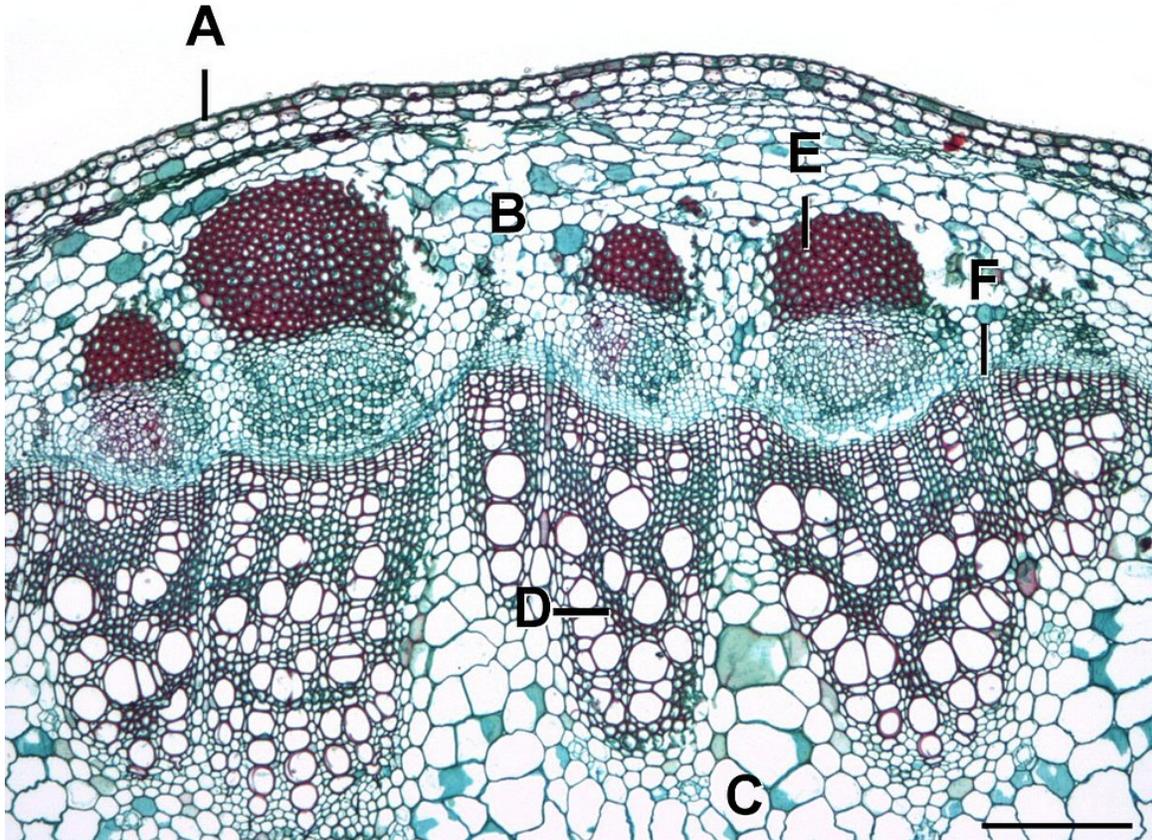


Figura 3.8. Corte transversal de tallo de *Helianthus sp.* A, epidermis. B-C, parénquima. D, xilema. E, esclérenquima. F, cambium vascular. Tomado de Houseman & Ford (2014).

- Realice cortes transversales finos del tallo maduro e inmaduro de *Pelargonium spp.* Aplicando la coloración anterior. Compare las diferencias anatómicas e histológicas encontradas. Posteriormente, fíjese en la presencia del felógeno hacia la corteza acompañando o no a la epidermis; este meristemo produce células suberosas o de corcho hacia fuera del tallo y felodermis hacia la médula. En conjunto se les da el nombre de peridermis. ¿Qué diferencias estructurales se pueden apreciar entre estos tres tipos celulares? ¿Cuál es la función del súber? ¿La felodermis se diferenciará en otro tipo tisular?
- Tome los meristemos apicales de la planta *Solenostemon scutellarioides* y realice cortes longitudinales finos. Aplique la tinción ya indicada previamente (el corte lo puede hacer utilizando cualquier otra planta donde se le facilite). Observe el desarrollo del meristemo apical y los primordios foliares. Es posible si el corte es lo suficientemente fino, apreciar la organización del ápice de acuerdo con la teoría de la Túnica/corpus.

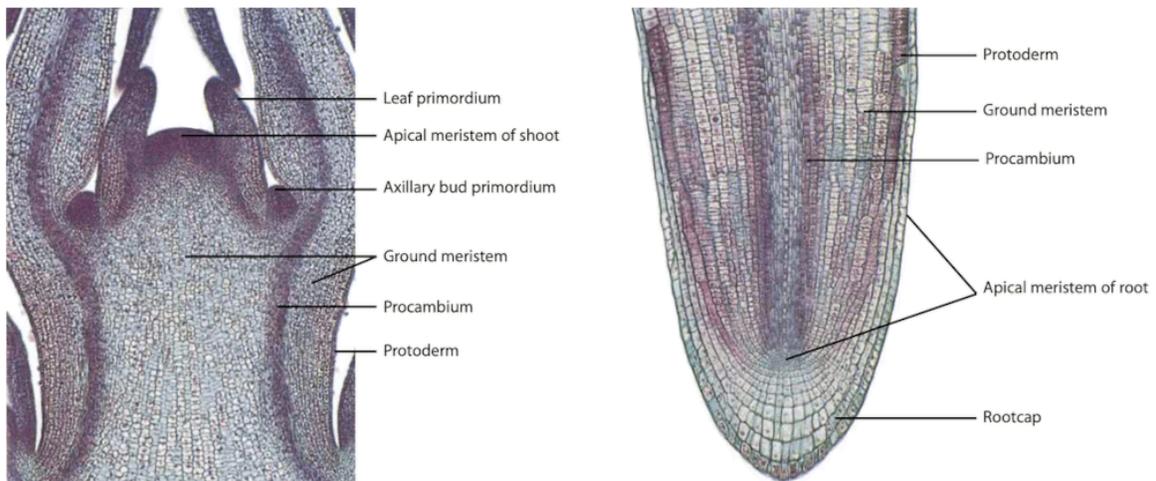


Figura 3.9. Meritemo apical caulinar y radicular. Tomado de Evert & Eichhorn (2013).

4 Histología II

4.1 Introducción

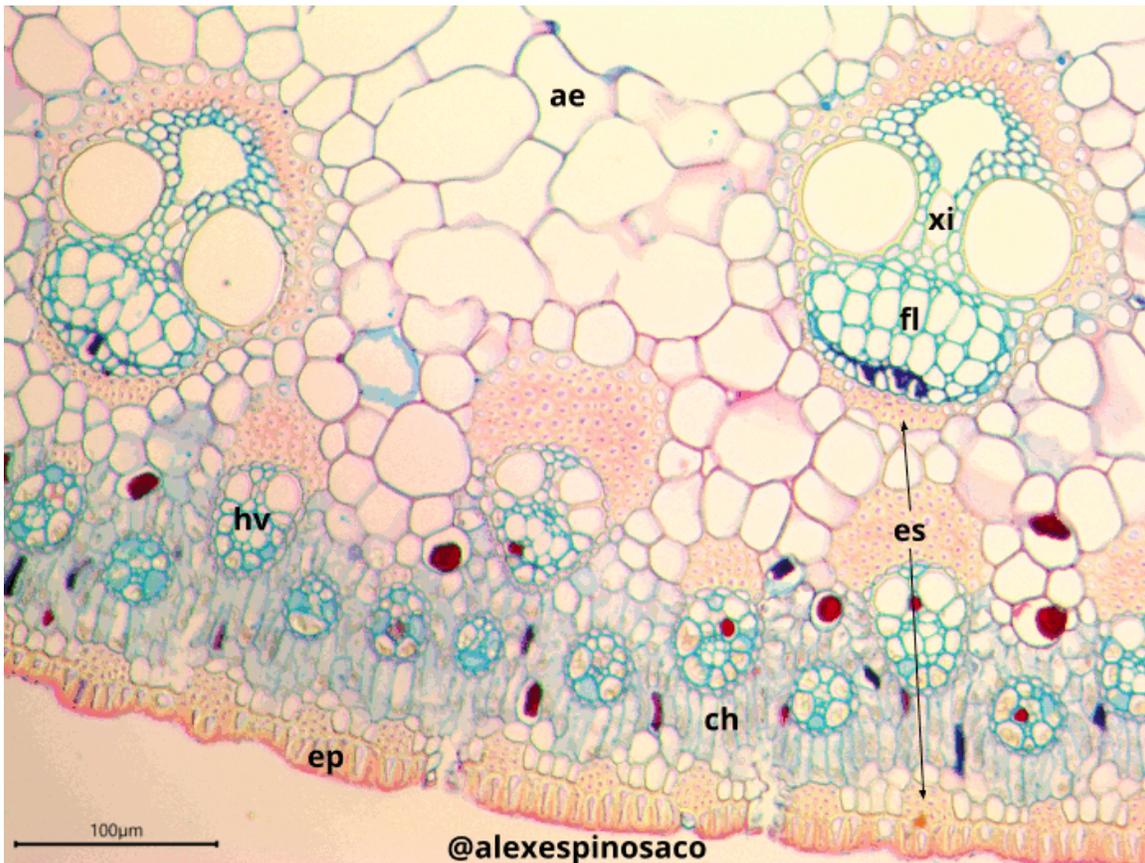


Figura 4.1. Corte transversal de *Cyperus papyrus* con Safranina y Azul Alcían. ae: aerénquima, ch: clorénquima, ep: epidermis, es: esclerénquima, fl: floema, xi: xilema.

El **colénquima** y el **esclerénquima** son tejidos de soporte mecánico que aportan flexibilidad y rigidez a la planta. El colénquima está constituido por células vivas con engrosamientos de la pared primaria y la lámina intermedia. Está presente en órganos jóvenes de las plantas en pecíolos y tallos. Se originan a partir de los meristemos apicales e intercalares, también del parénquima. Existen varios tipos de colénquima dependiendo de las características y grado de engrosamiento, son cuatro tipos básicos: colénquima **angular**, **anular**, **laminar** y **lagunar**.

El tejido esclerenquimático está constituido por células con engrosamiento de la pared secundaria y con impregnación de lignina. Dependiendo del grado de maduración, las células progresivamente pierden el citoplasma y mueren. Este tejido es responsable de dar al cuerpo vegetal rigidez y resistencia. El esclerénquima se origina a partir de los meristemos apicales, intercalares, del parénquima y de la protodermis. Está constituido por dos tipos celulares: fibras y esclereidas, las fibras son células alargadas que se pueden distribuir por todo el cuerpo de la planta, formando paquetes o cordones. Se asocian por lo general a la médula, corteza, xilema, floema y el cambium. Las esclereidas son células cortas de forma variable, por lo cual se han clasificado en braquiesclereidas, macrosclereidas, astroesclereidas, osteoesclereidas y tricoesclereidas. Se pueden encontrar en cualquier parte del cuerpo vegetal, aunque son más abundantes en hojas, tallos y frutos.

El **tejido vascular** en plantas está constituido por dos componentes principales, el **xilema** y el **floema**, encargados del transporte de agua y sales minerales disueltas y los fotosintatos respectivamente.

El xilema está formado por células muertas de dos tipos: las traqueidas y las tráqueas. Las **traqueidas** son los elementos xilemáticos con mayor presencia en plantas vasculares sin semilla (pteridofitos) y son los elementos únicos de conducción en las gimnospermas. Las **tráqueas** también llamadas elementos de los vasos se encuentran principalmente en angiospermas, aunque, también están presentes en pteridófitos. Estos elementos vasculares se diferencian por su anatomía y estructura; normalmente las traqueidas son más largas y presentan forma de aguja y no tienen placas perforadas en los extremos terminales en el contacto entre cada célula, por consiguiente, el transporte queda reducido a la eficacia del paso del agua a través de las punteaduras. En contraste, las tráqueas además de las punteaduras presentan una **placa perforada** en la parte terminal de la célula. Tanto las traqueidas como las tráqueas presentan engrosamientos del tipo anular, helicado, doblemente helicado, escaleriformes, reticulado y punteado.

El tejido floemático está constituido por dos tipos celulares: las **células floemáticas o tubos cribosos** y las **células anexas o acompañantes**. Ambas son células vivas, pero el floema se ha diferenciado y ha perdido la mayor parte de los organelos celulares y el núcleo. En la zona terminal de contacto entre los tubos cribosos se desarrolla un **placa cribosa** que media el transporte entre las células.

4.2 Objetivo

- Introducir al estudiante en los aspectos morfológicos, anatómicos y estructurales relacionados con los diferentes tipos de colénquimas, fibras esclerenquimáticas, esclereidas y los tejidos conductores en plantas.
- Caracterizar la estructura típica del tejido colenquimático y esclerenquimático.
- Caracterizar la estructura típica del tejido xilemático y floemático.

- Reconocer la diversidad de formas y tamaños celulares encontrados en los tejidos objeto de estudio.
- Reconocer los diferentes tipos de haces vasculares encontrados en traqueófitas.

4.3 Materiales

4.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Azul de Toluidina
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

4.3.2 Material vegetal

- Fruto de *Pyrus communis* (Pera)
- Hoja y pecíolo de *Monstera deliciosa* (Balazo)
- Hojas de *Sansevieria trifasciata* (Lengua de Suegra)
- Hojas y tallos de *Apium graveolens* (Apio)
- Hojas y tallos de *Begonia spp.*
- Hojas y tallos de *Bidens pilosa* (Cadillo)
- Hojas y tallos de *Coriandrum sativum* (Cilantro)
- Hojas y tallos de *Cucurbita máxima* (Auyama o Zapallo)
- Hojas y tallos de *Cyperus papyrus* (Papiro)
- Hojas y tallos de *Lactuca sativa* (Lechuga)
- Hojas y tallos de *Mentha × piperita* (Menta) o *Mentha spicata* (Hierbabuena)
- Hojas y tallos de *Pennisetum purpureum* (Pasto de Elefante) o cualquier otra *Poaceae*
- Hojas y tallos de *Petroselinum crispum* (Perejil)

- Hojas y tallos de *Sambucus nigra* (Sauco)
- Hojas y tallos de *Taraxacum officinale* (Diente de León)
- Ramas de *Pinus spp.* (Pino)
- Rizóforos de *Selaginella spp*
- Semillas frescas e hidratadas de *Phaseolus vulgaris* (Frijol)
- Tallos de *Aristolochia ringens*
- Tallos de *Lycopodium clavatum* (Colchón de Pobre)

4.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

4.4.1 Observación del tejido colenquimático

- Realice cortes transversales de peciolo o tallos de *Apium graveolens*, *Begonia spp.*, *Bidens pilosa*, *Coriandrum sativum*, *Cucurbita máxima*, *Lactuca sativa*, *Mentha × piperita*, *Sambucus nigra* y *Taraxacum officinale*. Tiña con Safranina y Azul Alcían, observe la presencia de los diferentes tipos de colénquima asociados a estos órganos vegetativos. ¿Las células del colénquima presentan citoplasma funcional? ¿Todos los órganos vegetales observados tienen los mismos tipos de colénquimas y ocupando la misma topografía? ¿Qué características de tinción presenta este tejido que lo diferencia de los demás tejidos, al utilizar Safranina y Azul Alcían?

4.4.2 Observación del tejido esclerenquimático

- Realice cortes transversales de tallos maduros de *Aristolochia ringens*, tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe la presencia de **fibras esclerenquimáticas** formando paquetes o cordones en la corteza entre el parénquima. Repita el mismo procedimiento pero con tallos de *Bidens pilosa* y *Cyperus papyrus* y hojas de *Sansevieria trifasciata* y *Pennisetum purpureum*. Aprecie la presencia de los mismos paquetes de fibras esclerenquimáticas y la formación de vainas alrededor de los haces vasculares. ¿Qué tipos de fibras esclerenquimáticas se pueden encontrar en el cuerpo vegetal?

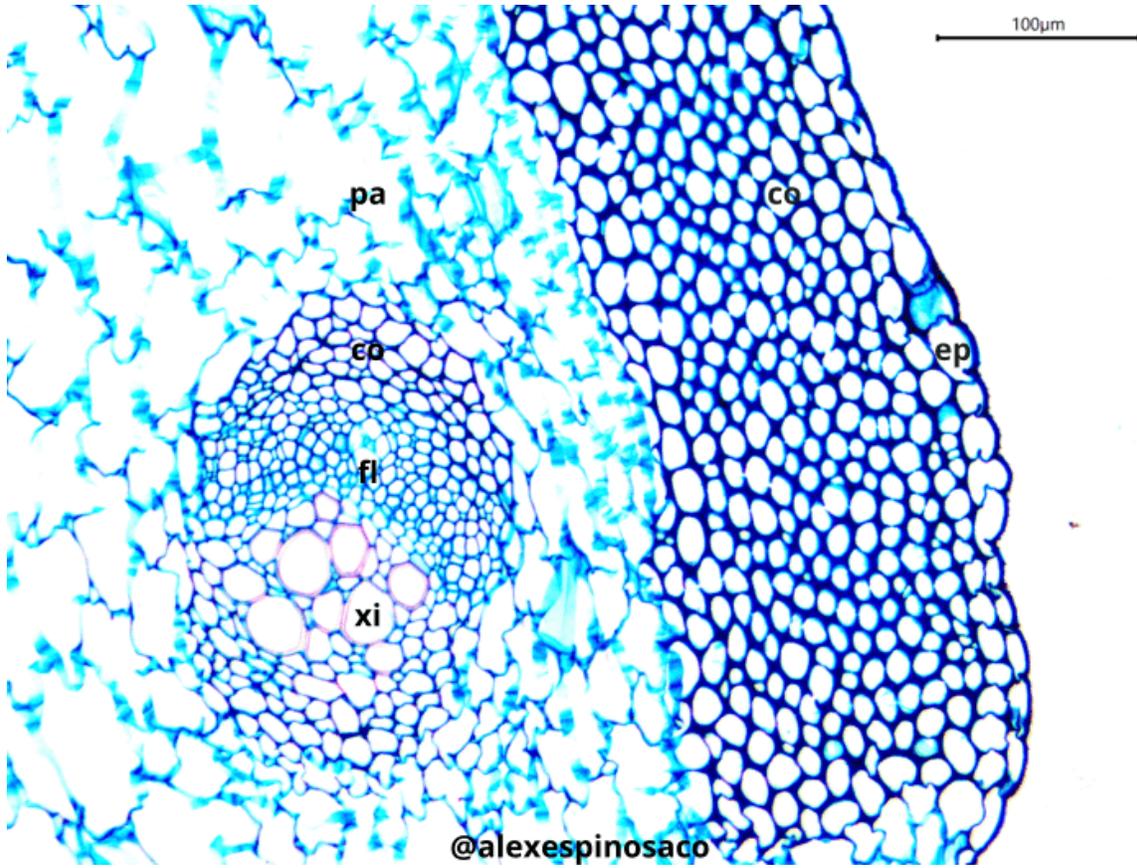


Figura 4.2. Corte transversal de tallos de *Apium graveolens* con Safranina y Azul Alcian. co: colénquima, es: esclerenquima, fl: floema, pa: parénquima, xi: xilema.

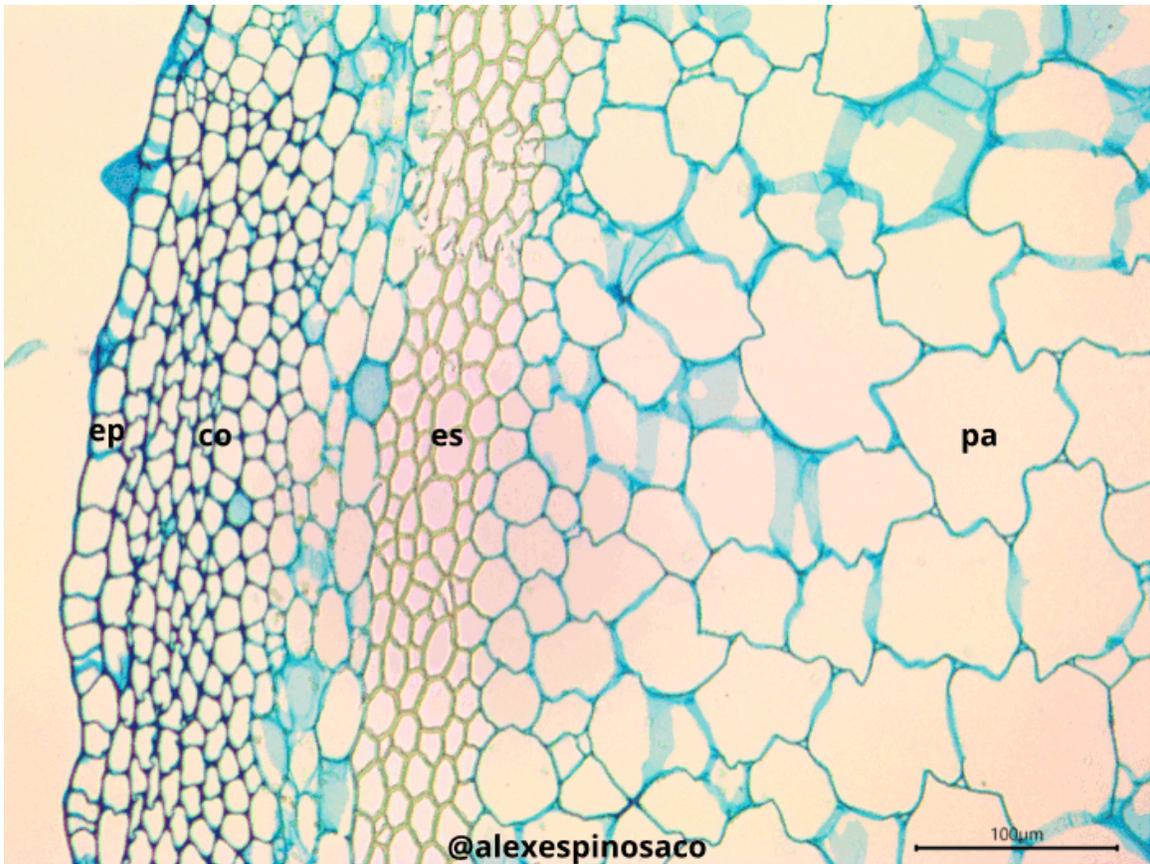


Figura 4.3. Corte transversal de tallos de *Cucurbita máxima* con Safranina y Azul Alcían. co: colénquima, es: esclérenquima, pa: parénquima, xi: xilema.

- Realice cortes transversales del fruto de *Pyrus communis*, tiña con Safranina y Azul Alcían. Se observa la presencia de **braquiesclereidas**, inmersas dentro del parénquima de reserva formando paquetes. Estas células son cortas, de paredes muy engrosadas, con abundante lignina y varias punteaduras en la pared celular. ¿Cuál es la función de las esclereidas? ¿Qué son las células pétreas? ¿Qué son las punteaduras? ¿Qué es un plasmodesmo?
- Realice cortes transversales de la testa de *Phaseolus vulgaris*, tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique los diferentes tipos de **esclereidas** que forman parte de las cubiertas seminales.
- Realice cortes transversales de las hojas de *Monstera deliciosa*, tiña con Safranina y Azul Alcían. ¿Qué tipo de esclereidas se pueden detectar en estos preparados? ¿Estas células se encuentran inmersas en qué tipo de tejido?

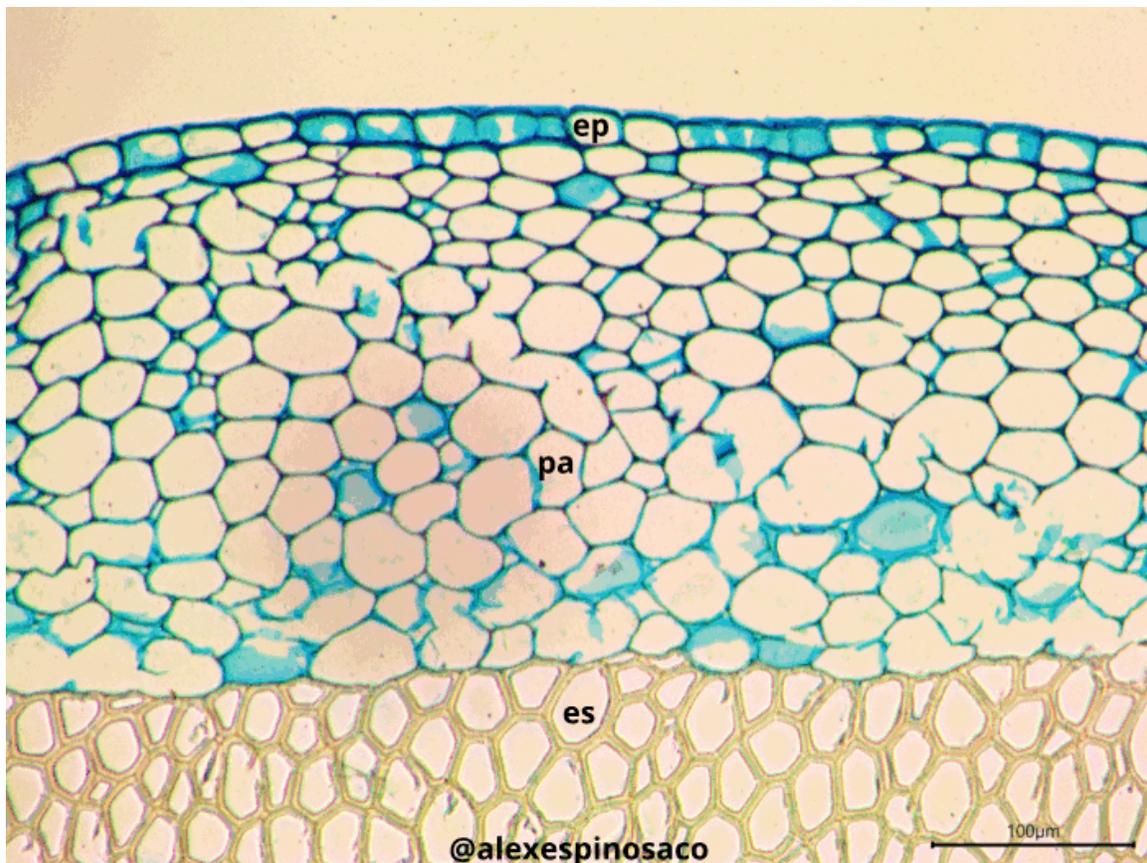


Figura 4.4. Corte transversal de *Aristolochia ringens* con Safranina y Azul Alcían. ep: epidermis, es: esclerenquima, pa: parénquima.

4.4.3 Observación de xilema y floema

- Realice cortes transversales y longitudinales finos del tallo en diferentes etapas de maduración de *Aristolochia ringens* y *Cucurbita máxima*, tiña con Safranina y Azul

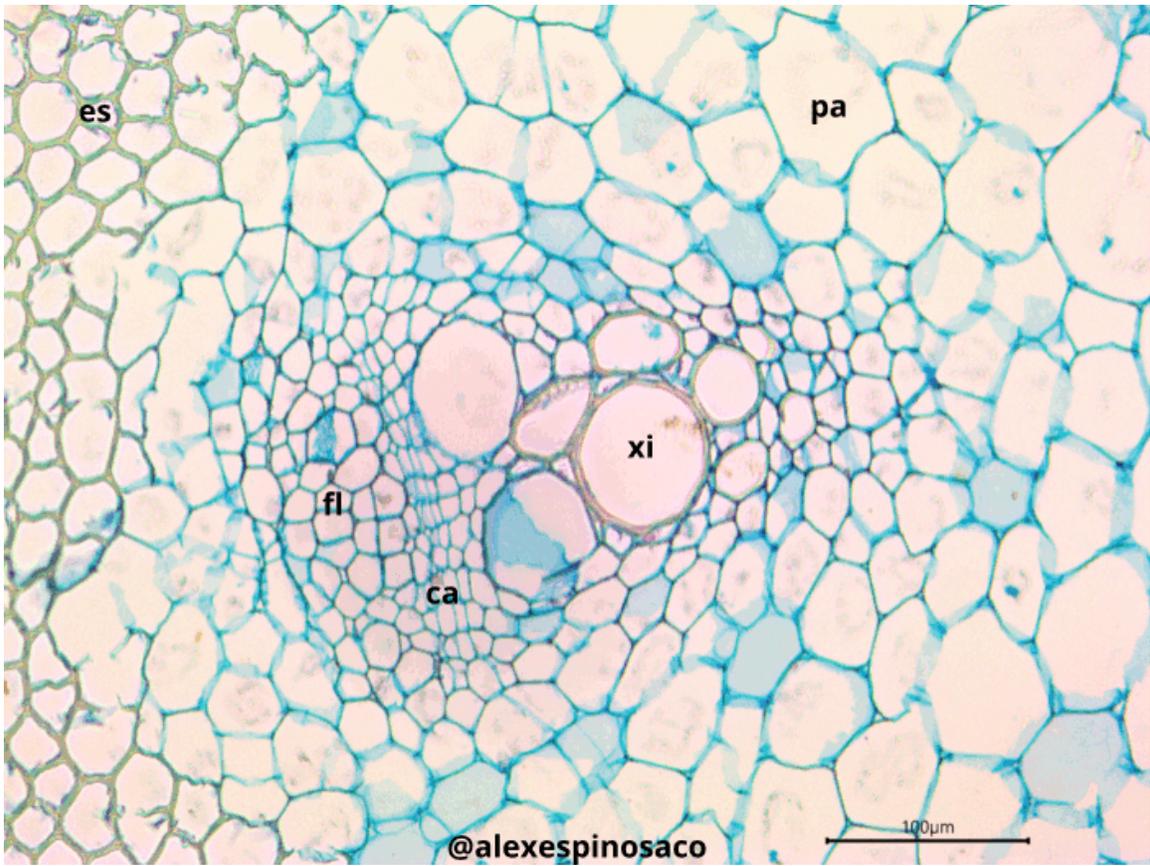


Figura 4.5. Haz vascular de *Aristolochia ringens* con Safranina y Azul Alcían. ca: cámbium, es: esclerenquima, fl: floema, pa: parénquima, xi: xilema.

Alcián (montando en glicerol, también puede utilizar Azul de Toluidina). En ambos casos identifique el **metaxilema** y **protoxilema**, diferenciándolos estructuralmente de los demás tejidos presentes en el cuerpo de la planta. Así mismo, en corte longitudinal, identifique los diferentes tipos de **engrosamientos** presentes en las paredes laterales del protoxilema (anular, ánulo-helicada, doblemente helicada, helicada,) y metaxilema (escaleriforme, punteado, reticulado). Este tipo de engrosamientos se pueden encontrar tanto en tráqueas como traqueidas, excepto el reticulado, exclusivo de las tráqueas.

- Realice cortes transversales y longitudinales de los tallos de *Pinus ssp.* Tiña con Safranina y Azul Alcián y observe la presencia de traqueidas, como elementos xilemáticos exclusivos de las gimnospermas. Las traqueidas por lo general presentan engrosamientos tipo punteadura que puede ser simple o areolada, es decir, formando una aréola alrededor de la perforación y esta puede tener **toro**.

¿Qué diferencias ontogenéticas en los tejidos vasculares se pueden apreciar entre los tallos maduros e inmaduros de una misma planta? ¿Cuál es la función de los engrosamientos presentes en el xilema? ¿Cuáles son las diferencias anatómicas, estructurales y fisiológicas entre tráqueas y traqueidas? ¿Qué es el toro, presente en las punteaduras areoladas de gimnospermas? ¿Qué diferencias existen entre engrosamientos presentes en el xilema y los campos de punteaduras primarias y secundarias?

- En cortes transversales como longitudinales *Aristolochia ringens* fije su atención en las en el tejido floemático e identifique los **tubos cribosos** o **células cribosas** y las **áreas cribosas** o **placas cribosas** presentes en la región terminal de cada tubo criboso. También detecte la presencia de las células anexas o acompañantes del tubo criboso. En corte transversales de estas mismas plantas, observe la presencia del **cambium vascular** entre el xilema y floema, este tejido es fácil de diferenciar por el arreglo regular y la forma cuadrangular/rectangular que tienen las células. Observe entre los haces vasculares la presencia del **cambium interfascicular**.

¿Qué diferencias fisiológicas, anatómicas y estructurales se presentan entre floema y xilema? ¿En las monocotiledóneas que tejidos generan xilema y floema cuando el procambium se ha diferenciado? ¿Qué es el procambium y cuál es el origen de este tejido?

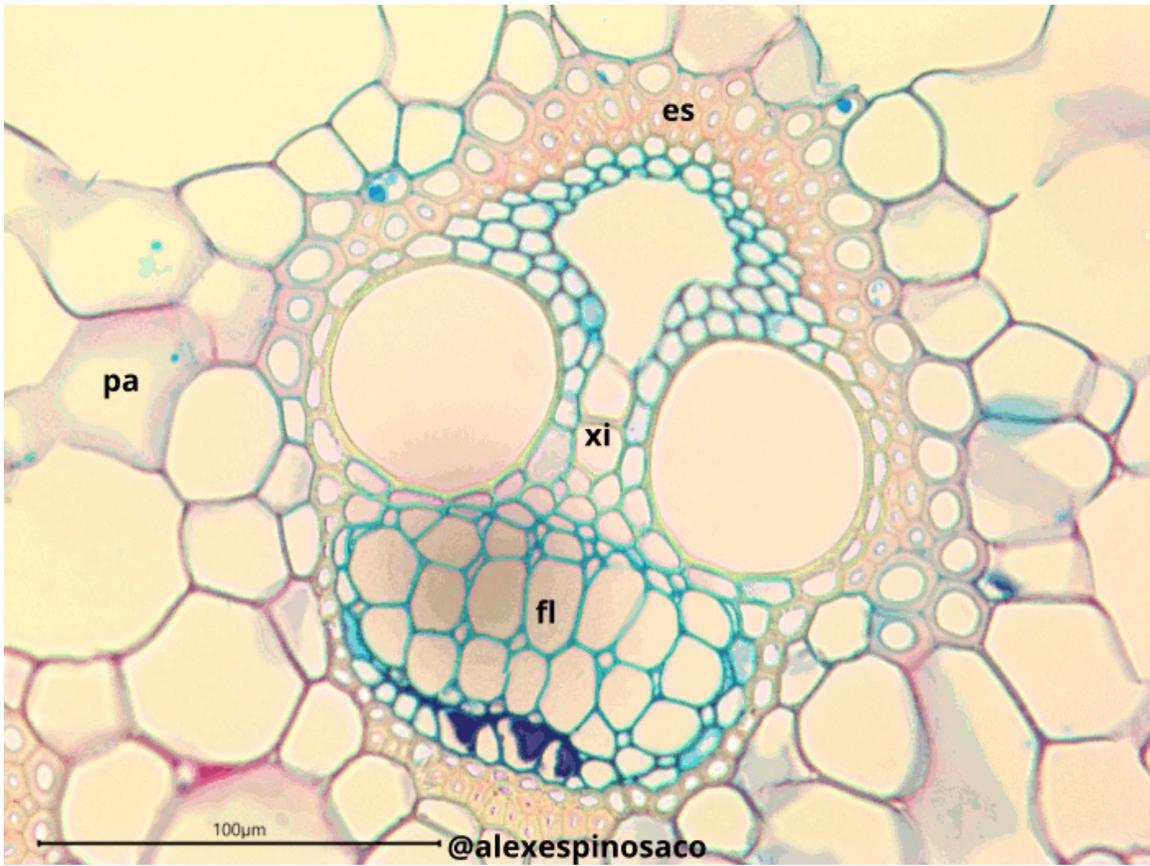


Figura 4.6. Haz vascular de *Cyperus papyrus* con Safranina y Azul Alcían. es: esclérenquima, fl: floema, pa: parénquima, xi: xilema.

5 Diversidad

5.1 Introducción



Figura 5.1. Diversidad de Embryophyta. Tomado de Scienca58 (2020)

Cuando se habla de diversidad, casi siempre se suele pensar en los animales y rara vez en las plantas, esto se debe a factores tanto biológicos como socioculturales, un sesgo cono-

cido como ceguera a las plantas (*plant blindness*).¹ La diversidad de plantas es equiparable o superior a la mayoría de grupos de animales, con más de 370000 especies de plantas descritas supera con creces a los cerca de 70000 vertebrados descritos, números sólo superados por los más de 1200000 de artrópodos.² En esta diversidad de plantas encontramos los cimientos de nuestra civilización, desde el oxígeno que respiramos, pasando por los alimentos, las medicinas, el vestuario, los elementos de construcción, llegando hasta la economía. Las plantas son la base de cada parte de nuestra economía; las plantas forman la base de la agricultura, la banca, la construcción, la educación, la moda, la pesca, los combustibles fósiles, la atención de la salud, la industria, la medicina, el comercio, el transporte, etc.

Esta diversidad de plantas, conocida como **Embryophyta** (plantas terrestres), tradicionalmente se ha agrupado en tres divisiones: **Spermatophyta** (plantas con semilla) siendo la que mayor número de especies presenta y donde se incluyen las **Angiospermae** (plantas con flor y fruto) que aporta el mayor número de especies actualmente, y las **Gimnospermae** (plantas con semilla pero sin ovario ni fruto verdadero), las cuales se encuentran más diversificadas en zonas templadas. **Pteridophyta** (helechos y especies afines con reproducción mediante esporas) y **Bryophyta** (musgos y especies afines con esporas hidrofílicas). Otra forma común de agruparlos es en *Tracheophyta* (plantas vasculares) y Bryophyta (no vasculares).

Spermatophyta es un grupo natural (monofilético) muy bien soportado, mientras que Pteridophyta se ha demostrado como un grupo no natural (parafilético) y por lo tanto su circunscripción taxonómica ha sido redefinida, actualmente se consideran dos grupos monofiléticos independientes: **Lycopodiophyta** (licofitas o licopodios) y **Monilophyta** (helechos).³ Respecto a sí Bryophyta es un grupo monofilético o no y sus relaciones, siempre ha habido discusión, recientes estudios filogenéticos confirman la monofilia de dicho grupo y estando conformado por **Anthoceroophyta** (antoceros) y **Setaphyta**, en este último estarían **Marchantiophyta** (hepáticas) y **Bryophyta** (musgos).⁴ Para evitar confusiones, cuando se habla exclusivamente de los musgos se suele agregar *sensu stricto* (s. s.) por lo que sería Bryophyta s. s.; mientras que se agrega *sensu lato* (s. l.) cuando se hace referencia a antoceros, hepáticas y musgos.

Entre las innovaciones evolutivas propias de Embryophyta encontramos la aparición del **embrión** y el **esporófito**, el esporofito es el la fase diploide en el ciclo de vida de todas las plantas terrestres (conocido como **alternancia de generaciones**), mientras que el **gametófito** es la fase haploide; por otra parte, el embrión es un esporofito inmaduro que está adherido o rodeado por el gametofito. También encontramos la aparición del **anteridio** y el **arquegonio**, gametangios especializados en producir los gametos masculinos y femeninos, respectivamente. Otras innovaciones evolutivas son: la cutina y cutícula, el parénquima, los flavonoides, entre otros.

¹Para saber más: Jose et al. (2019)

²Para saber más: Christenhusz & Byng (2016)

³Para saber más: Christenhusz & Chase (2014); PPG I (2016)

⁴Para saber más: Puttick et al. (2018); Gitzendanner et al. (2018); One Thousand Plant Transcriptomes Initiative et al. (2019); Bowles et al. (2023)

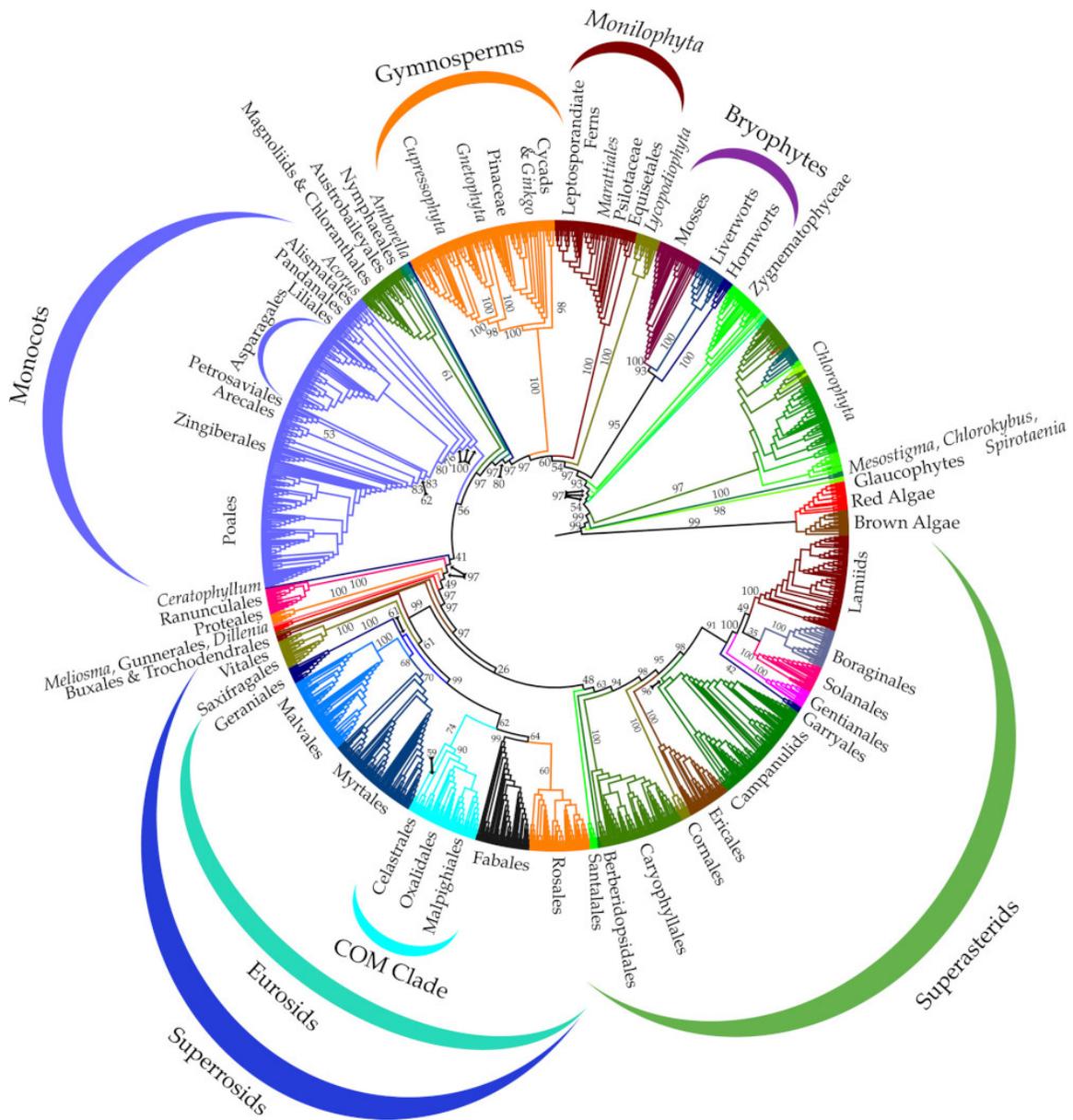


Figura 5.2. Árbol filogenómico de Viridiplantae. Tomado de Gitzendanner et al. (2018)

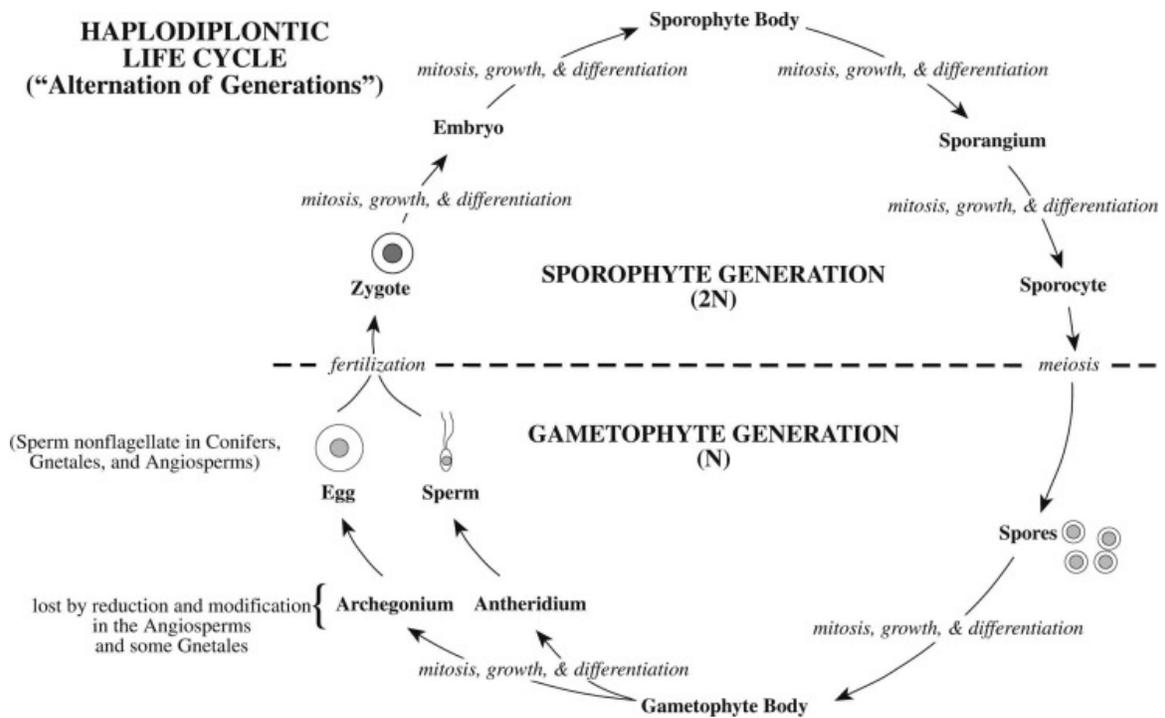


Figura 5.3. Alternancia de generaciones en Embryophyta. Tomado de Simpson (2019)

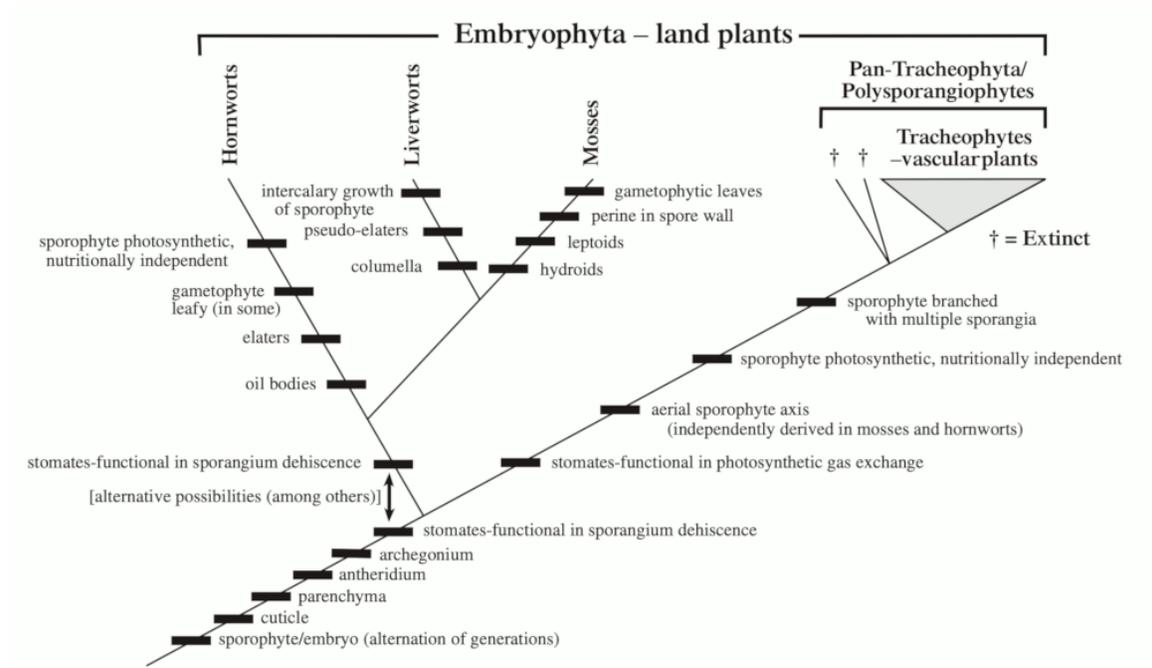


Figura 5.4. Relaciones filogenéticas de Embryophyta con sus principales apomorfías. Tomado de Simpson (2019)

Bryophyta *sensu lato* se caracteriza en que el gametofito es fotosintético, persistente, de vida libre y es la fase dominante, mientras que el esporofito es no ramificado, con un solo tejido productor de esporas, además de ser relativamente pequeño, efímero y dependiente enteramente del gametofito.

Anthoceroophyta se caracteriza por tener un gametofito **taloso**, carecen de poros aunque algunos presentan estomas, presentan relación simbiótica con cianobacterias. El esporofito es aéreo, alargado, cilíndrico, fotosintético y con crecimiento indeterminado (debido a un meristema intercalar en la base del esporofito protegido por un collar), su dehiscencia es longitudinal y presenta una columela central cilíndrica de tejido estéril.

Marchantiophyta se caracteriza por tener un gametofito **folioso** o taloso. Las **hepáticas talosas** presentan rizoides uniseriados y filamentosos. En la superficie superior del talo se encuentran los poros y en algunas podemos encontrar receptáculos llamados **copas** que contienen propágulos vegetativos llamados **gemmae**. En algunas hepáticas talosas, los gametangios se encuentran en estructuras peltadas con pedúnculo: **anteridióforos** que portan anteridios y **arquegonióforo** que portan arquegonios. Las **hepáticas foliosas** presentan un eje a forma de *tallo* con tres filas de *hojas* delgadas que pueden ser similares o una más pequeña. Los anteridios se encuentran en un corta rama lateral con hojas modificadas llamada **androceo**, mientras que los arquegonios están rodeados por una vaina tubular conocida como **perianto**. El esporofito es relativamente pequeño, no fotosintético y de corta duración, consiste casi en su totalidad en un esporangio llamado **cápsula**, además de las esporas, el esporangio maduro contiene células alargadas denominadas **eláteres**, que ayudan a la dispersión de las esporas.

Bryophyta *sensu stricto* se caracteriza por tener un gametofito folioso, siendo un eje erecto o rastrero llamado **caulidio**. Tiene *hojas* pequeñas, delgadas y sésiles llamadas **filidios** dispuestas helicoidalmente con un número variable de hileras y pueden presentar una **costa** central, además posee rizoides pluricelulares y ramificados. Los gametangios pueden ser producidos en el ápice del caulidio o lateralmente. El esporofito es un eje aéreo y alargado, conformado por un pedúnculo llamado **seta** y el esporangio o cápsula. Esta última tiene una cubierta, el **opérculo** que se desprende para liberar las esporas, y está cubierta por una **caliptra** que se desprende cuando el esporofito está maduro. Generalmente el esporofito presenta estomas y cuando es joven contiene cloroplastos y es fotosintético, capacidad que se pierde al madurar. Algunos musgos tienen células conductoras especializadas llamadas **hidroides** (conducen agua) y **leptoides** (conducen azúcar). Las esporas tienen una capa externa gruesa llamada **perina**.

Tracheophyta se caracteriza por poseer un esporofito ramificado e independiente de vida larga, siendo este la fase dominante; células con pared celular secundaria lignificada; tejido de sostén, esclerenquima y colénquima; tejido vascular, xilema y floema; endodermis y raíces verdaderas. Este grupo está conformado por Lycopodiophyta y Euphyllophyta, esta última compuesta por Monilophyta y Spermatophyta.

Lycopodiophyta se caracteriza por las raíces bipodales (el meristema apical de la raíz puede ramificarse en dos raíces), además de presentar **protoxilema endarco** (el protoxilema

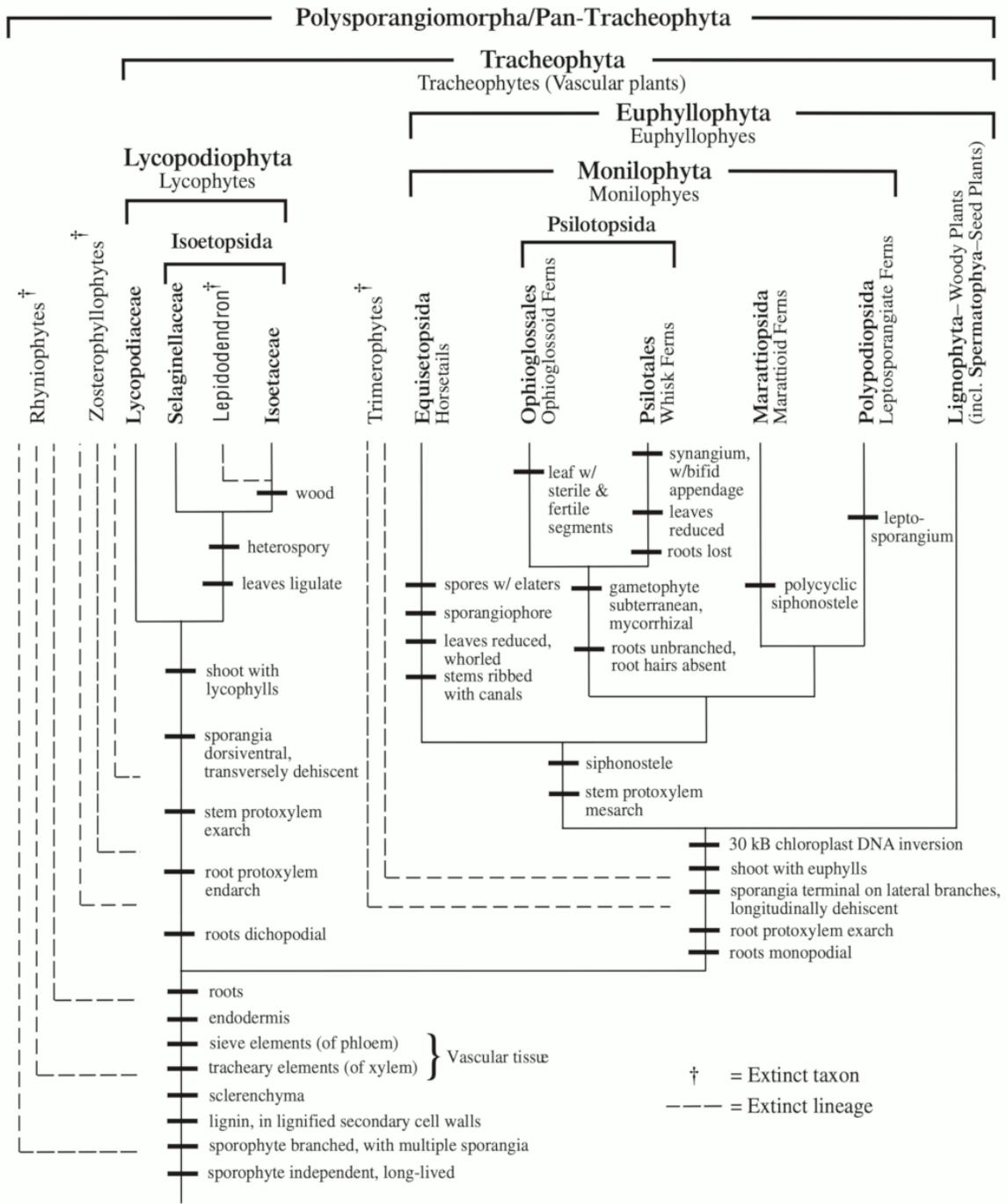


Figura 5.5. Relaciones filogenéticas de Tracheophyta con sus principales apomorfías. Tomado de Simpson (2019)

se forma en una posición interior al metaxilema). Por otra parte, el tallo presenta **protoxilema exarco*** (el protoxilema se forma en una posición exterior al metaxilema). Las hojas esporofíticas se denominan **licofilas** o micrófilas y tiene una sola vena no ramificada. Las licofitas actuales son pequeñas plantas herbáceas, no leñosas y agrupadas en dos ordenes y en tres familias: Lycopodiaceae de Lycopodiales y Sellaginellaceae e Isoetaceae de Isoetales.

La principal característica de Euphyllophyta son las hojas verdaderas (llamadas **eufilas** o megafilas), que suelen estar asociadas a una **laguna foliar** y tienen un sistema de **vena-ción** (también llamado nervadura) muy ramificado. Entre otras características encontramos raíces monopodiales (no se ramifican dicotómicamente en el meristema apical) con protoxilema exarco y las raíces laterales surgen de la **endodermis** o del **periciclo**.

Monilophyta incluye cuatro linajes Equisetopsida, Marattiopsida, Psilotopsida y Polypodiopsida (helechos leptosporangiados). Una característica común a casi todos es la presencia de sifonostela (estela donde anillos de xilema rodeados por floema y hay presencia de una médula parenquimatoso), además de presentar **protoxilema mesarco** (el protoxilema madura primero en la mitad de un parche de xilema).

Spermatophyta posee algunas sinapomorfías que le definen, pero su principal carácter evolutivo es el desarrollo de la **semilla**, la cual es un embrión (esporofito diploide inmaduro) rodeado de tejido nutritivo y envuelto por una cubierta protectora. El surgimiento de la semilla involucro algunas innovaciones evolutivas como son: **evolución del tegumento, endosporia, heterosporia, reducción de la megaspora a una y retención de la megaspora**. Otra característica propia de este grupo son los **granos de polen**, que es el gametofito masculino inmaduro, extremadamente reducido y consiste de sólo unas pocas células.

Gymnospermae es un grupo de plantas leñosas, en su mayoría arbóreas y aromáticas, las cuales desarrollan semillas *desnudas*, ya que no se forman en un estructura cerrada como el ovario. A nivel del xilema solo desarrollan traqueidas. Estas plantas son en mayor proporción anemófilas en cuanto a su polinización y dispersión. Tres divisiones se reconocen actualmente dentro de Gymnospermae que son: **Cycadophyta, Ginkgophyta y Coniferophyta**. En conjunto Gymnospermae tienen más de 1000 especies, con su mayor diversidad en zonas templadas de la zona holártica.

Angiospermae es el grupo más reciente y el más diverso (más de 300000 especies). La principal innovación evolutiva de las Angiospermae es la **flor**, dando lugar al surgimiento de muchas relaciones con la fauna, lo cual ha favorecido la especialización de los procesos de polinización y dispersión, lo cual ha llevado a una mayor especiación. Otros caracteres propios de las Angiospermae son la formación de **carpelos** y de **fruto, óvulos** con dos tegumentos, **anteras** con dos tecas laterales, formación de **endospermo**, las **tráqueas** o **vasos del xilema**, las **células del tubo criboso**, entre muchos otros.

Inicialmente fueron divididas en dos grandes grupos, de acuerdo al número de cotiledones presentes en la semilla: **Monocotiledónea** y **Dicotyledoneae**. Este último se demostró como un grupo parafilético. Las más recientes propuestas clasificatorias planteadas por APG IV (2016), incluyen estos principales grupos naturales:

- Magnoliids
- Monocots
 - Commelinids
- Eudicots
 - Superrosids
 - * Rosids
 - Fabids
 - Malvids
 - Superasterids
 - * Asterids
 - Campanulids
 - Lamiids

Falta aún por clarificar las relaciones existentes para varios grupos dentro de las plantas con flor, pero un esquema amplio ya ha sido adecuadamente sustentado por diferentes análisis filogenéticos.

5.2 Objetivo

- Reconocer y caracterizar morfológica y anatómicamente los diferentes linajes de plantas Embryophyta, discriminando las variables en cuanto a alternancia de generaciones y reproducción.

5.3 Materiales

5.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cajas de Petri
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Estereomicroscopio
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

5.3.2 Material vegetal

- Especímenes de Anthoceroophyta
- Especímenes de Marchantiophyta
- Especímenes de Bryophyta
- Especímenes de Lycopodiophyta
- Especímenes de Monilophyta
- Especímenes de Gymnospermae
- Especímenes de Angiospermae

5.4 Procedimiento

Importante

Este laboratorio está planeado para llevarse a cabo en dos sesiones. En la primera se desarrollaría **Bryophyta** y en la segunda se desarrollaría **Tracheophyta**.

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

5.4.1 Anthoceroophyta

- Tome especímenes de Anthoceroophyta y utilizando un estereomicroscopio identifique y describa las características del gametofito y en el esporofito.
- Realice cortes transversales del gametofito y esporofito de Anthoceroophyta. Tiña con Safranina y Azul Alcían e identifique los diferentes tejidos y su disposición.
- Realice un montaje húmedo de las esporas contenidas en el esporofito. Observe e identifique la forma de las esporas y como se agrupan.

5.4.2 Marchantiophyta

- Tome especímenes de Marchantiophyta y utilizando un estereomicroscopio identifique y describa las características del gametofito y del esporofito, haciendo énfasis en la forma y disposición de los anteridios y los arquegonios. Además, describa las diferencias y similitudes entre una hepática foliosa y una hepática talosa.

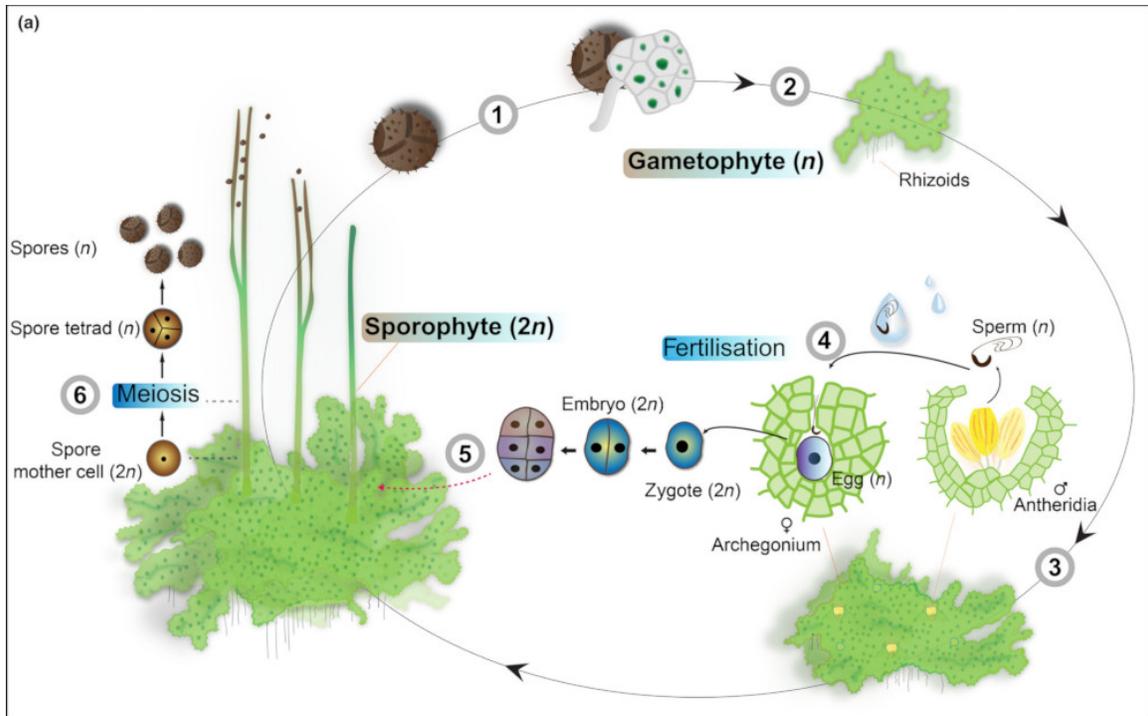


Figura 5.6. Ciclo de vida de Anthocerophyta. Tomado de Frangedakis et al. (2021)

- Realice cortes transversales de gametofito y esporofito de Marchantiophyta. Tiña con Safranina y Azul Alcían e identifique los diferentes tejidos y su disposición.
- Realice un montaje húmedo de las esporas contenidas en el esporofito. Observe e identifique la forma de las esporas y como se agrupan.

5.4.3 Bryophyta

- Tome especímenes de Bryophyta y utilizando un estereomicroscopio identifique y describa las características del gametofito y del esporofito.
- Realice cortes transversales de gametofito y esporofito de Bryophyta. Tiña con Safranina y Azul Alcían e identifique los diferentes tejidos y su disposición.
- Realice un montaje húmedo de las esporas contenidas en la cápsula del esporofito. Observe e identifique la forma de las esporas y como se agrupan.

5.4.4 Lycopodiophyta

- Tome especímenes de Lycopodium o cualquier otra Lycophyta y utilizando un estereomicroscopio identifique y describa la orientación de los ejes, la disposición y forma de las microfílas, posición y forma de los estróbilos.

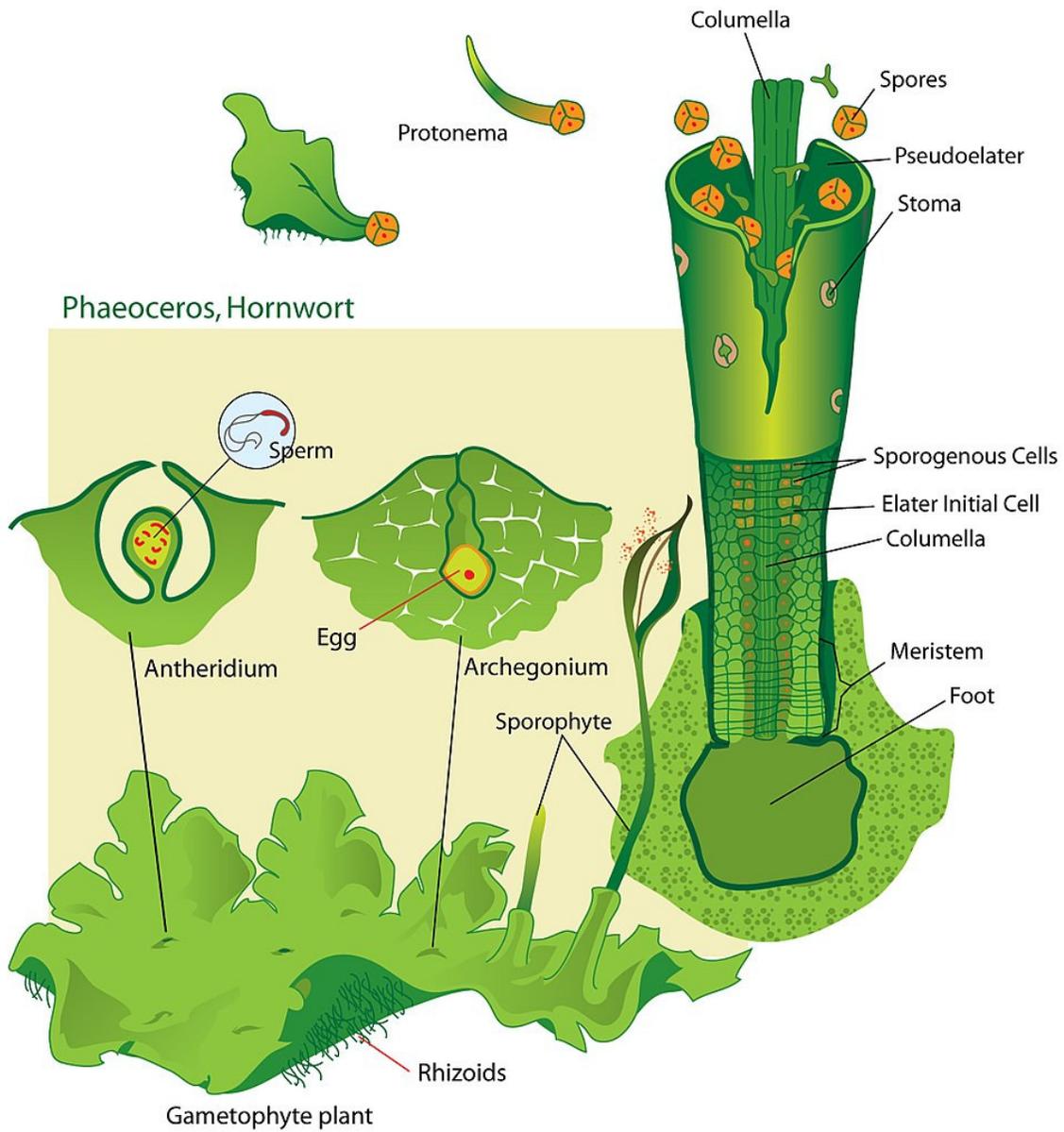


Figura 5.7. Morfología de Anthoceroophyta. Tomado de LadyofHats (2007)

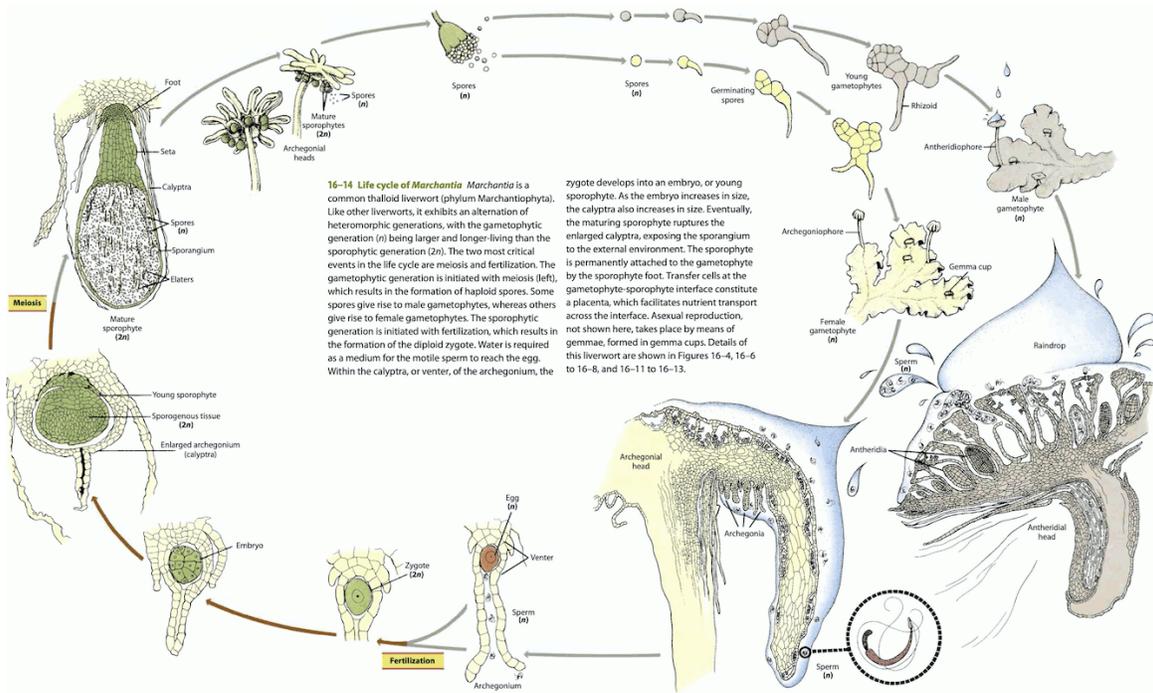


Figura 5.8. Ciclo de vida y morfología de Marchantiophyta. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

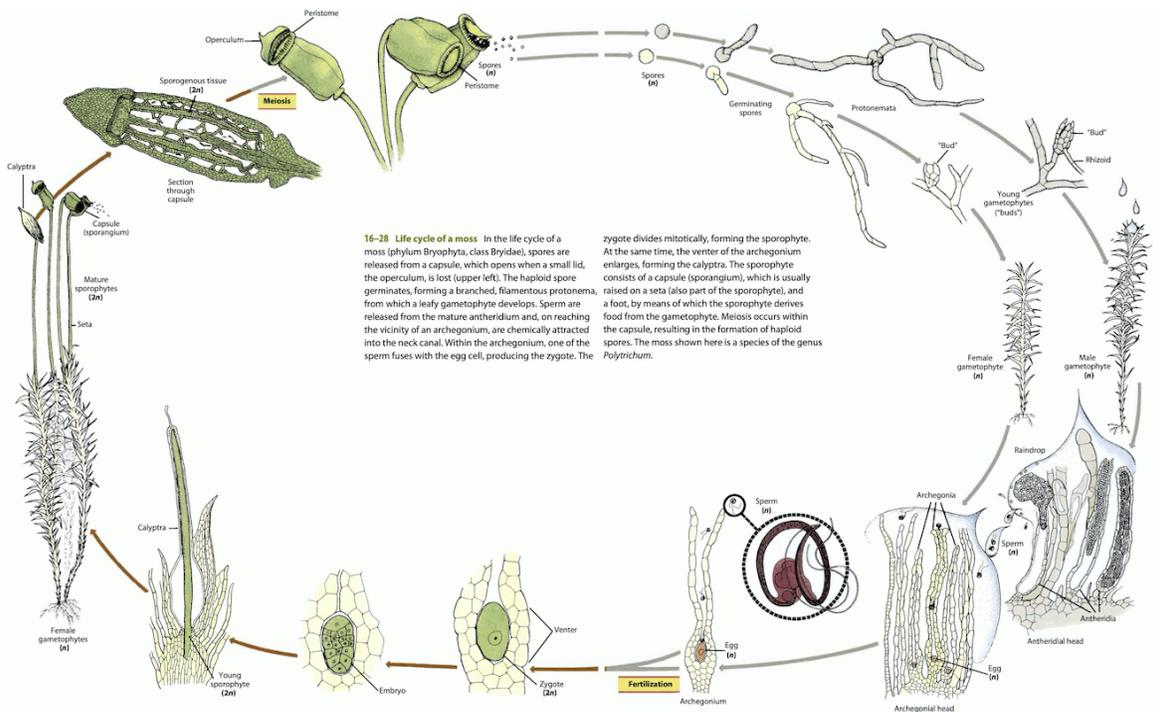


Figura 5.9. Ciclo de vida y morfología de Bryophyta Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

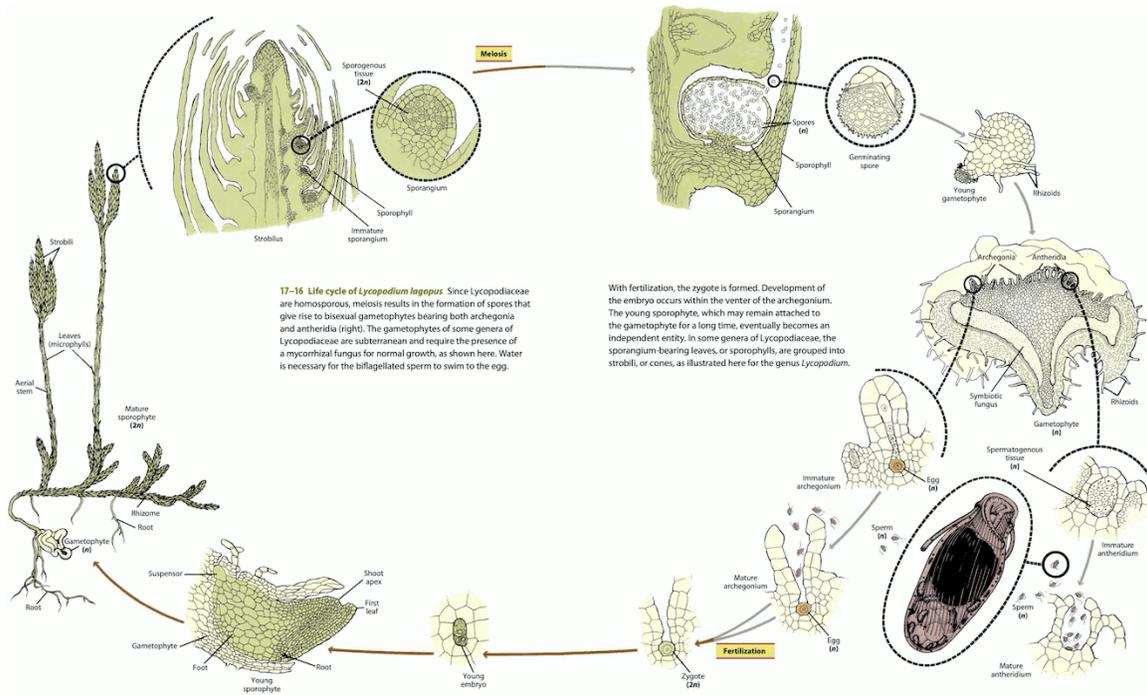


Figura 5.10. Ciclo de vida y morfología de *Lycopodium*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

- Realice cortes transversales de tallos de *Lycopodium*. Tiña con Safranina y Azul Alcían e identifique los diferentes tejidos y su disposición.
- Realice un montaje húmedo de las esporas contenidas en el estróbilo de *Lycopodium*. Observe e identifique la forma de las esporas y como se agrupan.

5.4.5 Monilophyta

- Tome diferentes especímenes de Monilophyta, identifique y describa las características como orientación de los ejes, forma y complejidad de las frondes, vernación, presencia de pelos y escamas, etc. Además identifique y describa presencia y formas de los soros e indusio.
- Realice cortes transversales de tallo de cualquier Monilophyta. Tiña con Safranina y Azul Alcían e identifique los diferentes tejidos y su disposición.
- Realice un montaje húmedo de las esporas contenidas en el estróbilo de Monilophyta. Observe e identifique la forma de las esporas y como se agrupan.

5.4.6 Gymnospermae

- Tome diferentes especímenes de Gymnospermae, identifique y describa las características que le permitan diferencias entre Cycadophyta y Coniferophyta.

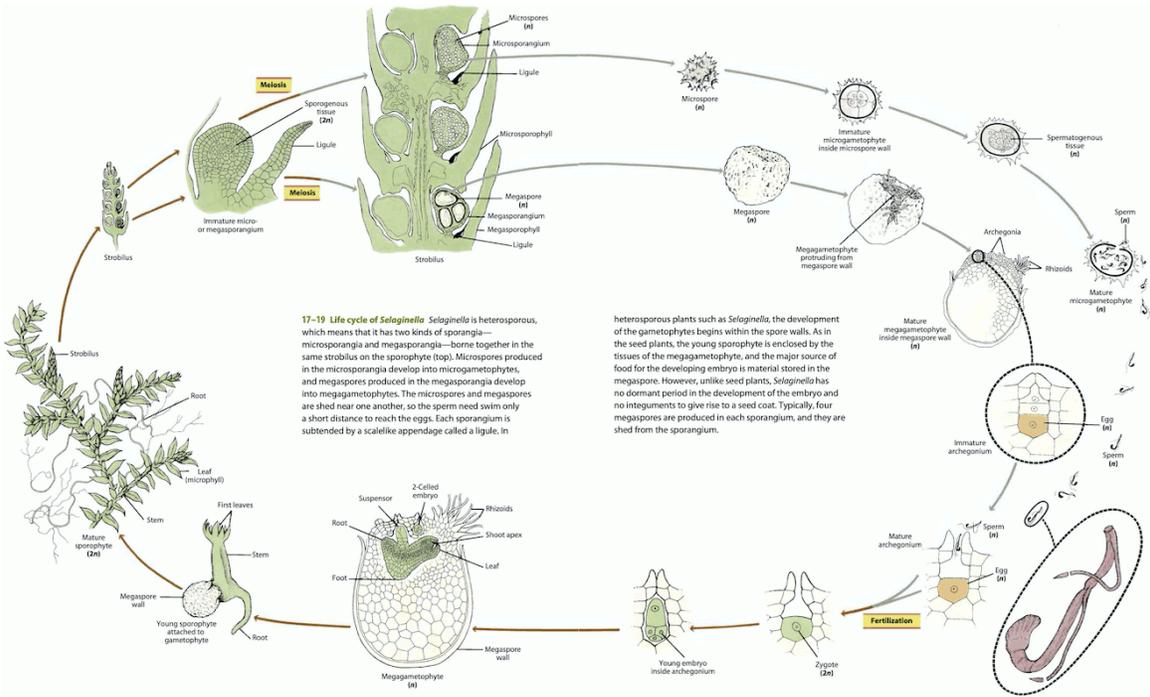


Figura 5.11. Ciclo de vida y morfología de *Selaginella*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

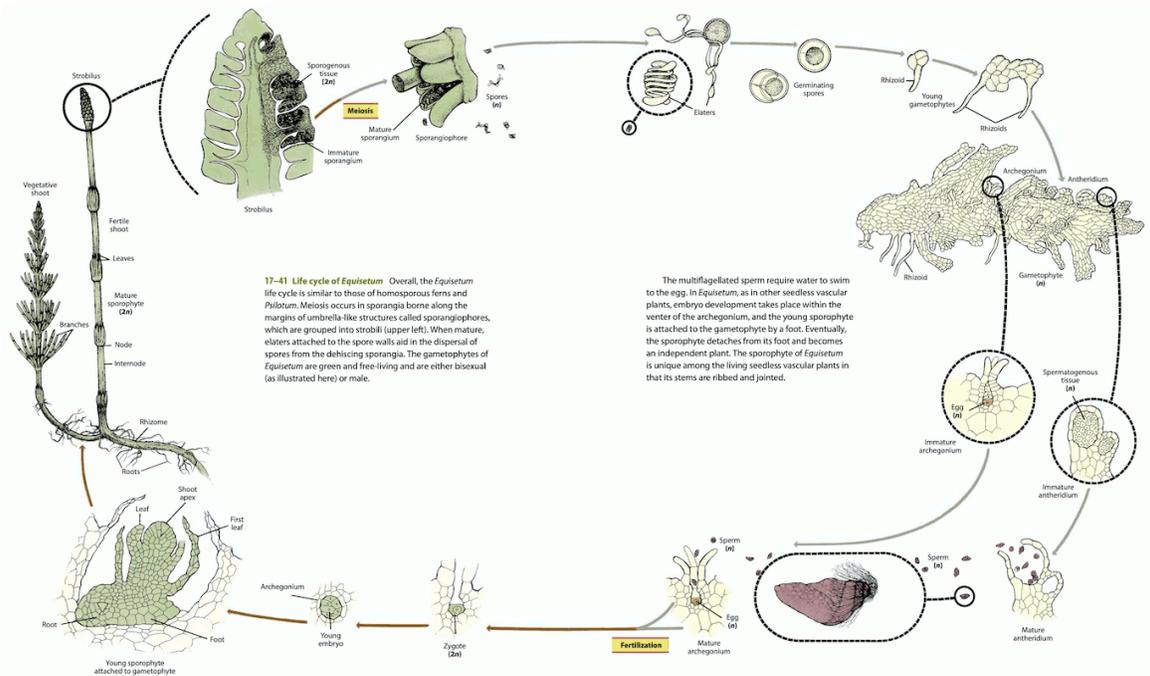


Figura 5.12. Ciclo de vida y morfología de *Equisetum*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

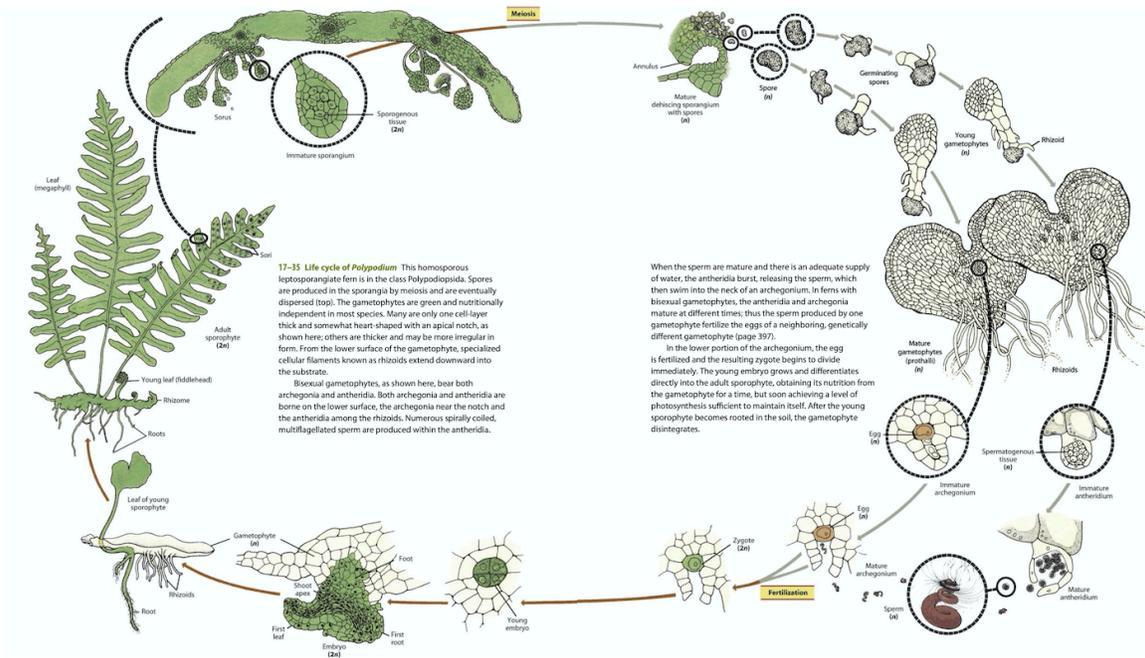


Figura 5.13. Ciclo de vida y morfología de *Polypodium*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

- Realice cortes transversales de tallo de cualquier Gymnospermae. Tiña con Safranina y Azul Alcán e identifique los diferentes tejidos y su disposición.
- Realice un montaje húmedo de los granos de polen de cualquier Gymnospermae. Observe e identifique la forma de las esporas y como se agrupan.

5.4.7 Angiospermae

- Las características propias de Angiospermae se irán desarrollando en los siguientes laboratorios.

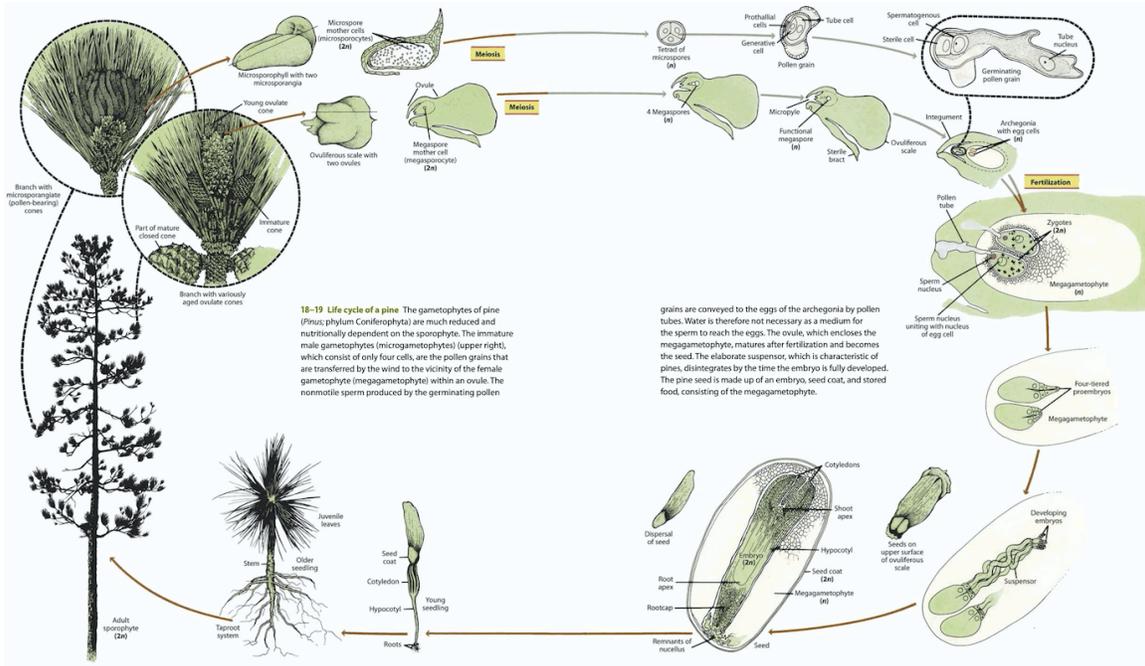


Figura 5.14. Ciclo de vida y morfología de *Pinus*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

6 Raíz

6.1 Introducción



Figura 6.1. Raíces adventicias sobre el templo Ta Prohm, Angkor (Camboya). Tomado de King (2006).

Una **raíz** es un eje vertical, generalmente subterráneo, que permite a la planta una fijación firme en el suelo además de absorber y transportar agua y minerales. Otras funciones son el almacenar grandes cantidades de agua o almidón, así como producir hormonas o algunos metabolitos secundarios. La raíz es propia de las plantas vasculares y después de la germinación es la primera estructura en formarse, llamada **radícula**, que se desarrollará en la **raíz primaria**.

El conjunto de raíces que posee una planta se denomina como **sistema radicular**. El **sistema pivotante** o **axonomorfo** se caracteriza porque la raíz primaria o principal (también llamada pivotante o axonomorfa), persistente a lo largo de toda la vida de planta, la cual presenta múltiples ramificaciones denominadas **raíces laterales** o **secundarias**. Este sistema se presenta en plantas perennes. El **sistema fasciculado** o **fibroso**, común en plan-

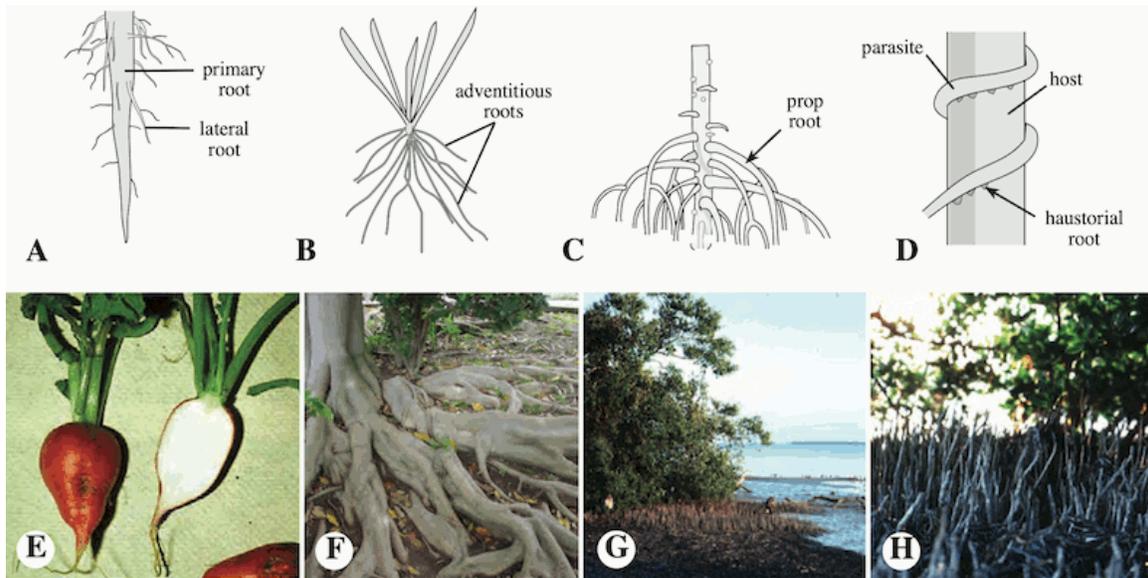


Figura 6.2. Tipos de raíz. A. Axonomorfa. B. Fibrosa. C. Aéreas. D. Haustoriales. E. De reserva. F. Tabulares. G, H. Neumatoforos. Tomado de Simpson (2019).

tas anuales, se caracteriza por la pérdida de la raíz primaria siendo sustituida por múltiples raíces de igual tamaño originadas en el tallo, denominadas **raíces adventicias**.

Además de las raíces primarias, secundarias y adventicias, podemos encontrar raíces especializadas: **raíces haustoriales**, propias de las plantas parásitas; **raíces de reserva**, especializadas en almacenar nutrientes; **raíces de contrafuerte** o **tabulares**, que proporcionan mayor soporte mecánico a plantas que crecen en suelos poco profundos; **neumátóforos**, raíces con gravitropismo negativo, propias de plantas que crecen en suelos anegados; entre otras.

Las raíces presentan varias zonas o regiones funcionales en el **ápice**. La **cofia** o **caliptra** de la raíz tiene forma de dedal y está conformado por células de vida corta que son reemplazadas constantemente. Inmediatamente encima de este tejido se encuentra el **meristemo apical** o **zona de división celular**, un sitio de activa división celular que posibilita el crecimiento de la raíz y reemplaza las células de la cofia que van desapareciendo. Más arriba del meristemo se observa la **zona de elongación**, un área de rápido crecimiento con células alargadas y finalmente encontramos la **zona de maduración** que es la región final en la cual las células embrionarias se diferencian en tejidos especializados que conforman los tejidos maduros de una raíz. Esta última está definida por la aparición de los **pelos radiculares** o **pelos absorbentes**, los cuales son extensiones finas de la epidermis.

En la sección transversal de una raíz en crecimiento primario se organiza en tres regiones: la **epidermis** o **rizodermis**, la **corteza** o **córtex**, y el **cilindro vascular**, siendo esta última la más interna. La epidermis cumple una función de protección y suele estar formada por una sola capa de células, a menudo sin una cutícula o con una cutícula muy delgada, que permite el paso de agua y minerales. En algunas plantas, debajo de la epidermis suele formarse una **hipodermis** o **exodermis**, cuyas células están ligeramente suberinizadas. La

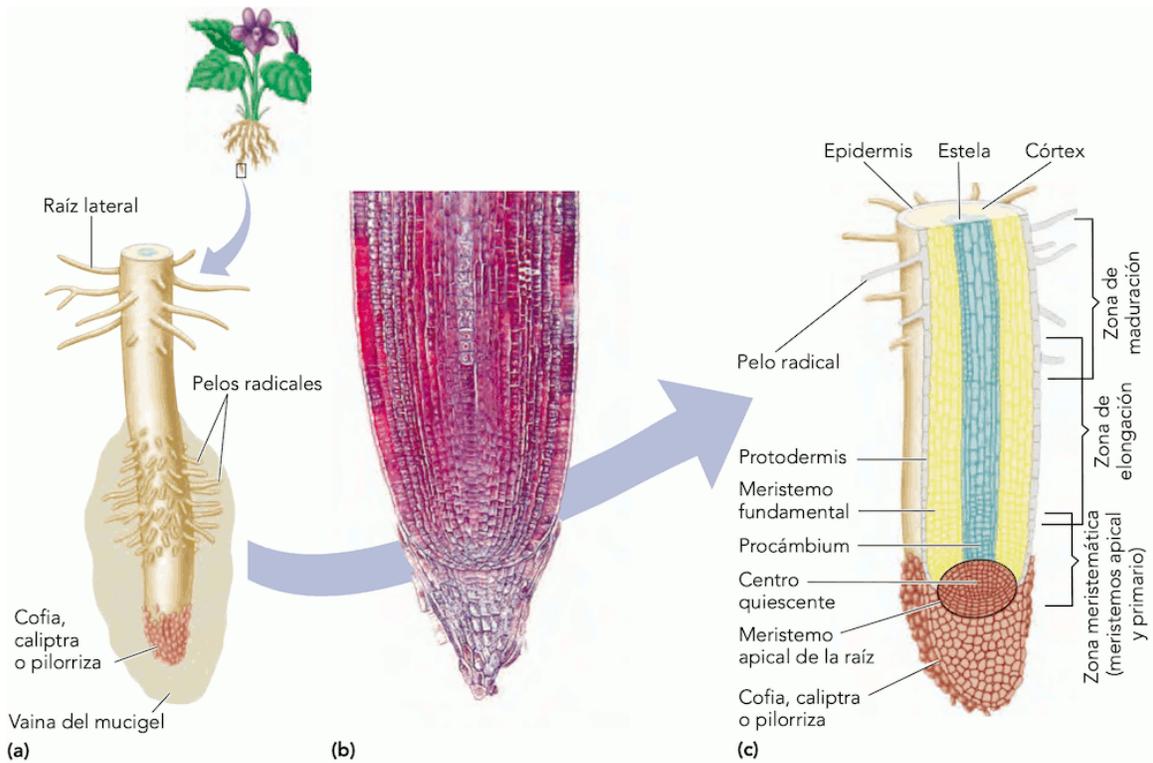


Figura 6.3. Morfología y anatomía de la raíz. Tomado de Nabors (2006).

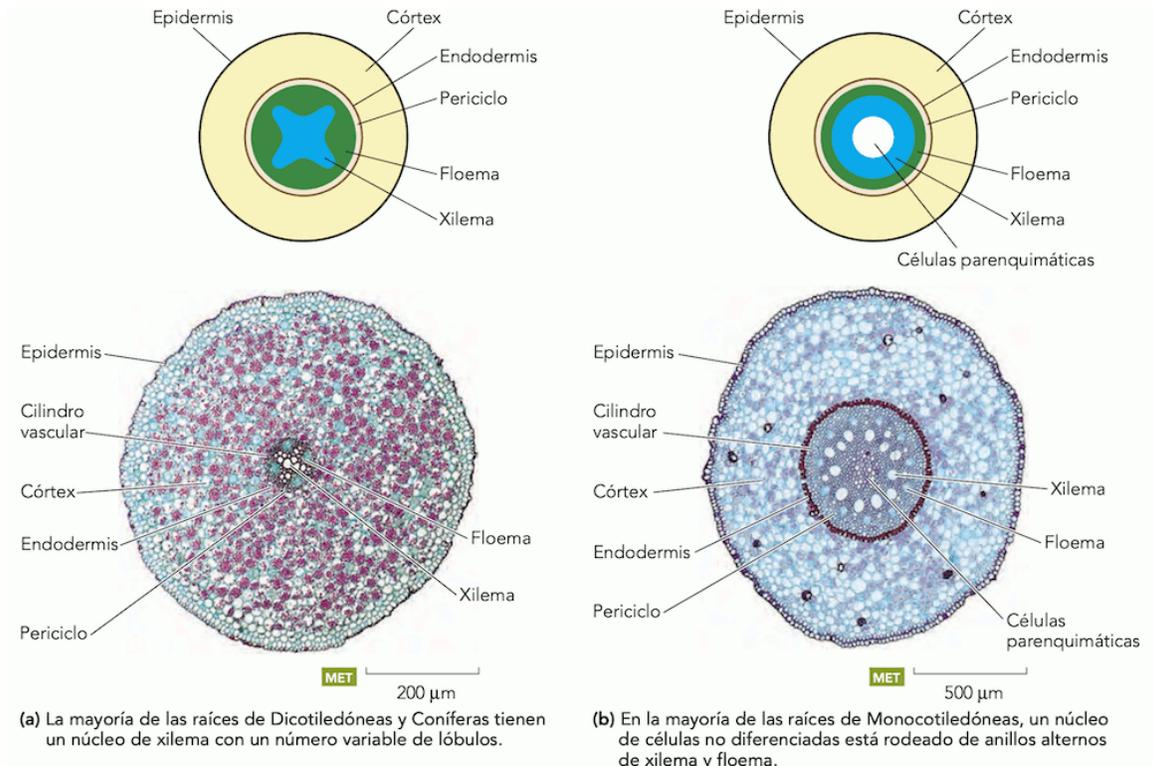


Figura 6.4. Comparación entre raíz en crecimiento primario de Eudicotyledoneae y Monocotyledoneae. Tomado de Nabors (2006).

corteza ocupa la mayor parte de la raíz y está constituida principalmente por parénquima, aunque también pueden encontrarse esclerénquima y colénquima hacia la periferia. En la parte más interna de la corteza se encuentra la **endodermis**, formada por una sola capa de células ligeramente suberinizadas dispuesta a modo de cinturón conocido como **banda de Caspary**. Debajo de la endodermis y rodeando al cilindro vascular se encuentra el **periciclo**, conformado por una o varias capas de células parenquimatosas, de las que se originan el cámbium, el felógeno y las raíces laterales. En el cilindro vascular, el xilema y el floema primarios se disponen de forma radial, formando cordones individuales y alternos. Dependiendo del número de cordones las raíces pueden ser diarcas (2), triarcas (3), tetraarcas (4), pentarca (5), hexarca (6) o poliarca (>6)

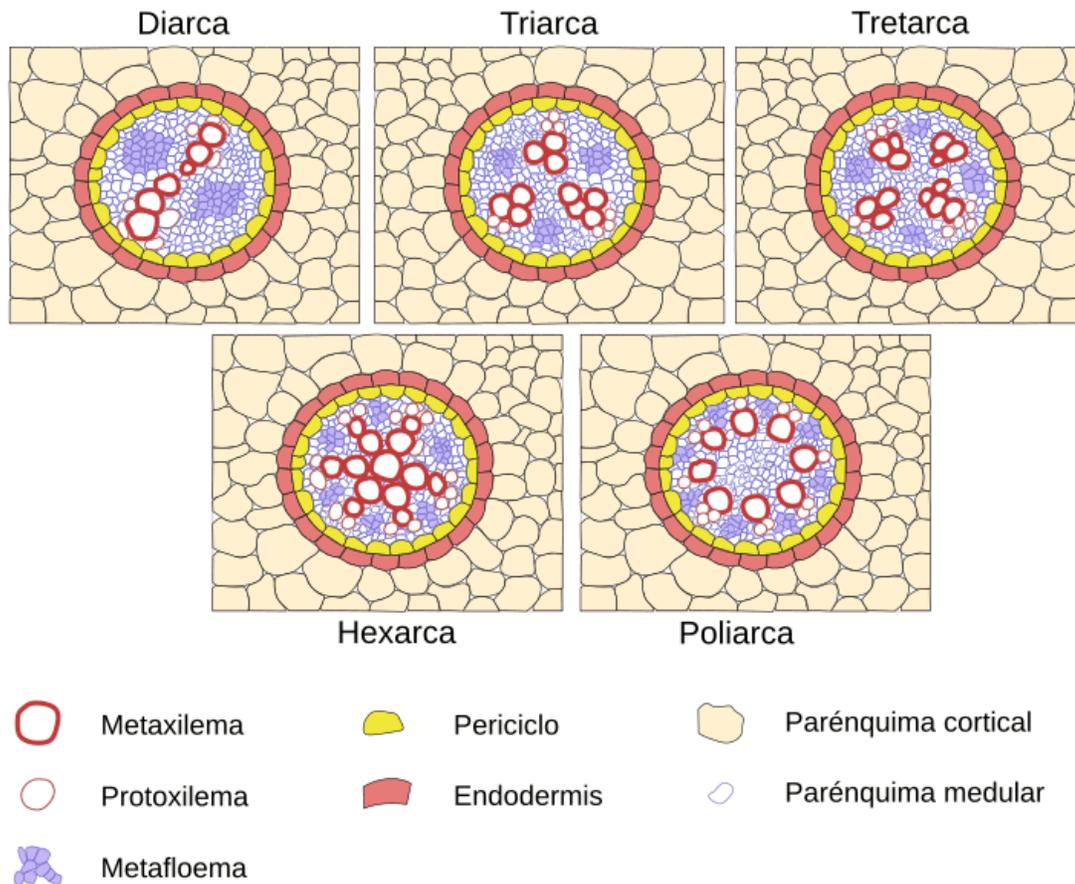


Figura 6.5. Tipo de raíz según el número de cordones de xilema y floema. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

Cuando la raíz presenta crecimiento secundario suelen perderse la epidermis (y la hipodermis si está presente), la corteza y la endodermis. Por otra parte, aparecen el xilema y floema secundarios, el cámbium vascular y la peridermis, que está compuesta por súber, cámbium suberoso y felodermis.

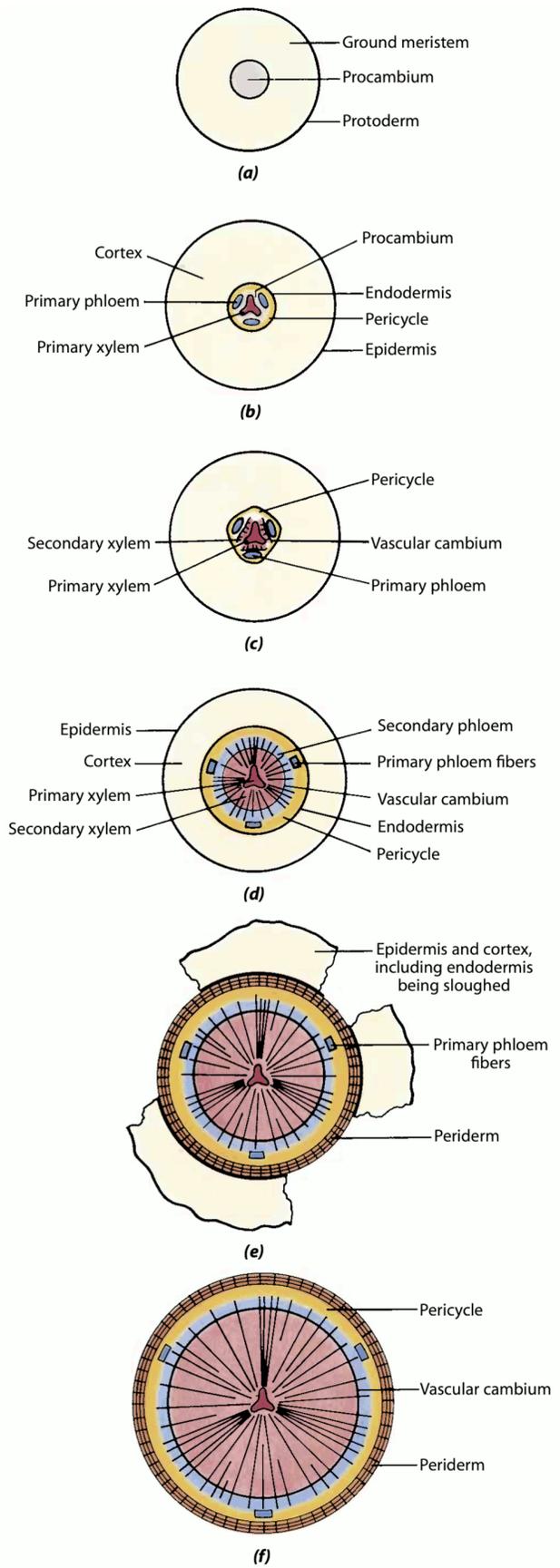


Figura 6.6. Desarrollo y crecimiento secundario de una raíz. Tomado de Evert (2006).

6.2 Objetivo

- Reconocer los tipos de raíces más comunes.
- Identificar los tejidos que conforman el cuerpo primario y el cuerpo secundario de la raíz.
- Asociar las partes de una raíz con su respectiva función.

6.3 Materiales

6.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cajas de Petri
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Estereomicroscopio
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

6.3.2 Material vegetal

- Placas permanentes con cortes longitudinales y transversales de raíces
- Raíces de *Daucus carota* (Zanahoria)
- Raíces de diferentes plantas
- Raíces de *Monstera deliciosa* (Balazo)
- Raíces de *Odontoglossum spp.*, *Cattleya spp.* o cualquier otra *Orchidaceae* epífita (Orquídea)
- Raíces de *Phaseolus vulgaris* (Frijol)
- Raíces de *Raphanus sativus* (Rábano)
- Raíces de *Zea mays* (Maíz)

6.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

6.4.1 Sistemas de raíces y raíces modificadas

- En cada una de las plantas disponibles, identifique los sistemas de raíces según su origen y morfología. Ubique la raíz primaria y las raíces secundarias en cada tipo. Igualmente distinga las adaptaciones de las raíces suministradas (haustorios, raíces acuáticas, tuberosa, entre otras).

6.4.2 Estructura externa de una raíz pivotante

- Tome una plántula de *Raphanus sativus*, cultivada en Caja de Petri durante 72 horas, colóquela en un portaobjetos con agua. Asegúrese de colocar suficiente cantidad de agua, de lo contrario los delicados pelos absorbentes se secarán y marchitarán rápidamente. Observe al estereomicroscopio e identifique las siguientes regiones: cofia, meristemo apical, zona de elongación y diferenciación, zona pilífera, zona suprapilífera y cuello.

6.4.3 Estructura interna de la raíz en Eudicotyledoneae

- Realice cortes transversales a diferentes alturas en raíces de plántulas de *Phaseolus vulgaris* de cinco días de germinación. Tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique: epidermis, parénquima cortical, endodermis (distinga en ésta, las bandas de Caspary y las células de paso), periciclo, cambium vascular, floema primario, xilema primario. Adicionalmente, estudie placas permanentes con cortes longitudinales y transversales de raíces y localice las zonas mencionadas.
- Realice cortes transversales de la raíz de *Phaseolus vulgaris* a la altura del origen de las raíces laterales. Tiña con Safranina y Azul Alcían, observe y defina el punto de origen de estas raíces.

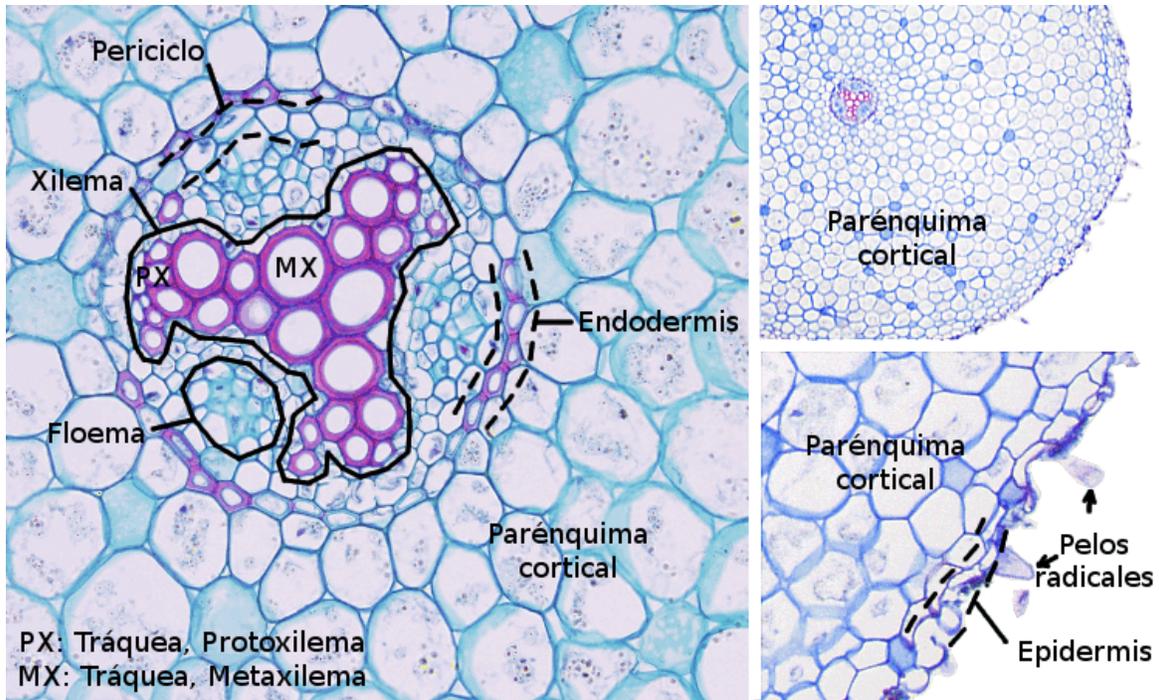


Figura 6.7. Corte transversal de raíz en crecimiento primario de Eudicotyledoneae. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

6.4.4 Estructura interna de la raíz en Monocotyledoneae

- Realice cortes transversales en raíz de *Zea mays*, *Monstera deliciosa* y de una Orchidaceae epífita. Tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique: epidermis, exodermis (si existe), córtex, velamen (si existe), endodermis, floema, xilema, médula.

6.4.5 Cuerpo secundario de la raíz

- Corte transversalmente raíces de plantas Eudicotyledoneae con crecimiento secundario, tiña con Safranina y Azul Alcían e identifique los tejidos del cuerpo secundario de la raíz.

6.4.6 Observación de raíz de *Daucus carota*

- Realice cortes transversales y longitudinales en una zanahoria y observe al estereomicroscopio con el fin de identificar los tejidos que la conforman.

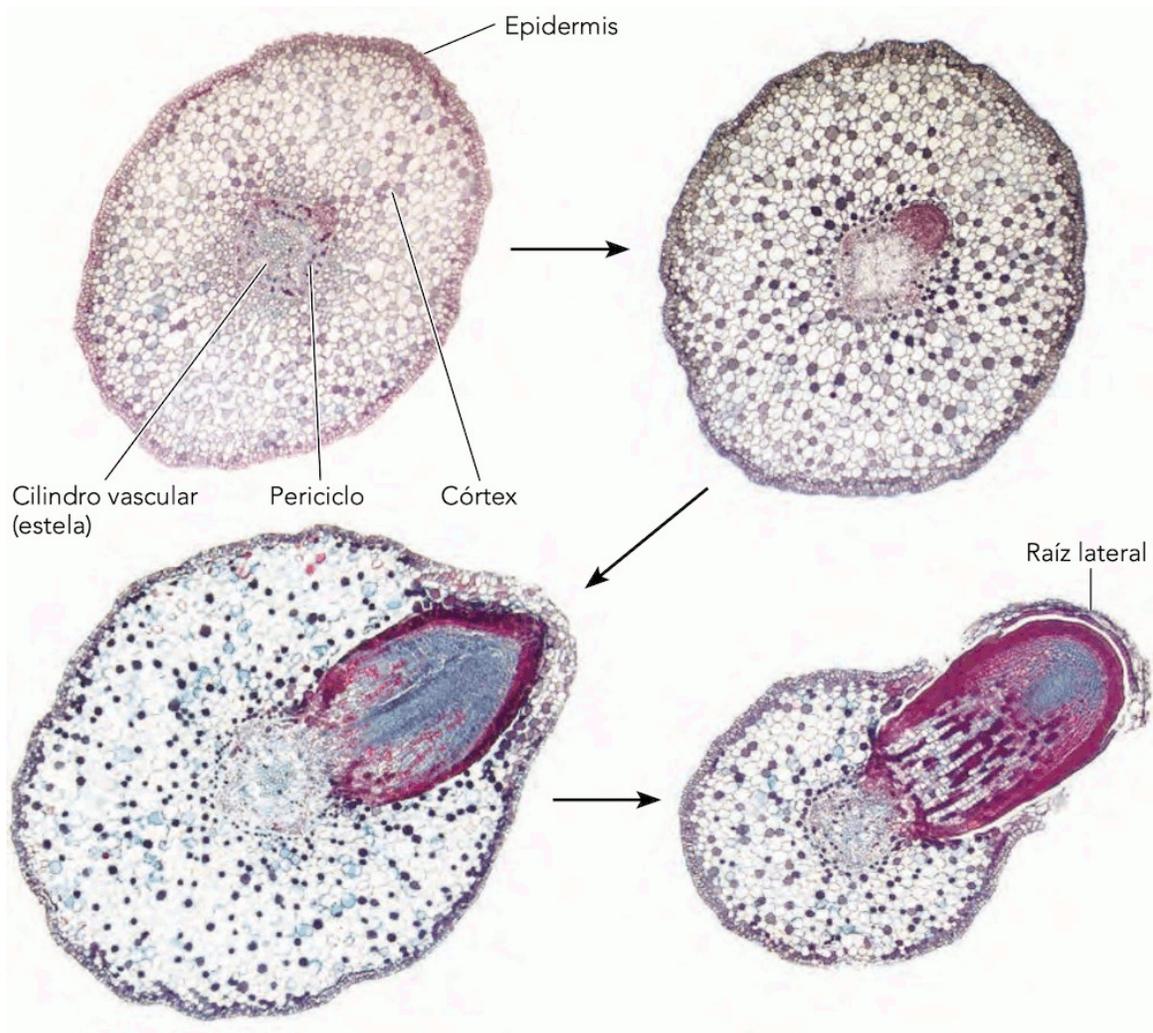


Figura 6.8. Surgimiento de raíz lateral. Tomado de Nabors (2006).

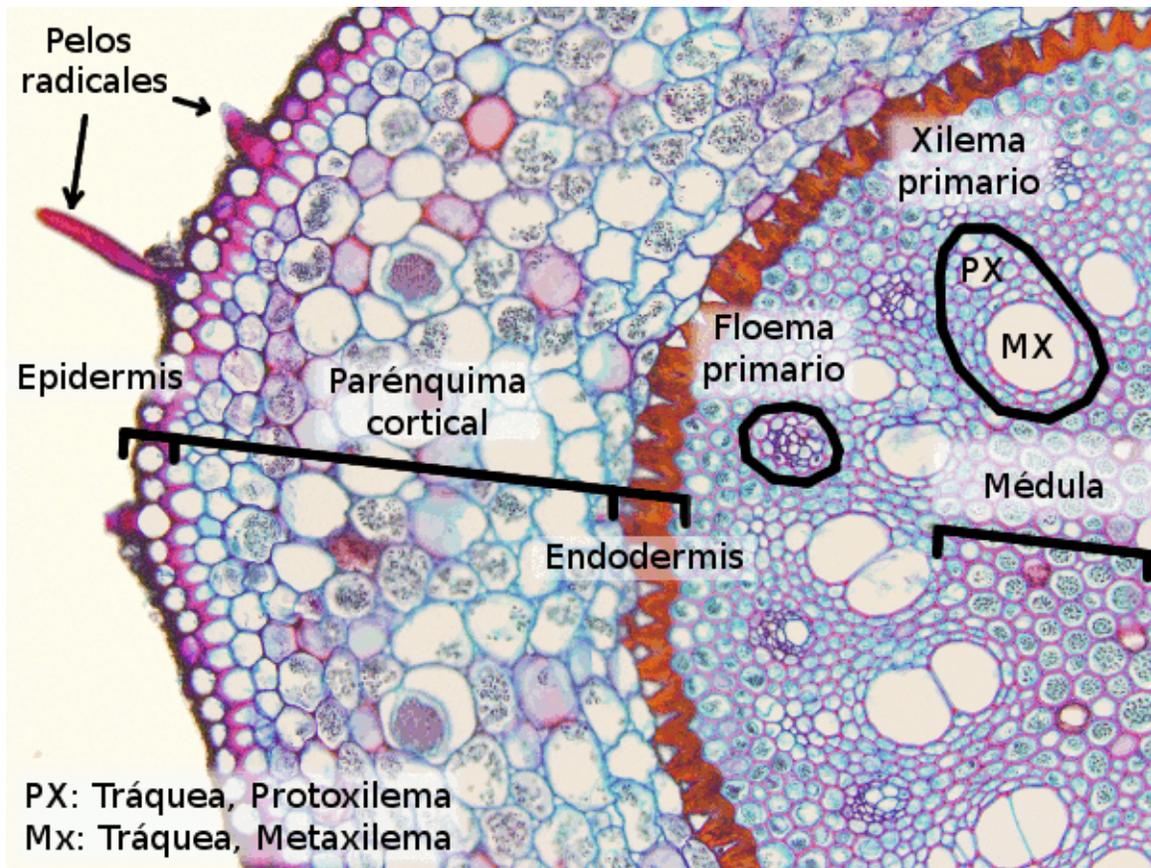


Figura 6.9. Corte transversal de raíz en crecimiento primario de Monocotyledoneae. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

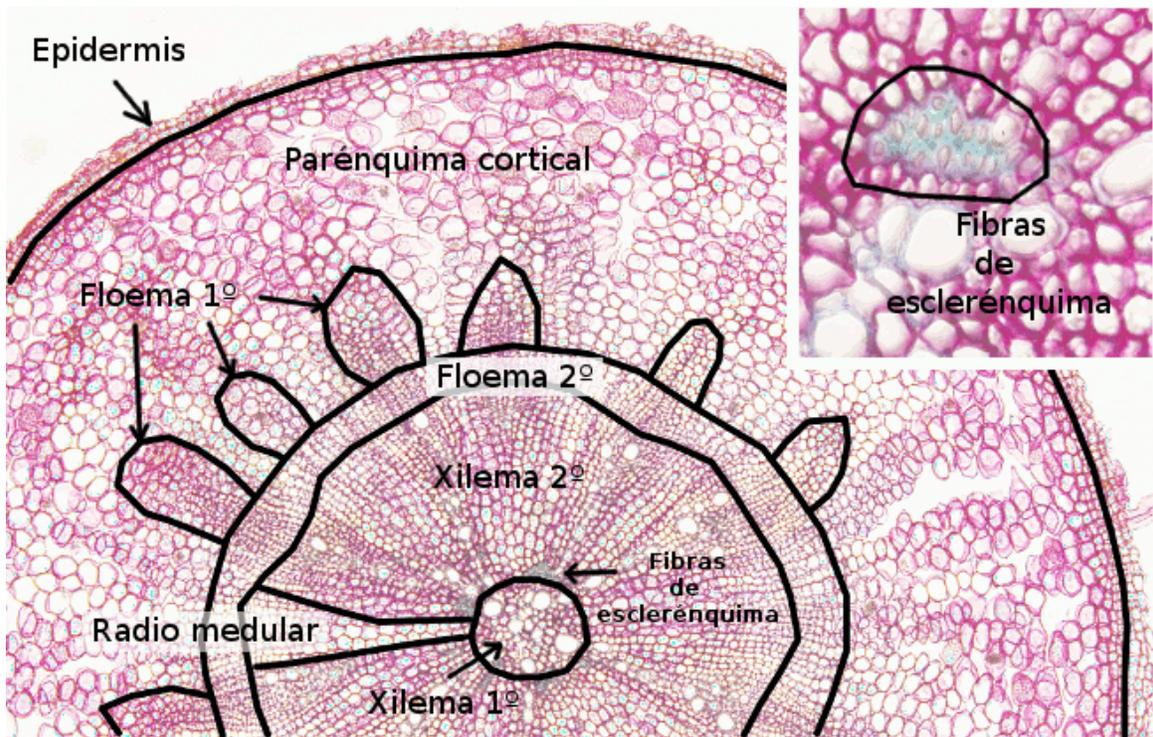


Figura 6.10. Corte transversal de raíz en crecimiento secundario de Eudicotyledoneae. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

7 Tallo

7.1 Introducción



Figura 7.1. La Monocotyledoneae más alta del mundo, *Ceroxylon quindiuense* en el valle de Cocora , Colombia. Tomado de Diegotorquemada (2008).

En Tracheophyta, el **vástago** tiene su origen en el embrión y está constituido por el tallo, las hojas y las yemas (vegetativas y reproductivas). Todas las células y tejidos primarios del vástago se desarrollan del **meristema apical**. Estructuralmente, el **tallo** es más complejo que la raíz y está formado por unidades modulares denominadas **fitómeros**, nombre dado al conjunto de nudo, entrenudo y yema axilar o lateral.

Generalmente, el tallo es un **eje aéreo** con gravitropismo negativo, cuyas principales funciones son el soporte; la conducción de agua, minerales y fotosintatos; y en menor medida

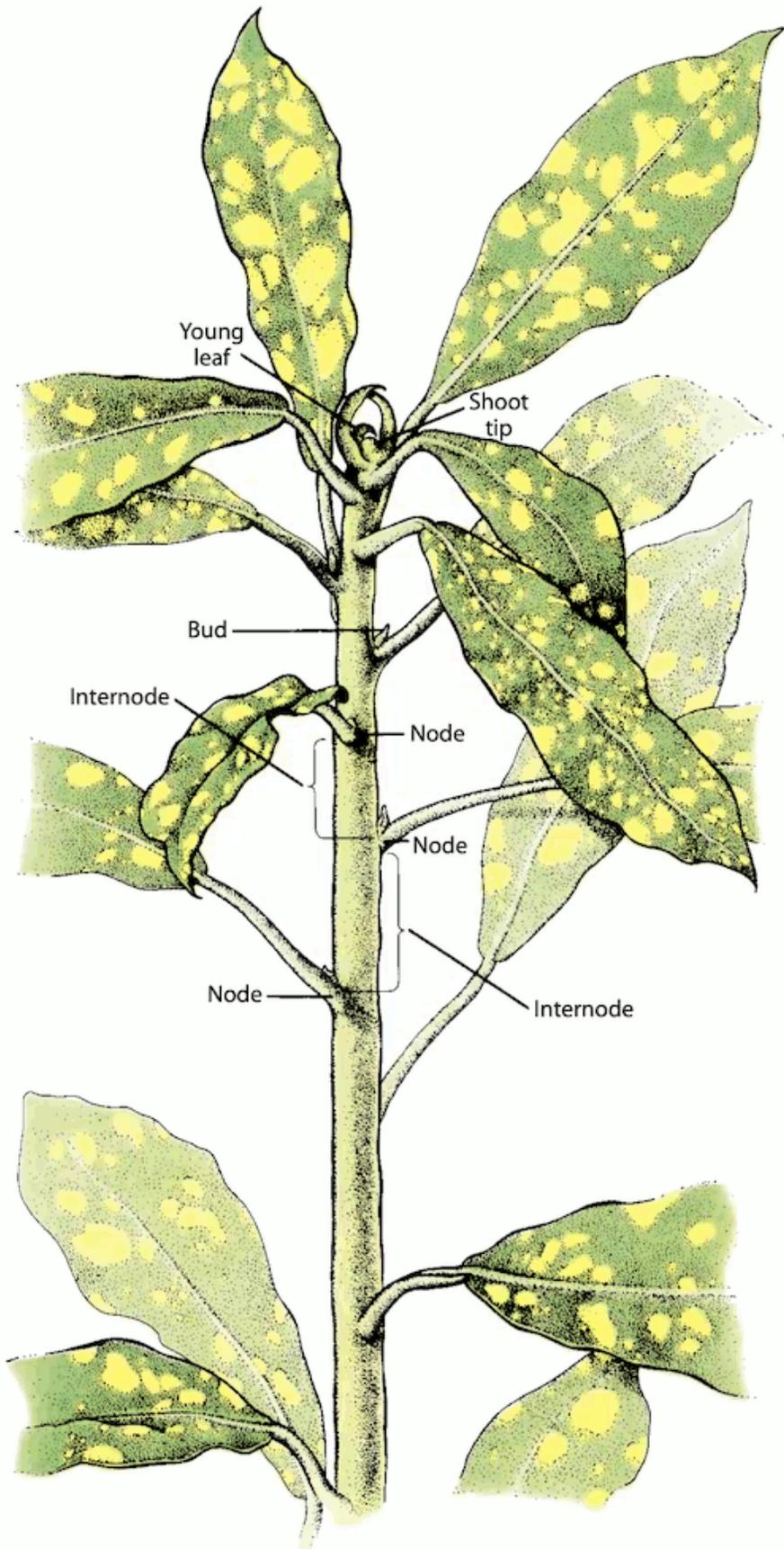


Figura 7.2. Partes del vástago. Tomado de Evert & Eichhorn (2013).

el almacenamiento de sustancias y la fotosíntesis. A lo largo de la historia evolutiva, han surgido diferentes modificaciones del tallo que representan adaptaciones específicas. Algunos **tallos modificados** están especializados en la reproducción vegetativa, como el **estolón** que es superficial y crece horizontalmente, o en la dispersión, como el **rizoma** que es subterráneo y crece horizontalmente. Algunos tallos modificados son almacenadores, como el **tubérculo** (tallo subterráneo y engrosado que tiene yemas axilares), el **bulbo** (tallo corto rodeado de una gran cantidad de hojas gruesas y carnosas) y el **cormo** (tallo globoso rodeado de escasas hojas en forma de escamas). Otros tallos modificados son el **cladodio** o **cladófilo** (tallo fotosintético parecido a hojas) y algunos **zarcillos** (rama larga, delgada y enrollada, adaptada para trepa).

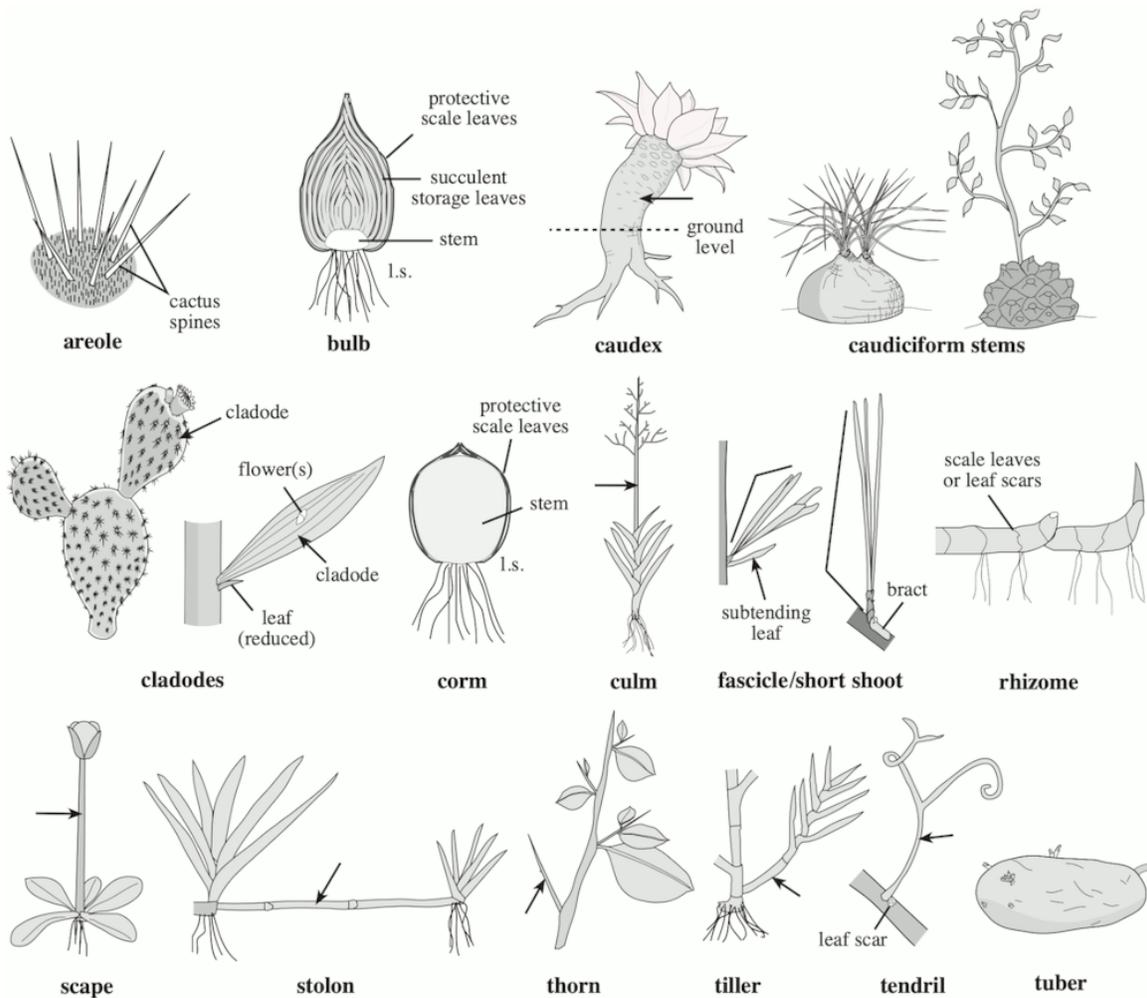


Figura 7.3. Tipos de tallo. Tomado de Simpson (2019).

Todos los tallos tienen **crecimiento primario**, el cual consiste en un crecimiento en longitud y grosos que depende de los meristemas apicales e intercalares. En corte transversal podemos encontrar las regiones de la epidermis, el córtex o corteza, y el cilindro central. La **epidermis** suele estar constituida por una sola capa celular. El **córtex** está conformado principalmente por parénquima, también encontrándose esclerénquima y colénquima. En

el **cilindro central** encontramos los tejidos conductores (xilema y floema), cuya disposición espacial se denomina estela. La **estela** puede ser de dos tipos: protoestela y sifonostela. En la **protoestela** los haces vasculares forman un cilindro continuo, mientras que la **sifonostela** se caracteriza por la presencia de una médula y los haces vasculares pueden formar un cilindro continuo o paquetes discretos Fig. 7.5.

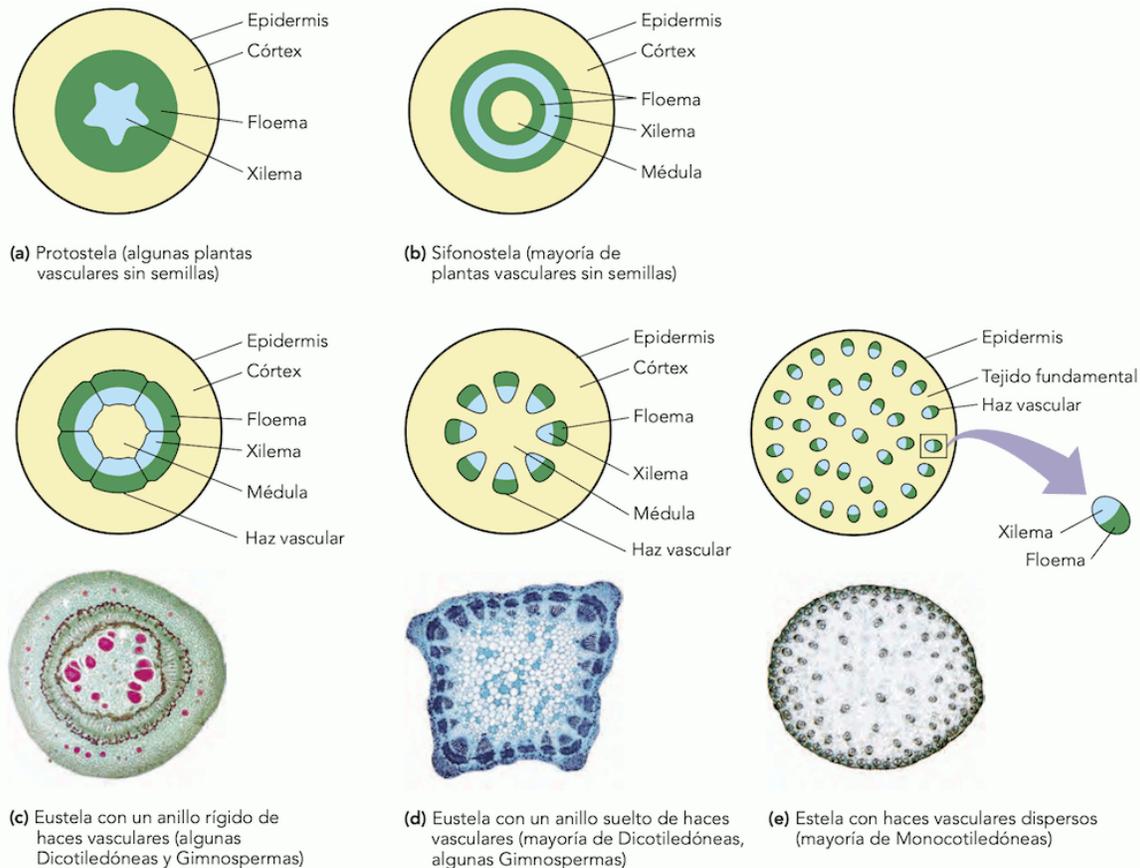


Figura 7.4. Comparación entre tallos en crecimiento primario de Gymnospermae, Eudicotyledoneae y Monocotyledoneae. Tomado de Nabors (2006).

La forma como se relacionan los elementos del haz vascular, es decir, el xilema, floema y el cambium, si está presente, se conoce con el nombre de haz vascular. Estos haces vasculares pueden ser: **anfivascular** o **perixilemático**, **anficribal** o **perifloemático**, **bicolateral**, **colateral abierto** y **colateral cerrado**.

El **crecimiento secundario** en las plantas leñosas se inicia con la formación de **cambium vascular** y cambium suberoso o **felógeno**. Este proceso permite un aumento en el diámetro del tallo y su soporte, lo que permite que estas plantas vivan por muchos años. Este tipo de crecimiento se presenta en Gimnospermas, Eudicotiledóneas leñosas y algunas Eudicotiledóneas herbáceas, como el girasol. En muy pocas Monocotiledóneas, como Arecaceae, también se presenta un tipo de crecimiento secundario llamado **crecimiento secundario anómalo**, pero este tiene un origen diferente al de las otras plantas leñosas.

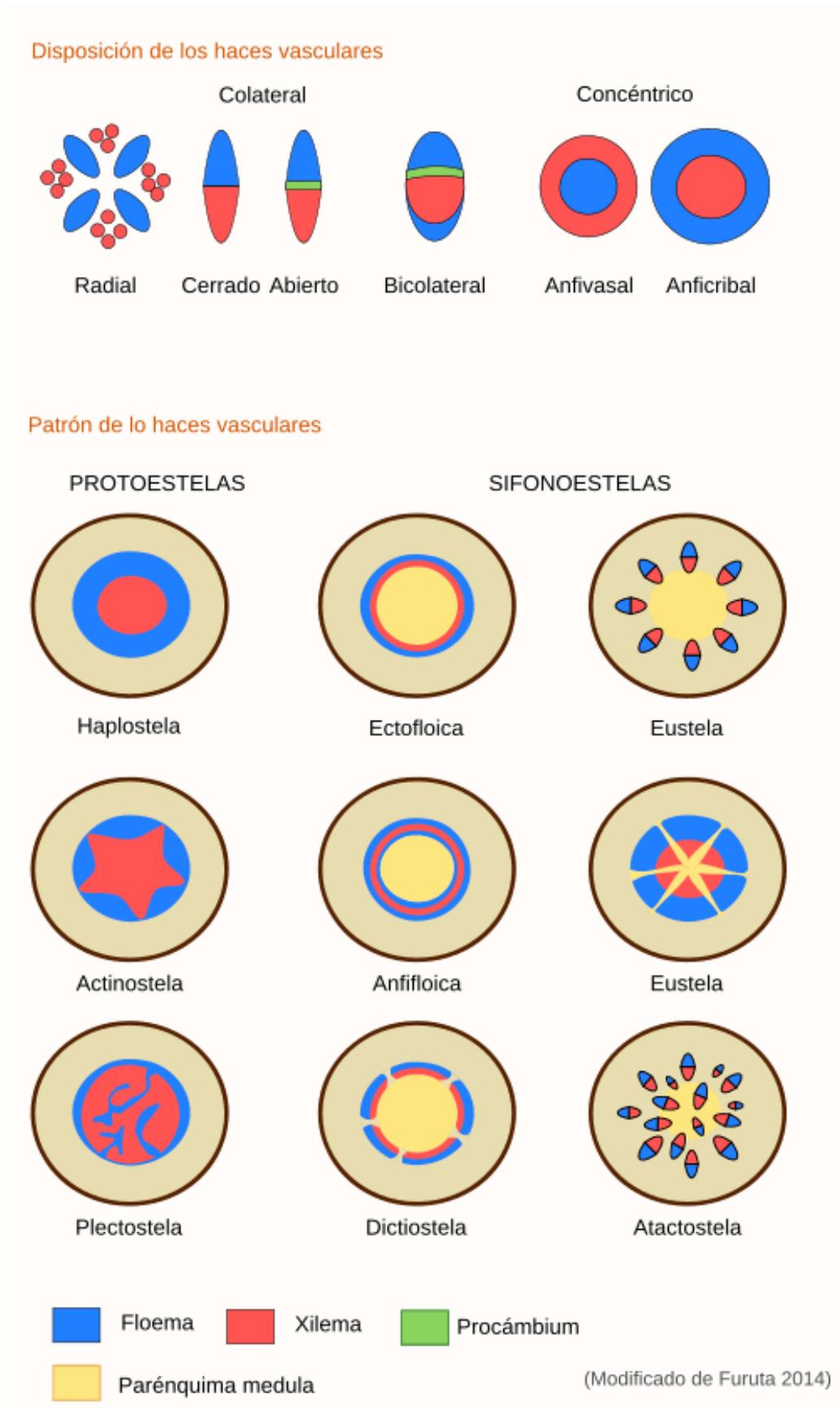


Figura 7.5. Diposición y patrón de los haces vasculares. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017)

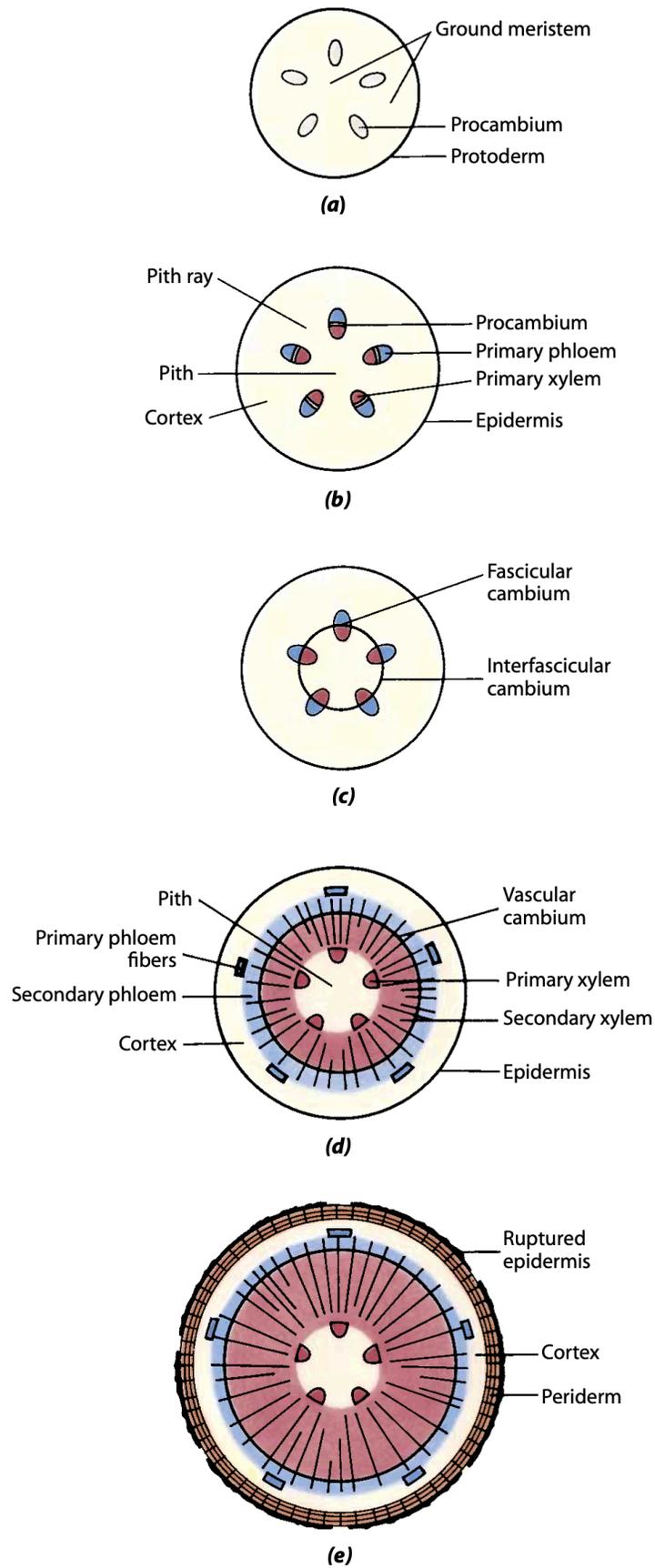
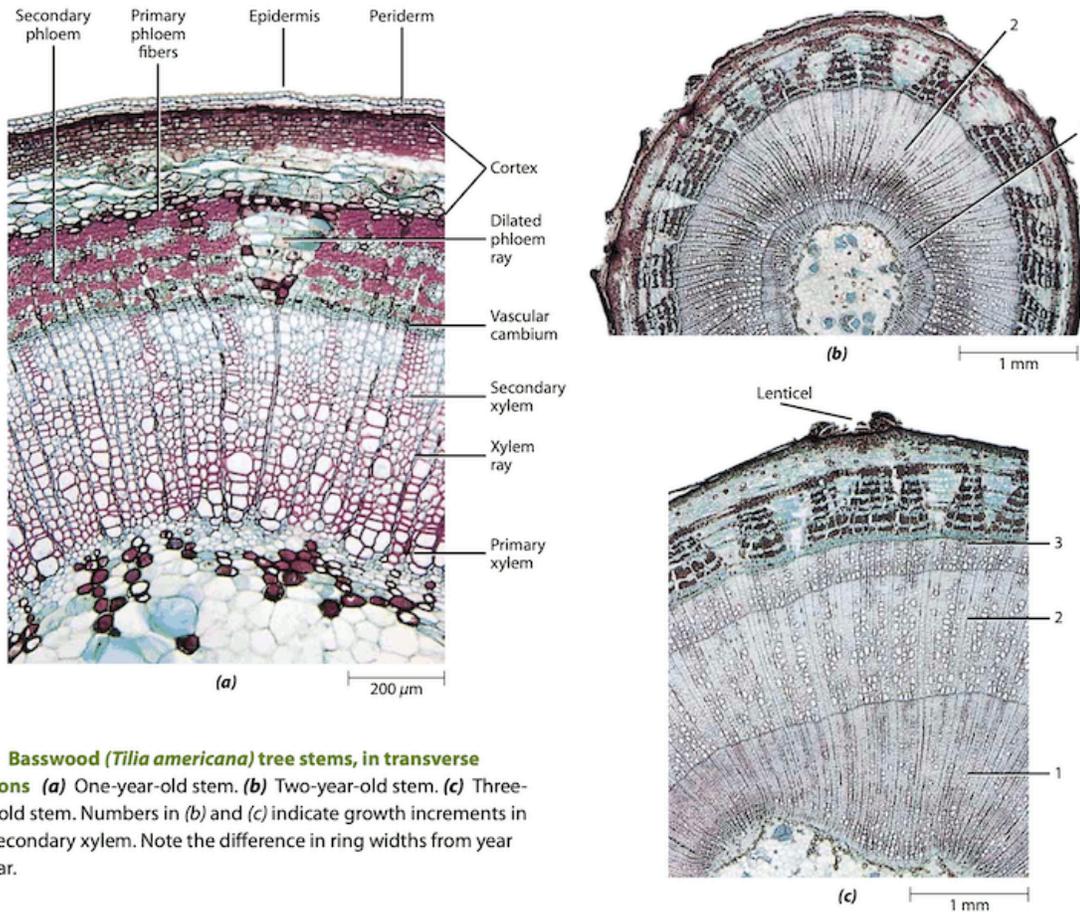


Figura 7.6. Desarrollo y crecimiento secundario de un tallo. Tomado de Evert (2006).

En un corte transversal de un tallo con crecimiento secundario, los tejidos que se observan varían según su grado de desarrollo. En tallos no muy maduros, es posible encontrar restos de epidermis, peridermis (súber, felógeno y felodermis), córtex, floema primario y secundario, cambium vascular, xilema primario y secundario y médula. A medida que el tallo madura, muchos de los tejidos primarios desaparecen.



26-9 Basswood (*Tilia americana*) tree stems, in transverse sections (a) One-year-old stem. (b) Two-year-old stem. (c) Three-year-old stem. Numbers in (b) and (c) indicate growth increments in the secondary xylem. Note the difference in ring widths from year to year.

Figura 7.7. Corte transversal de un tallo con crecimiento secundario. Tomado de Evert (2006).

El xilema secundario conforma la mayor parte de la **madera** y los *anillos de crecimiento*. La madera se puede clasificar en dos tipos: la **albura** y el **duramen**. La **albura** es la madera más reciente y conductora de la savia, mientras que el **duramen** es la madera más antigua y no conductora. La proporción de albura y duramen en el tronco de un árbol varía según la especie, la edad y el entorno en el que se desarrolla.

En una sección radial de tallos con crecimiento secundario, los **anillos de crecimiento** aparecen como líneas más o menos paralelas y los **radios del xilema** como líneas que corren perpendicularmente a ellas. En la sección tangencial, los radios del xilema aparecen agrupados en forma de lentes. En la sección transversal, los elementos del xilema y del floema se observan como poros de diferentes diámetros según el elemento al que corresponden.

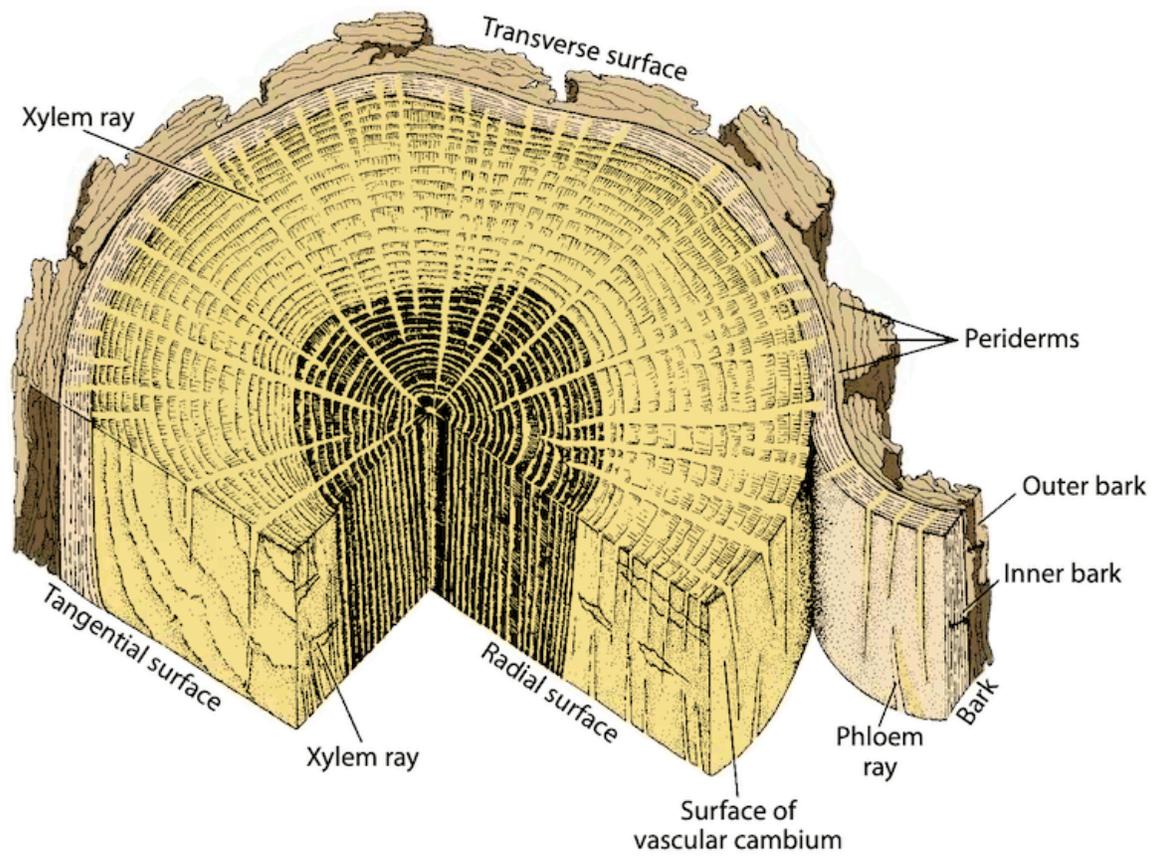


Figura 7.8. Corte transversal de madera. Tomado de Evert (2006).

7.2 Objetivo

- Explicar el desarrollo ontogenético del crecimiento primario y secundario del tallo.
- Diferenciar el tejido primario del tejido secundario en los tallos de diferentes plantas.
- Interpretar las adaptaciones del tallo leñoso para la vida en tierra firme de la planta.
- Diferenciar e interpretar las adaptaciones de un crecimiento secundario anómalo del tallo, que difiere del patrón general de crecimiento secundario en los tallos leñosos.

7.3 Materiales

7.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cajas de Petri
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Estereomicroscopio
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

7.3.2 Material vegetal

- Bloques de madera de Angiospermas y Gimnospermas
- Placas permanentes con cortes del tallo
- Placas permanentes con macerados de xilema
- Tallos de *Aristolochia ringens*
- Tallos de *Cucurbita máxima* (Auyama o Zapallo)
- Tallos de *Cupressus spp.* (Ciprés)
- Tallos de *Cyperus papyrus* (Papiro)
- Tallos de *Dracaena sanderiana* (Bambú de la Suerte) o *Cordyline fruticosa* (Banderilla)
- Tallos de *Pennisetum purpureum* (Pasto de Elefante) o cualquier otra *Poaceae*
- Tallos de *Pinus spp.* (Pino)
- Tallos de *Polypodium spp.* o cualquier otro helecho (*Gleicheniaceae*, *Schizaeaceae*, *Marsileaceae*)

- Tallos de *Salix humboldtiana* (Sauce)
- Tallos de diferentes plantas

7.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

7.4.1 Morfología del tallo

- Tome diferentes especímenes, observe e identifique: vástago, tallo, fitómeros, nudos, entrenudos y yemas axilares.

7.4.2 Tallos modificados

- Tome cada uno de los diferentes especímenes con tallos modificados, observe e identifique si es un rizoma, estolón, tubérculo, bulbo, cladófilo o cormo. ¿Cuáles características permiten diferenciarlos?

7.4.3 Anatomía del tallo en crecimiento primario

- Realice cortes transversales de tallos de Monocotyledoneae y Eudicotyledoneae. Tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique: epidermis, córtex, haces vasculares y médula, además de los tejidos de sostén. ¿Cuál es el tipo de estela? ¿Cuáles son las diferencias y similitudes encontradas entre Monocotyledoneae y Eudicotyledoneae? ¿Qué diferencias y similitudes encuentra con lo observado en raíz con crecimiento primario?

7.4.4 Tipos de haces vasculares

- Realice cortes transversales finos de los tallos de *Dracaena sanderiana* o *Cordyline fruticosa* y tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe como el xilema rodea totalmente al floema formando un haz **concéntrico perixilemático** o **anfivasal** y como los haces vasculares se disponen por todo el eje del tallo.

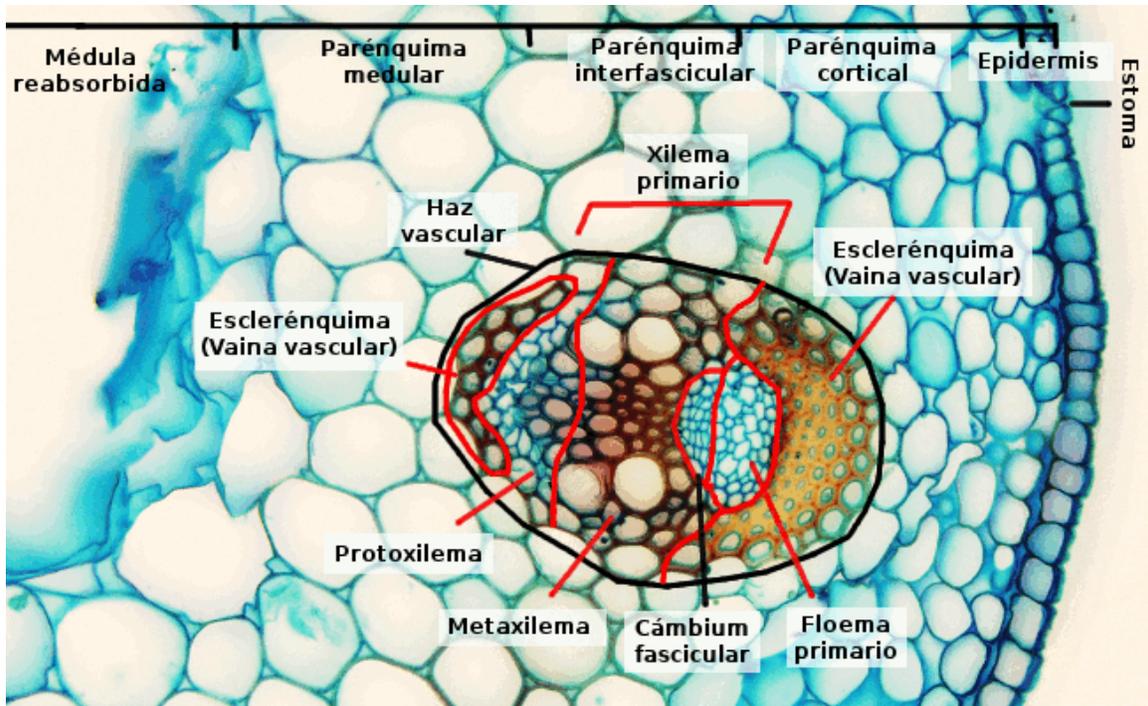


Figura 7.9. Corte trnasversal de tallo en crecimiento primario de Eudicotyledoneae. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

- Realice cortes transversales de los rizomas de *Polypodium spp.* o de cualquier otro helecho. Observe como el floema rodea totalmente al xilema configurando un haz vascular **concéntrico perifloemático** o **anficribal**.
- Realice cortes transversales del tallo de *Cyperus papyrus* y *Pennisetum purpureum* o cualquier otra Poaceae y tiña con Safranina y Azul Alcían. En este corte aprecie como los haces vasculares se disponen de tal forma que el xilema y el floema forman casquetes que se distribuyen por todo el tallo inmersos en el parénquima. Por lo general, el haz vascular presenta una vaina esclerenquimática en toda la periferia, es carente de cambium y el xilema y el floema son opuestos en el haz, configurando un haz de tipo **colateral cerrado**.
- Realice cortes transversales de tallos de *Aristolochia ringens*, tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe como el xilema y el floema en tejidos jóvenes forman casquetes que se distribuyen de forma radial en el tallo; por lo general, el xilema y el floema son opuesto y entre estos se localiza el cambium vascular, no presentan vaina esclerenquimática y por madurez y desarrollo los casquetes vasculares se pueden fusionar formando anillos continuos de xilema-cambium-floema. Esta configuración es denominada haz **colateral abierto**.
- Realice cortes transversales del tallo de *Cucurbita máxima* y tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe como los haces vasculares forman casquetes que se distribuyen de forma casi radial en el tallo. Estos haces están constituidos, por cambium, xilema y floema, pero el floema forma dos casquetes en la periferia del haz (hacia adentro y

afuera del tallo) en tanto que el xilema se localiza en el centro. Este haz se denomina **bicolateral**.

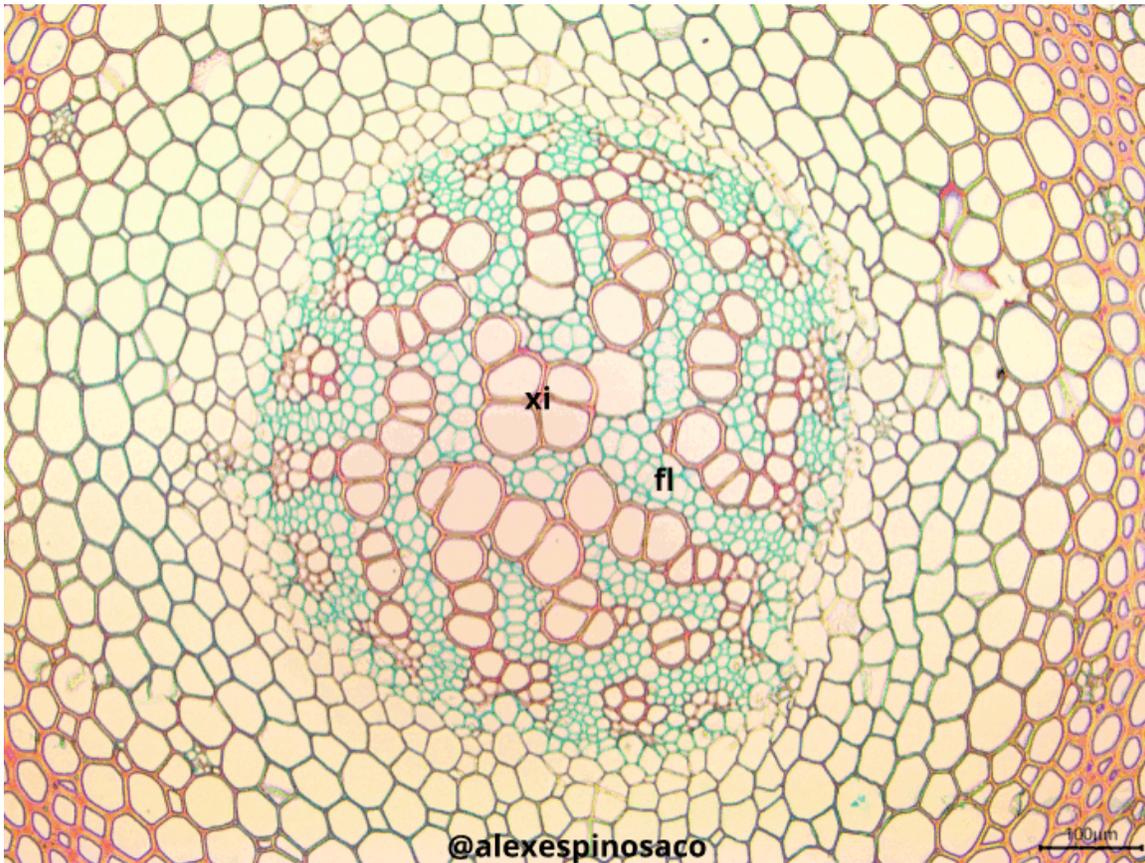


Figura 7.10. Disposición del haz vascular de *Lycopodiella sp.*. fl: floema, xi: xilema.

7.4.5 Anatomía del tallo en crecimiento secundario

- Realice cortes transversales de tallos de Gymnospermae y Eudicotyledoneae y cualquier otra planta con crecimiento secundario. Tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique: súber, felógeno, felodermo, parénquima, floema secundario, cambium vascular y xilema secundario. ¿Qué ocurre con la epidermis durante el desarrollo del corcho? ¿De dónde se origina y cuál es la función del felógeno? ¿De cuáles células del cambium vascular se originan xilema y floema secundario? Explique el porqué de la naturaleza impermeabilizante del corcho.
- Realice cortes transversales, radiales y tangenciales de tallos de *Cupressus spp.*, *Pinus spp.*, *Salix humboldtiana* y cualquier otra planta con crecimiento secundario. Tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique: los elementos de xilema, rayos del xilema, médula, madera de estación seca, madera de estación lluviosa y canales resiníferos. ¿Cuáles son las diferencias y similitudes encontradas entre Gymnospermae

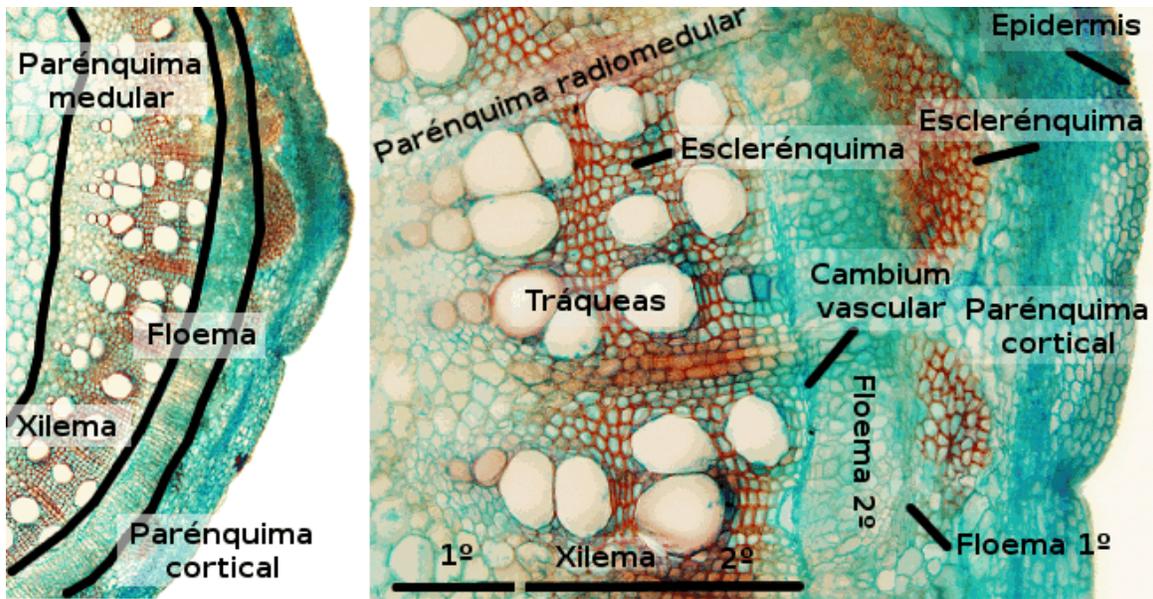


Figura 7.11. Corte trnasversal de tallo en crecimiento secundario de Eudicotyledoneae. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

y Eudicotyledoneae? ¿Qué diferencias y similitudes encuentra con lo observado en raíz con crecimiento primario?

7.4.6 Estudio macroscópico del tallo en crecimiento secundario

- Tome bloques de madera de tallos de Gymnospermae y Angiospermae. Observe al estereomicroscopio las diferencias entre los cortes transversales, radiales y tangenciales. Identifique: corcho, cambium del corcho, córtex, floema secundario, región del cambium vascular, xilema secundario, rayos del xilema, médula, canales resiníferos y mucilaginosos. Además, distinga la albura y el duramen, y los anillos de crecimiento.

7.4.7 Tallos anómalos

- Realice cortes transversales de tallos de *Aristolochia ringens* y otras plantas trepadoras o bejucos, tiña con Safranina y Azul Alcían. Observe e identifique las diferencias que presentan respecto a los tallos ya observados. Ddetermine las diferentes localizaciones del floema secundario, xilema secundario y médula. ¿A qué se debe el crecimiento anómalo de estos tallos? ¿Qué adaptaciones podrían ser interpretadas para este tipo de crecimiento? Describa la forma adoptada por el xilema secundario en cada tipo de corte suministrado.

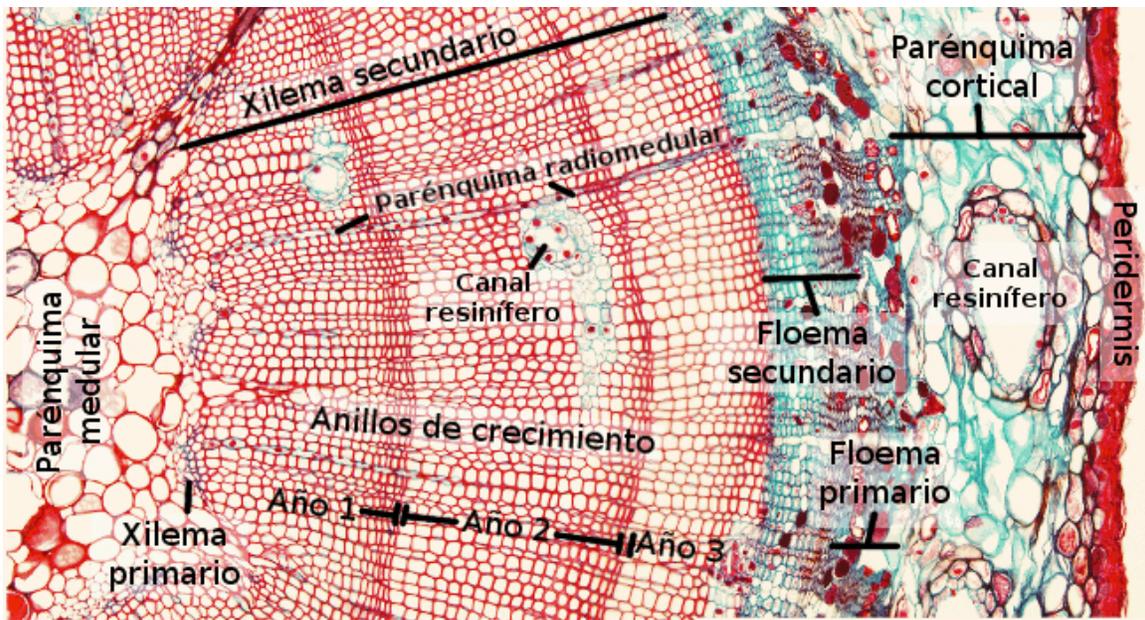


Figura 7.12. Corte trnasversal de tallo en crecimiento secundario de Gymnospermae. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017).

8.1 Introducción

La **hoja** es un órgano generalmente aplanado que se origina en el **primordio foliar** del meristema apical del vástago, desempeña un papel fundamental en la fotosíntesis y la transpiración. Las hojas varían ampliamente en su forma y estructura, generalmente se dividen en dos partes: el peciolo y la lámina o limbo. El **peciolo** es la conexión entre la lámina y el tallo en el nudo. Las hojas con un peciolo se denominan pecioladas, mientras que las que carecen de él se llaman sésiles. Las **yemas axilares** se encuentran en el ángulo entre el peciolo y el tallo. En la base del peciolo, a menudo aparecen dos apéndices foliosos, escamosos o espinosos llamados **estípulas**, que en algunas plantas se expanden hasta formar una vaina que rodea todo el tallo. La **lámina** es la parte expandida que contiene la mayoría de los cloroplastos y estomas de la planta, y generalmente es aplanada, presentando dos caras, la superior llamada haz o **cara adaxial** y la inferior llamada envés o **cara abaxial**. El contorno de la hoja se denomina **margen** o borde. La **base** es la parte más proximal al punto donde el peciolo se une al limbo, mientras que el **ápice** es la parte más distal. La variación en la forma y estructura de las hojas suelen estar asociadas al hábitat de las plantas, así como a la disponibilidad de agua y de luz solar. Por ejemplo, hojas más pequeñas o más gruesas suelen asociarse a plantas de lugares secos y muy calientes.

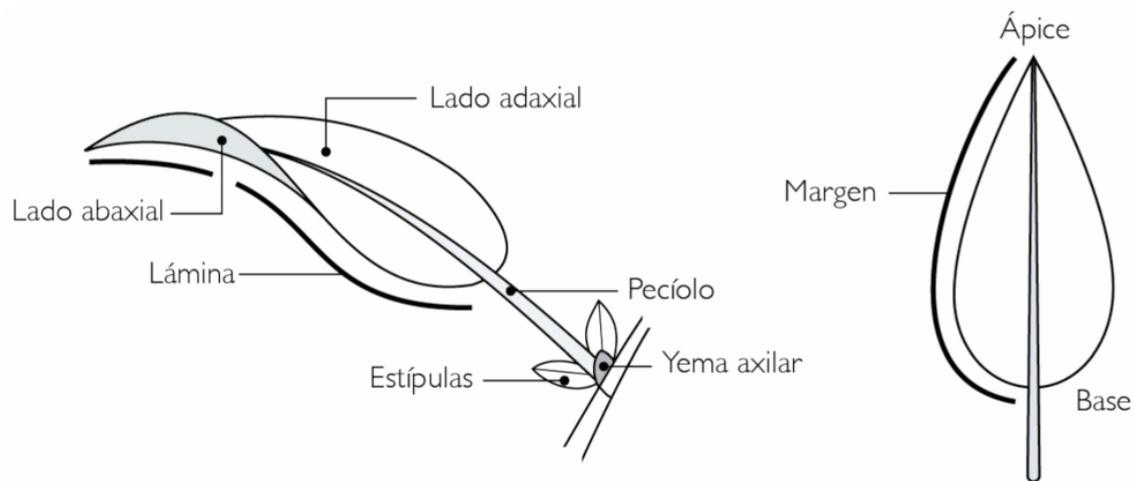


Figura 8.2. Principales partes de la hoja. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

Las hojas se dividen en simples o compuestas según la complejidad de su lámina. En las **hojas simples**, la lamina es continua y no está dividida en partes, aunque puede presentar lóbulos muy profundos. En las **hojas compuestas**, la lamina está dividida en partes discretas denominadas **folíolos**, los cuales suelen tener un pequeño peciolo llamado **peciólulo**. Las hojas compuestas se definen en base al número y disposición de los folíolos. Las **hojas compuestas pinnadas** tienen los folíolos dispuestos sobre una extensión del peciolo llamada **raquis**. Las hojas pinnadas pueden ser **imparipinnadas** (tiene un folíolo terminal) o **paripinnadas** (no tiene folíolo terminal). Una **hoja compuesta bipinnada** tiene dos órdenes de ejes, cada uno pinnado. El eje central de una hoja bipinnada se denomina raquis, los ejes laterales que llevan **foliolulos** se denominan **raquillas**. Una hoja compuesta en

la que más de cuatro folíolos surgen de un mismo punto se denomina **palmaticompuesta**. La presencia de la yema axilar es lo que distingue a las hojas simples de las hojas compuestas; esta yema no se encuentra en la axila de los folíolos o peciolulos.

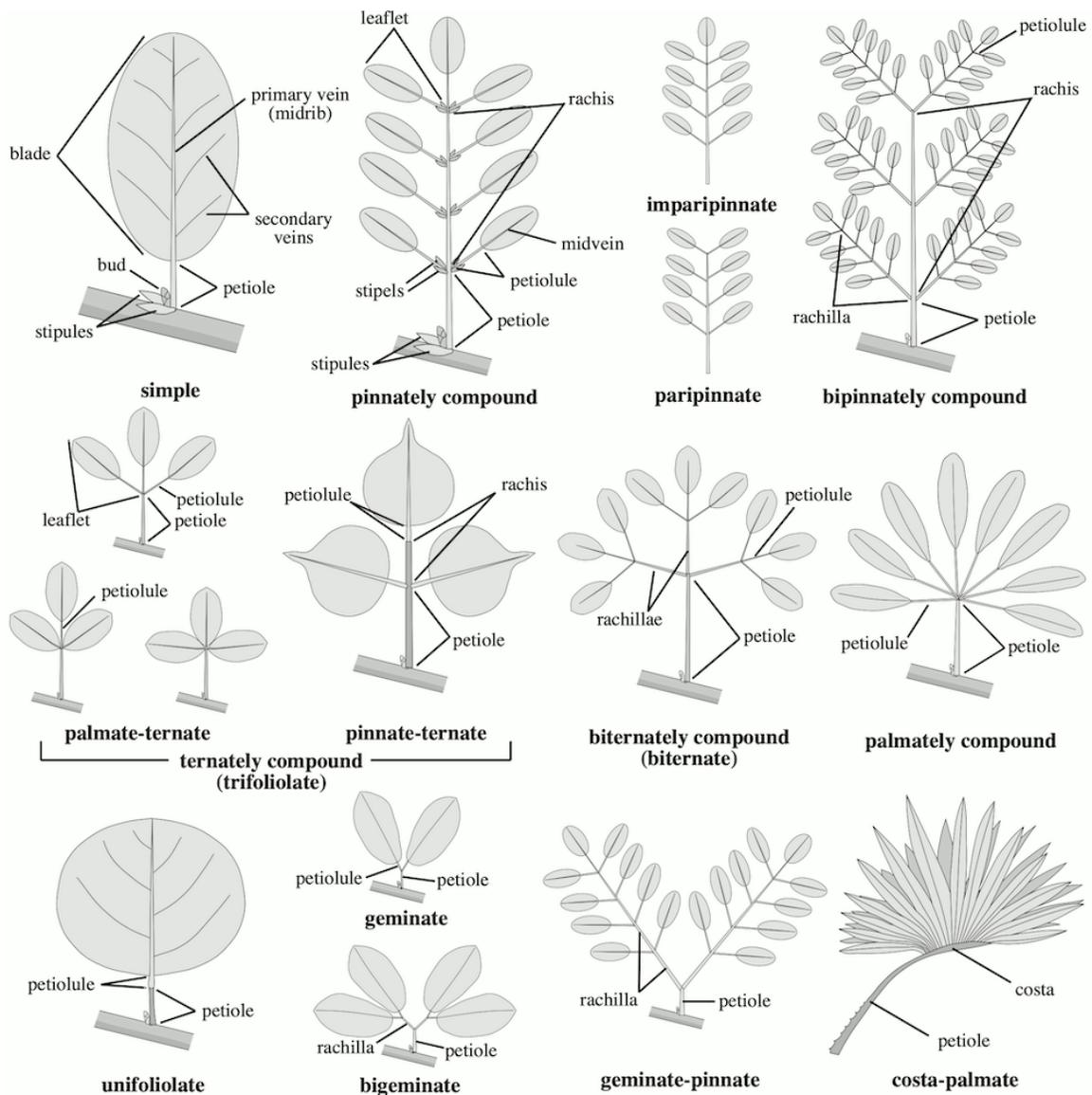


Figura 8.3. Tipos de hoja. Tomado de Simpson (2019).

La **filotaxia** es la disposición espacial de las hojas en el tallo de una planta. La filotaxia se considera **alterna** cuando en cada entrenudo se encuentra una hoja, pudiendo estar dispuestas en espiral o en forma dística (dispuestas en un solo plano). Por otro lado, si en cada nudo hay dos hojas, se considera que la filotaxia es **opuesta**, y puede estar dispuesta de forma dística o decusada (en forma de cruz). Finalmente, cuando se insertan tres o más hojas por nudo, se le llama filotaxia **verticilada**.

La lamina de una hoja puede ser muy variable, tanto en su forma general así como en su base, ápice, margen y presentar modificaciones como glandulas, tricomas, etc. Estas

Fitotaxia

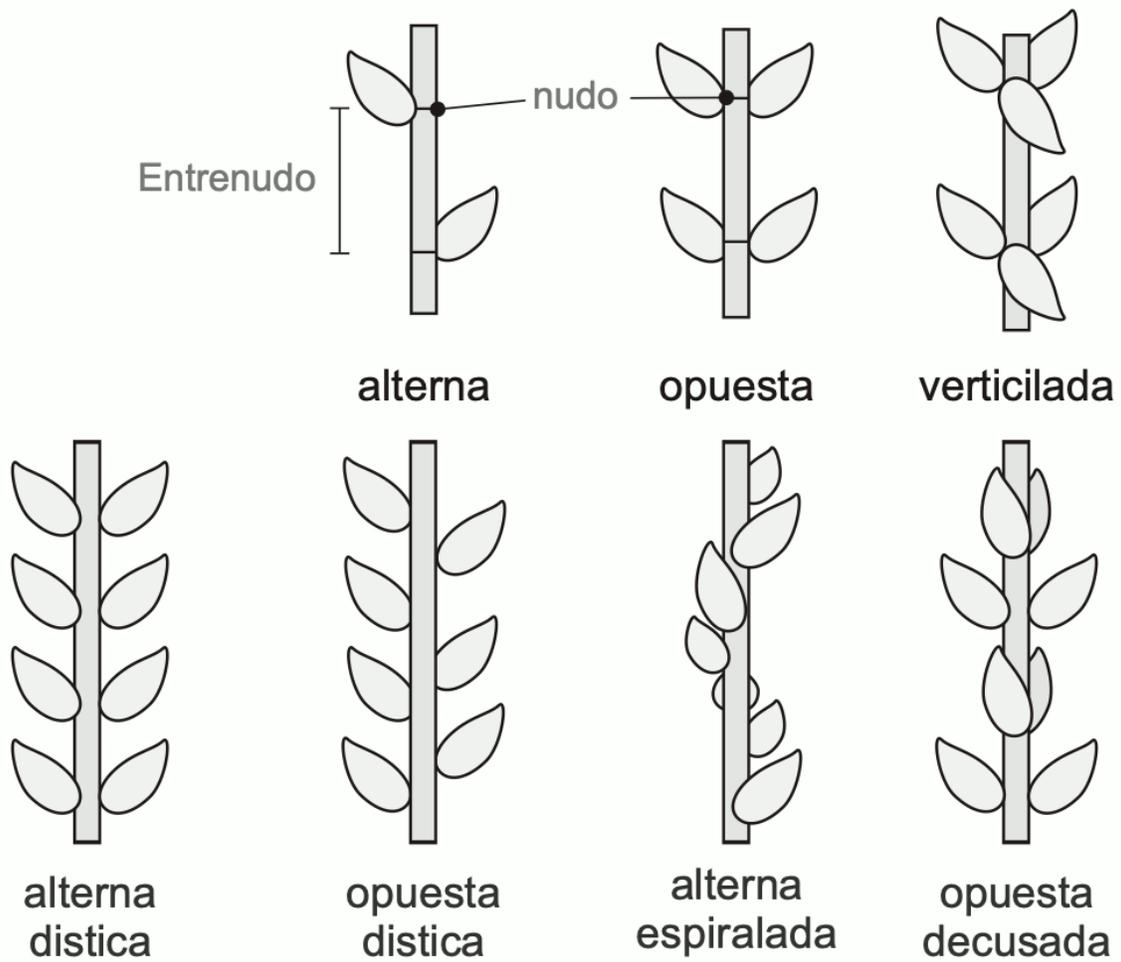


Figura 8.4. Fitotaxia de las hojas. Tomado de Bonifacino (2011).

variaciones se utilizan para la descripción morfológica de las hojas, por lo que existe todo un universo de términos asociados a dichas modificaciones, los cuales dependen de las especies de plantas y de los estudiosos de estas.

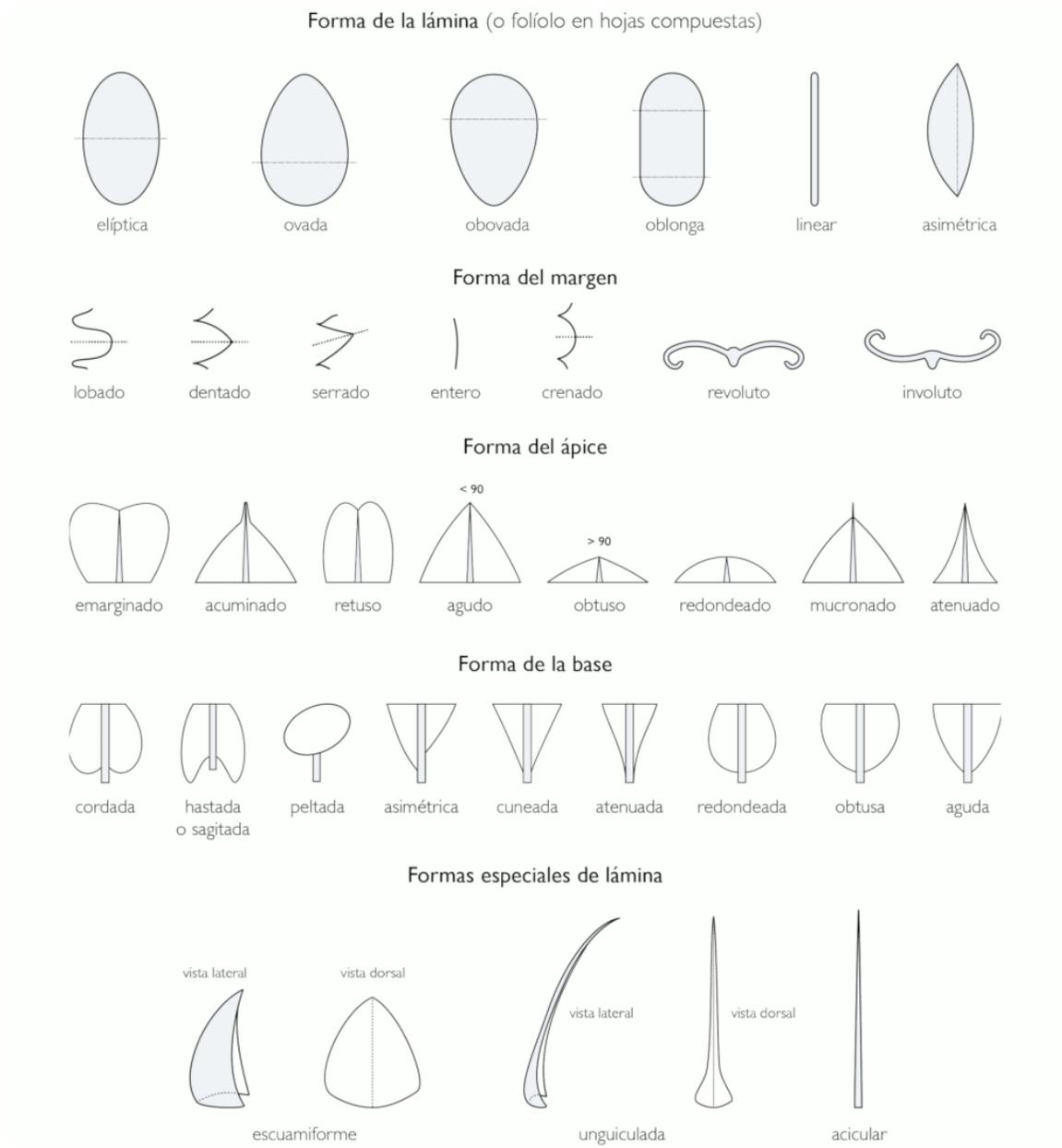


Figura 8.5. Formas en la hoja. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

La distribución de los haces vasculares en el limbo de la hoja recibe el nombre de **venación** o nervadura. En Angiospermae se reconocen dos tipos o patrones principales de venación: paralelo y reticulado. El patrón **paralelo** se caracteriza porque las venas son de un tamaño similar y se extienden a lo largo del eje longitudinal de la hoja. Mientras que el patrón **reticulado** se caracteriza por la presencia de venas sucesivamente más pequeñas que se originan de venas más grandes, generalmente hay una vena central o principal de la cual

se desprenden las demás.

Anatómicamente la hoja se puede dividir en tres partes: la epidermis, el mesófilo y los haces vasculares. La **epidermis** es la capa más externa y contiene células especializadas en la protección y la regulación del intercambio gaseoso. El **mesófilo** se encuentra entre las dos capas de epidermis, se caracteriza por su gran volumen de espacios intercelulares y numerosos cloroplastos. Está constituido principalmente por parénquima (parénquima en empalizada y esponjoso), así como colénquima y esclerénquima. Los **haces vasculares**, el xilema suele estar orientado hacia la cara adaxial mientras que el floema se orienta hacia la cara abaxial. Dependiendo de la organización interna del mesófilo, puede clasificarse como mesófilo dorsiventral (una capa de parénquima en empalizada y una capa de parénquima esponjoso), isobilateral (dos capas de parénquima en empalizada rodeando una capa de parénquima esponjoso) o céntrico (no hay diferencias en el parénquima).

8.2 Objetivo

- Identificar los tejidos presentes en la hoja y su variación en los diferentes grupos de plantas.
- Identificar la estructura externas de las hojas.
- Reconocer la gran diversidad morfológica de las hojas.

8.3 Materiales

8.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cajas de Petri
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Estereomicroscopio
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

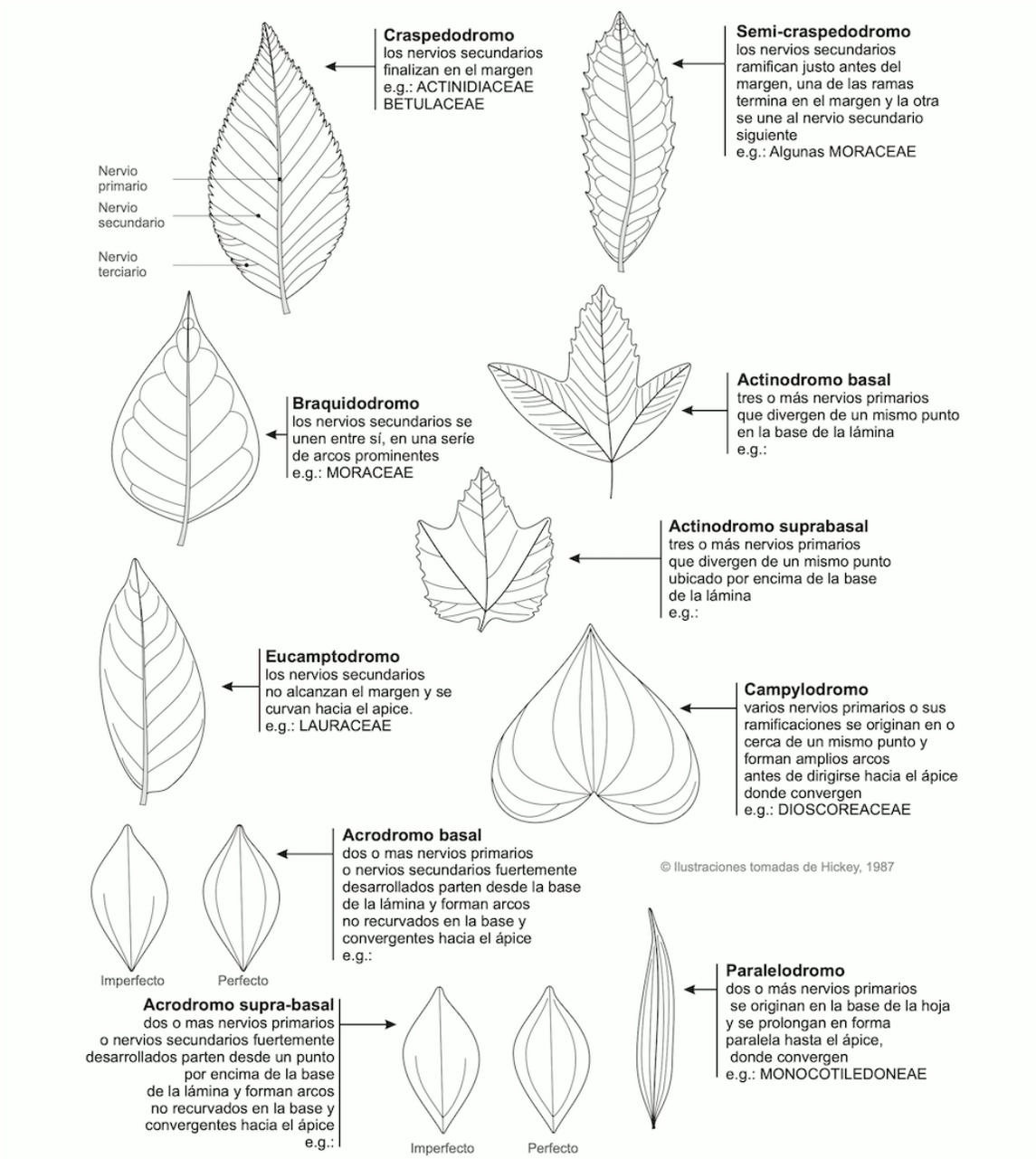


Figura 8.6. Patrones de venación. Tomado de Bonifacino (2011).

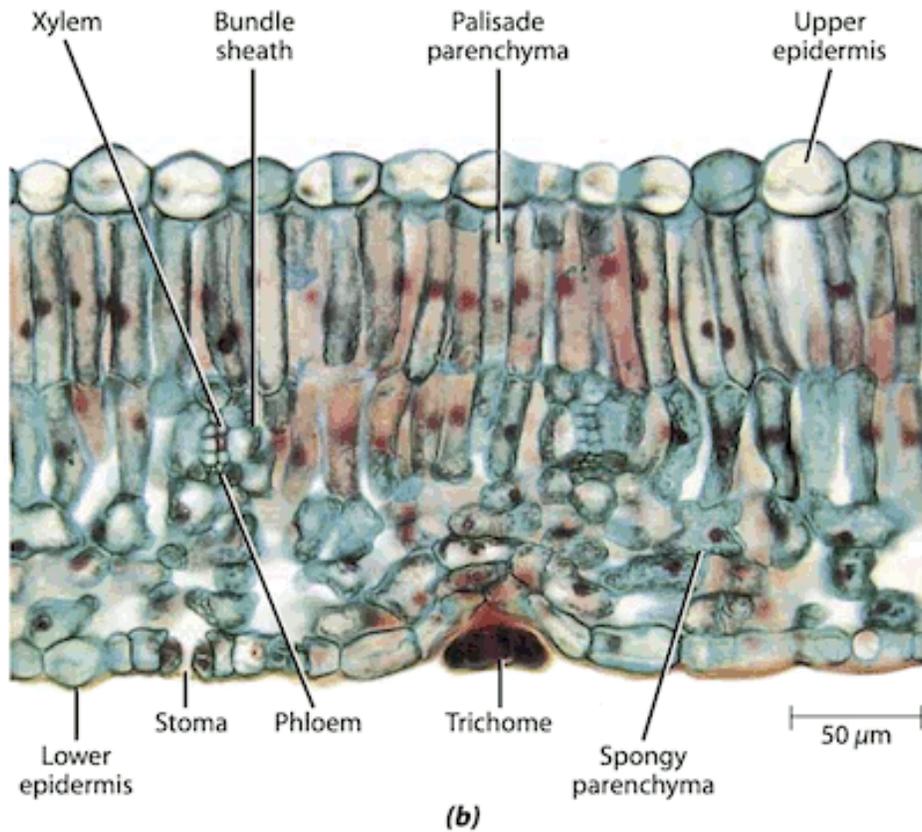
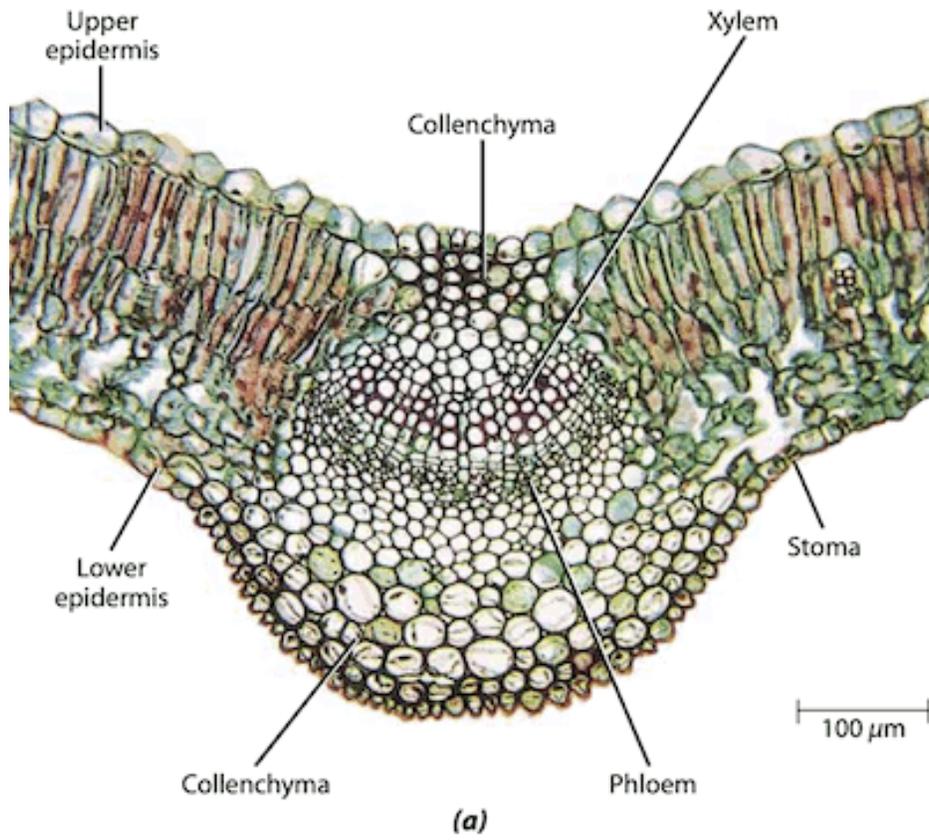


Figura 8.7. Corte transversal de una hoja de Eudicotyledoneae. Tomado de Evert & Eichhorn (2013).

8.3.2 Material vegetal

- Hojas y ramas de diferentes grupos de Angiospermae y Gymnospermae.
- Placas permanentes con cortes de hojas

8.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

8.4.1 Estructura externa de la hoja

- Tome ramas con hojas de diferentes especies, observe e identifique lo siguiente: ápice, base, cara adaxial, cara abaxial, estípulas, lámina, margen, pecíolo, venación, yema axilar.

8.4.2 Estructura interna de la hoja

- Realice cortes transversales de hojas de Angiospermae (Monocotyledoneae y Eudicotyledoneae) y Gymnospermae. Tiña con Safranina y Azul Alcían, observe e identifique diferencia y similitudes, además de las siguientes estructuras: cutícula, epidermis, parénquima en empalizada, parénquima esponjoso y tejido vascular. Identifique el tipo de hoja según su anatomía.

8.4.3 Diversidad foliar

- Observe la mayor cantidad posible de hojas de diferentes especies de Angiospermae y Gymnospermae, realice observaciones comparativas teniendo en cuenta:
 - Ápice: agudo, acuminado, obtuso, etc.
 - Base: aguda, cordada, obtusa, etc.
 - Estípulas: presencia o ausencia.
 - Filotaxia: alterna, opuesta, verticilada, etc.
 - Forma: elíptica, lanceolada, linear, etc.
 - Margen: dentado, entero, serrado, etc.
 - Pecíolo: peciolada, sesil, etc.

- Tipo de hoja: simple o compuesta, si es compuesta indique el tipo exacto.
- Venación: actinodromo, braquidodromo, craspedodromo, etc.
- Modificaciones

9 Flor

9.1 Introducción

La flor es un vástago modificado de crecimiento determinado y está compuesta por hojas modificadas que portan esporangios, también conocidos como **esporófilos**. La flor es una característica distintiva de las Angiospermae y desempeña un papel fundamental en su reproducción sexual. Presenta una amplia variedad morfológica y está compuesta por diferentes partes. Puede existir de forma **solitaria** o agrupada en estructuras llamadas **inflorescencias**. Tanto las flores solitarias como las inflorescencias están unidas al tallo a través de un eje denominado **pedúnculo**, mientras que el **pedicelo** es el eje que une las flores individuales de una inflorescencia al pedúnculo. El **receptáculo** es la parte final y ensanchada del pedúnculo o pedicelo donde se unen las demás estructuras florales. La mayoría de las flores constan de cuatro **verticilos**: dos verticilos estériles, el cáliz y la corola, y dos verticilos fértiles o reproductivos, el androceo y el gineceo.

Al conjunto de cáliz y corola se le conoce como **perianto**. El **cáliz**, que es el verticilo más externo, está compuesto por **sépalos**, los cuales suelen ser verdes y tener forma de hoja. A continuación, se encuentra la **corola**, conformada por los **pétalos**. Los pétalos presentan una amplia variedad de formas y colores, y suelen ser la parte más llamativa de las flores. La **merosidad** se refiere al número de componentes en cada verticilo. Este término puede utilizarse para describir tanto el perianto en su conjunto como el cáliz y la corola individualmente. Se utilizan términos como bímero (verticilo con dos componentes), trímero (verticilo con tres componentes), tetrámero (verticilo con cuatro componentes), pentámero (verticilo con cinco componentes), y así sucesivamente. Cuando no es posible distinguir claramente entre cáliz y corola, o entre sépalos y pétalos, se utiliza el término **perigonio**. En este caso, los componentes que conforman el perigonio se denominan **tépalos**. Tanto los sépalos, pétalos como tépalos pueden estar **libres** unos de otros (aposépalos, apopétalos, apotépalos) o **fusionados** (sinsépalos, simpétalos, sintépalos). En cuanto a la forma del perianto o perigonio, se han descrito varios tipos que corresponden a distintas configuraciones morfológicas.

El **androceo** es el verticilo masculino y está compuesto por los estambres. Los **estambres** son hojas modificadas conocidas como microsporofilas, los cuales portan microesporangios. Existen dos tipos de estambres: los estambres laminados y los **estambres filamentosos**. En la mayoría de las Angiospermas vivas, los estambres son filamentosos, constan de un **filamento** similar a un tallo y una **antera** en la parte apical. La antera generalmente se compone de dos compartimentos llamados **tecas**, los cuales a su vez contienen dos

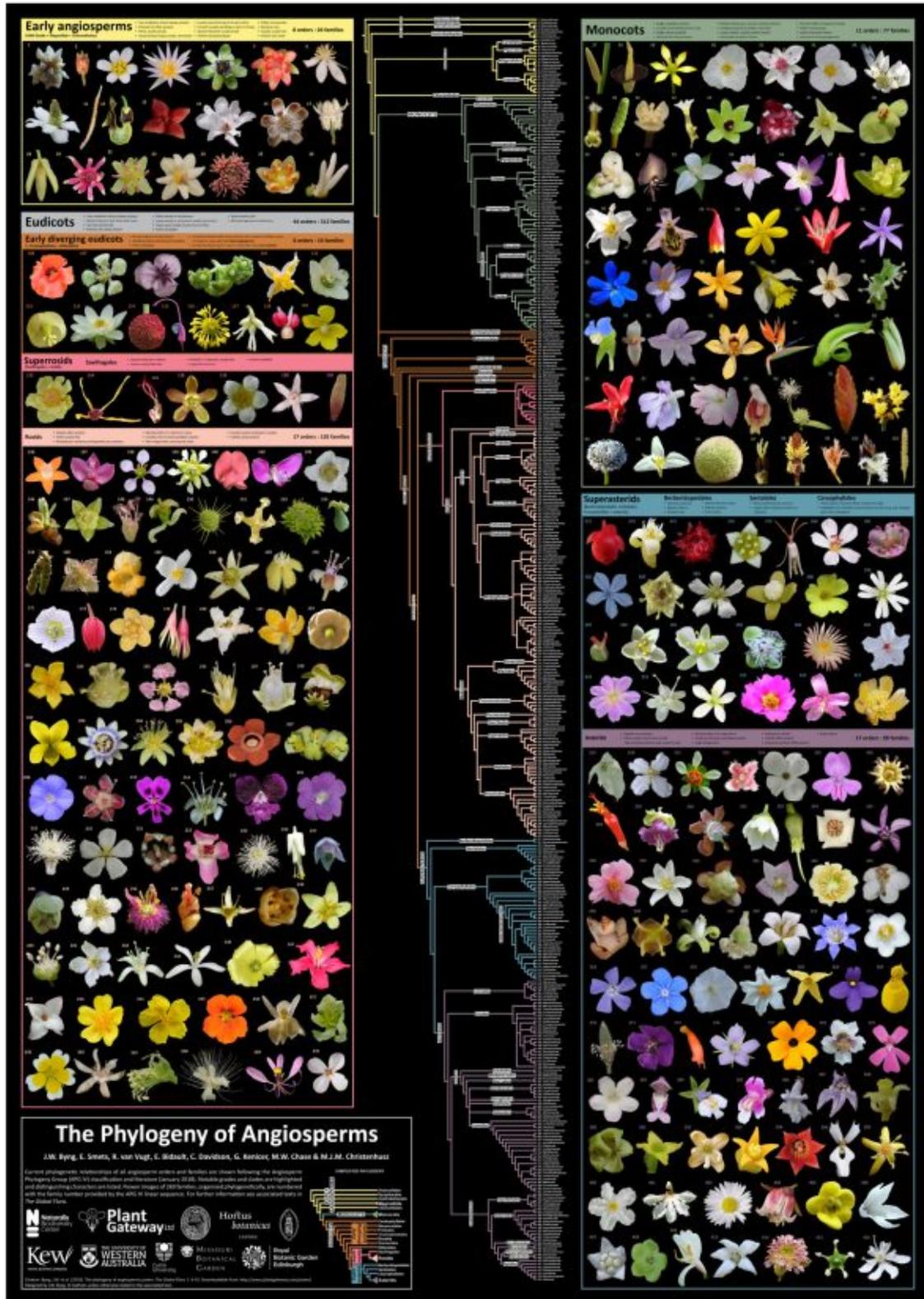


Figura 9.1. Filogenía de Angiospermae según APG IV, resumen visual de la diversidad floral. Tomado de Byng et al. (2018).

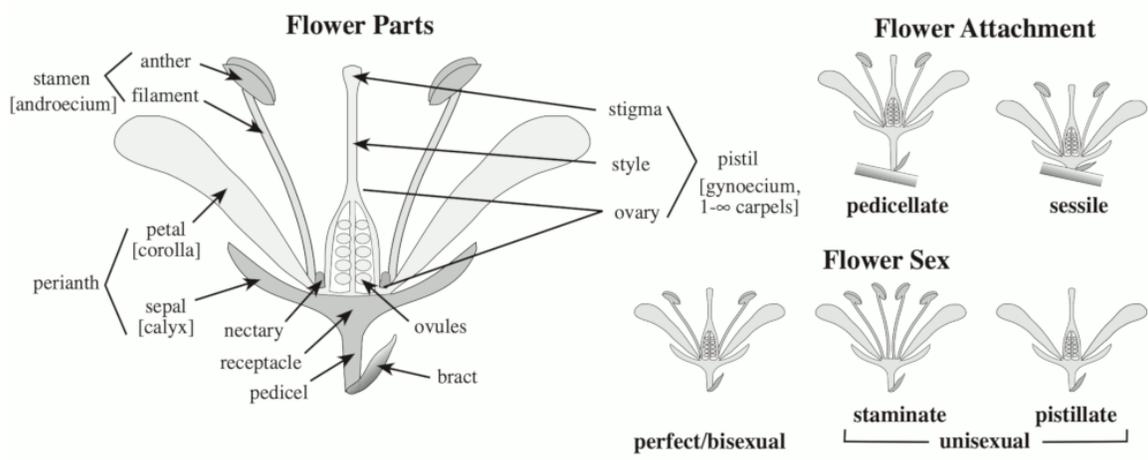


Figura 9.2. Partes de la flor. Sexualidad y formas de unión. Tomado de Simpson (2019).

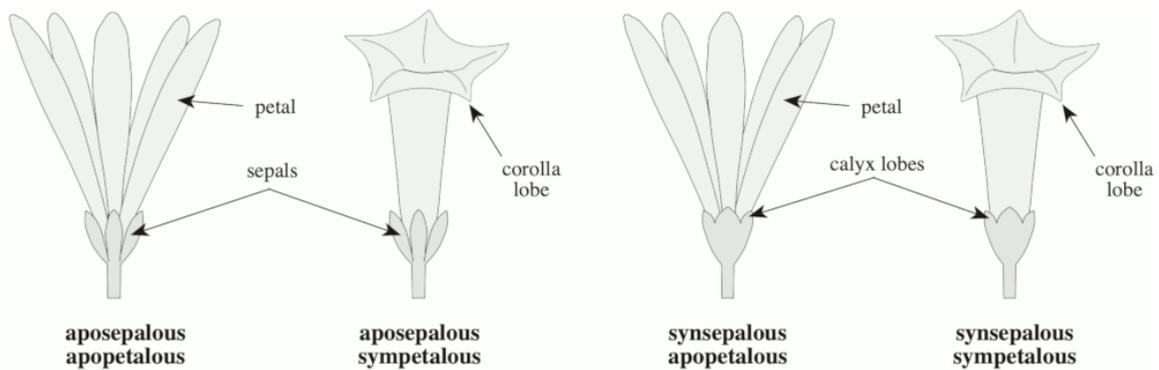


Figura 9.3. Fusión del perianto. Tomado de Simpson (2019).

microsporangios o sacos polínicos. Estos microsporangios son los lugares donde se producen los **granos de polen**, que son los gametofitos masculinos inmaduros de las plantas con semillas. Algunas plantas también pueden presentar estambres estériles llamados **estaminodios**.

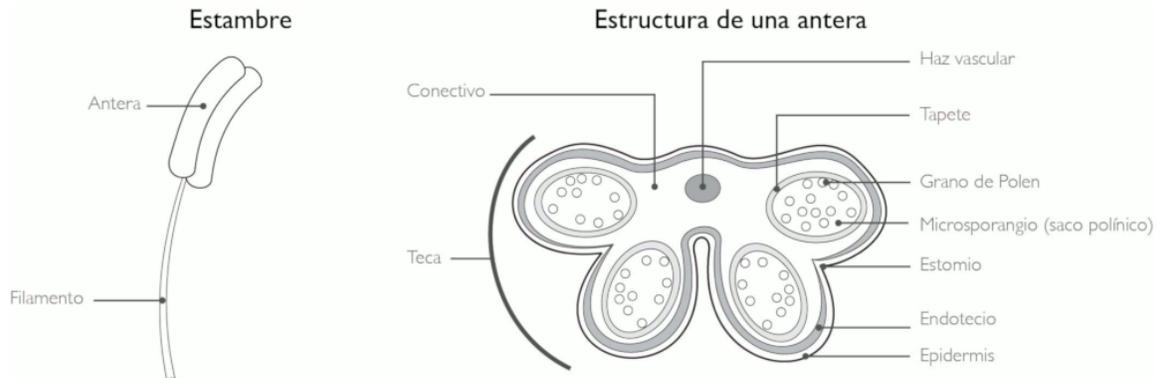


Figura 9.4. Morfología del estambre y estructura de una antera. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

El *gineceo* es el verticilo femenino y desempeña un papel clave en la reproducción de la planta. Está compuesto por los **carpelos**, que son hojas modificadas conocidas como megasporofilos y que portan las megasporas (que en las plantas con semillas son componentes de los **óvulos**). Los carpelos pueden estar fusionados, lo que se conoce como sincárpico, o ser independientes, lo que se conoce como apocárpico. A veces, a un carpelo individual o a un grupo de carpelos fusionados se le denomina pistilo. El **pistilo** se puede distinguir en tres partes: el **ovario**, que se encuentra en la parte basal y alberga los óvulos que se convertirán en las semillas; el **estigma**, que se encuentra en la parte apical y recibe el polen durante la polinización; y el **estilo**, que es la estructura que conecta el estigma con el ovario. En algunas plantas, el estilo puede estar ausente. Los pistilos u ovarios pueden ser **simples**, cuando constan de un solo carpelo, o **compuestos**, cuando constan de dos o más carpelos. Dentro del ovario, la cavidad formada por las paredes del ovario o por los septos dentro del ovario se denomina **lóculo**. El número de lóculos suele estar relacionado con el número de carpelos. La porción del ovario donde se originan los óvulos y a la que permanecen adheridos hasta la madurez se denomina **placenta**. La posición del ovario se refiere a la ubicación del ovario con respecto al perianto y al androceo. El ovario es **supero** cuando el perianto y el androceo se adhieren a la base del ovario. El ovario es **ínfero** cuando el perianto y el androceo se adhieren al ápice del ovario. Si el punto de adhesión se encuentra entre la base y el ápice, se dice que el ovario es **semiínfero**.

La simetría floral se refiere a la presencia y al número de planos de simetría o imágenes especulares que se observan en una flor. La **simetría bilateral** se presenta cuando solo hay un eje de simetría, lo que resulta en una única imagen especular, y a esta flor se le denomina **zigomorfa**. Si existen dos o más ejes de simetría, lo cual genera más de dos imágenes especulares, la **simetría es radial** y la flor se clasifica como **actinomorfa**. Si la flor no presenta ningún eje de simetría, se considera **asimétrica**.

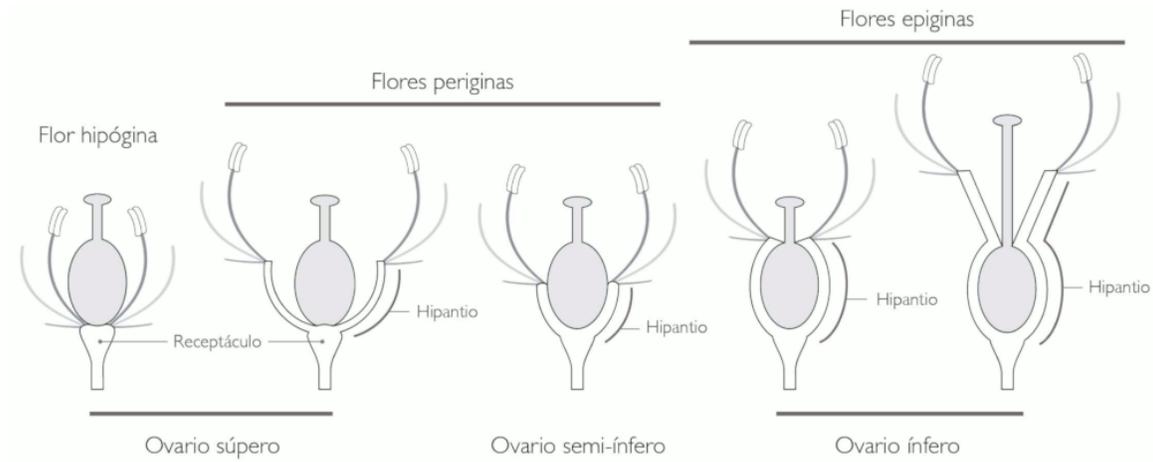


Figura 9.5. Tipos de flores según la posición del ovario. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

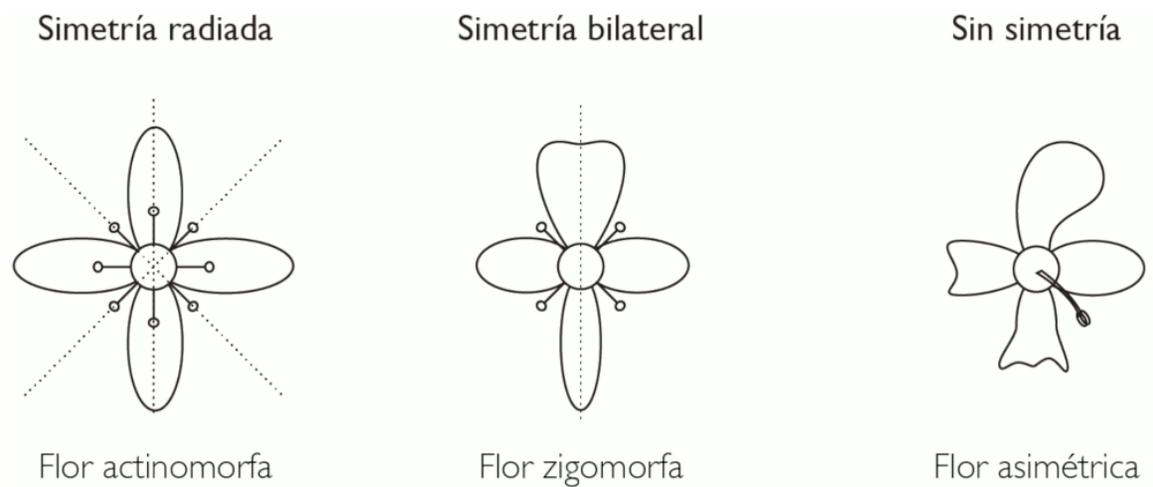


Figura 9.6. Simetría floral. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

Cuando nos referimos al sexo de una flor, estamos hablando de la presencia o ausencia de las partes masculinas o femeninas dentro de ella. Una flor se considera **perfecta o bisexual** si contiene tanto carpelos como estambres. En cambio, una flor se considera **imperfecta o unisexual** si solo tiene uno de estos componentes. Si una flor presenta solo carpelos, se denomina **flor femenina o pistilada**, mientras que si presenta solo estambres, se llama **flor masculina o estaminada**. Por otro lado, cuando hablamos del sexo de las plantas, nos referimos a la presencia y distribución de flores perfectas o imperfectas en los individuos de una especie. Una planta **monoica** tiene flores imperfectas de ambos sexos en el mismo individuo, mientras que una planta **dioica** presenta solo un tipo de flor imperfecta en cada individuo. Por último, una planta **hermafrodita** tiene flores bisexuales en el mismo individuo. Una **flor completa** es aquellas que presentan los cuatro verticilos, mientras que una **flor incompleta** carece de cualquiera de los verticilos. Por lo tanto, una flor imperfecta también es una flor incompleta, pero no todas las flores incompletas son imperfectas.

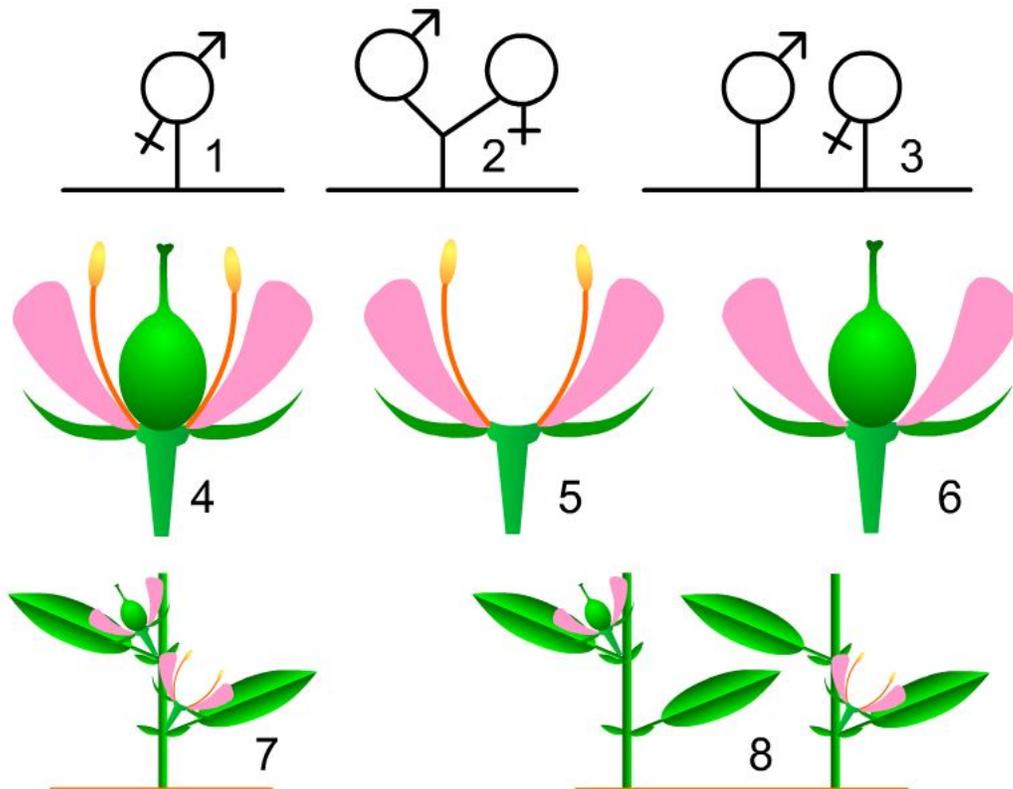


Figura 9.7. Sexualidad de florar y de la planta. 1. Hermafrodita. 2. Monoico. 3. Dioico. 4. Flor hermafrodita. 5. Flor unisexual, estaminada o masculina. 6. Flor unisexual, pistilada o femenina. 7. Planta monoica. 8. Planta dioica. Tomado de Tormo Molina (2021).

Las inflorescencias son agrupaciones de flores en una estructura común. Pueden variar en forma y tamaño, y desempeñan un papel importante en la reproducción de las plantas. Las inflorescencias pueden ser **simples**, donde las flores se agrupan en un solo eje,

o **compuestas**, donde hay varios ejes que contienen flores. Algunos tipos comunes de inflorescencias incluyen las espigas, racimos, umbelas y capítulos. La estructura de una inflorescencia puede ser complicada y requiere un estudio detallado del desarrollo.

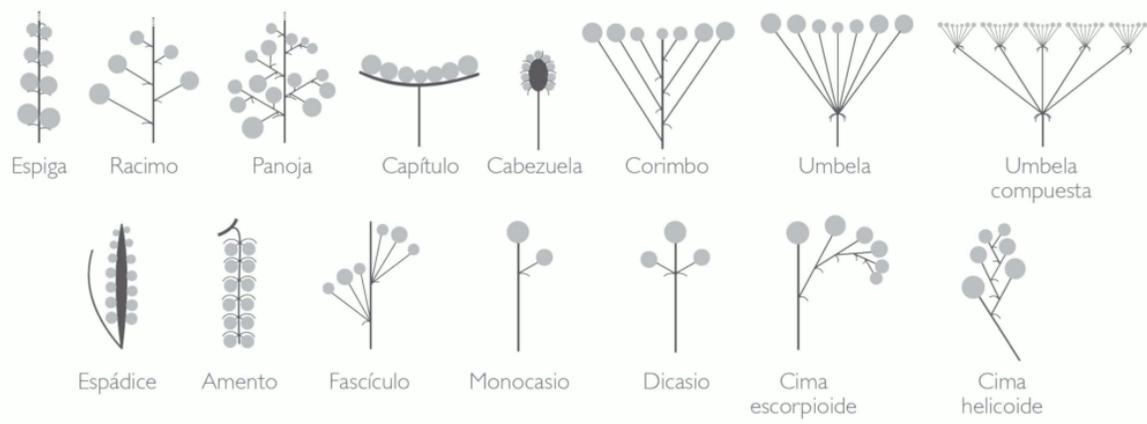


Figura 9.8. Tipos de inflorescencias. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

9.2 Objetivo

- Identificar cada una de las estructuras de una flor y explicar sus adaptaciones e importancia para la reproducción.
- Comprobar la diversidad en la Estructura y distribución de las flores y relacionarlas con su función.

9.3 Materiales

9.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cajas de Petri
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Estereomicroscopio
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Fuscina básica

- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Sacarosa al 10%
- Solución de Safranina

9.3.2 Material vegetal

- Ramas con flores de diferentes especies.
- Ramas con flores de *Calliandra spp.* (Carbonero)
- Ramas con flores de *Crotalaria spp.* (Cascabelito)
- Ramas con flores de *Eucalyptus spp.* (Eucalipto)
- Ramas con flores de *Handroanthus spp.* o *Tabebuia sp.* (Guayacán)
- Ramas con flores de *Helianthus annuus* (Girasol)
- Ramas con flores de *Hemerocallis spp.* (Lirio)
- Ramas con flores de *Hibiscus rosa-sinensis* (San Joaquín)
- Ramas con flores de *Impatiens balsamina* (Besito)
- Ramas con flores de *Mangifera indica* (Mango)
- Ramas con flores de *Nerium oleander* (Adelfa, Azucena de La Habana)
- Ramas con flores de *Salix humboldtiana* (Sauce)
- Ramas con flores de *Tradescantia pallida* (Guardaparque)
- Ramas con flores de *Zea mays* (Maíz)

9.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

9.4.1 Morfología de la flor

- Seleccione una flor de Eudicotyledoneae y Monocotyledoneae, en cada una observe e identifique el pedúnculo y el receptáculo, igualmente identifique cada uno de los verticilos y sus componentes: cáliz (sépalos), corola (pétalos), androceo (estambres), gineceo (carpelos). Con ello, responda las preguntas. ¿Cuántos componentes tiene cada uno de los verticilos? ¿Cuántos carpelos posee el ovario? ¿El ovario es simple o compuesto? ¿La flor unisexual o bisexual? ¿La flor es completa o incompleta? ¿La flor es perfecta o imperfecta? ¿Esta flor pertenece a una especie dioica o monoica? ¿Qué nombre recibe el conjunto de sépalos y pétalos? ¿Qué diferencias y similitudes morfológicas observa entre ambas flores?

9.4.2 Polen

- Seleccione la antera de una flor de Eudicotyledoneae y Monocotyledoneae, separadamente realice un montaje húmedo. Observe en 10x y 40x, posteriormente tiña con Fucsina básica e identifique la unidad polínica, aberturas, estructura, polaridad, simetría, forma y tamaño. ¿Qué diferencias observa en los montaje antes y después de colorear? ¿Qué diferencia hay entre el polen de Eudicotiledóneas y Monocotiledónea?
- Prepare un montaje húmedo de polen de *Impatiens balsamina* o *Tradescantia pallida* en una gota de solución de sacarosa al 10%. Observe en 10X y 40X. Apague la lámpara y observe nuevamente cada cinco minutos. ¿Cuál es la explicación fisiológica de la formación del tubo polínico? ¿Qué parte del polen forma el tubo polínico? ¿Cuál es la función del tubo polínico?

9.4.3 Diversidad en la flor

- Observe la mayor cantidad de flores de plantas de diferente especie y realice observaciones comparativas teniendo en cuenta:
 - Nombre científico
 - Nombre vulgar
 - Verticilos presentes: perianto (cáliz, corola), androceo, gineceo.
 - Número de componentes de cada verticilo: sépalos, pétalos, estambres, carpelos.
 - Flor completa o incompleta
 - Flor perfecta o imperfecta
 - Simetría: actinomorfa, irregular, zigomorfa.
 - Número de carpelos
 - Posición del ovario: ínfero, semi-ínfero, súpero,
 - Sexo de la flor: unisexual, bisexual.
 - Sexo de la especie: dioica, monoica.
 - Flores solitarias o en inflorescencia
 - Tipo de inflorescencia: espiga, capítulo, umbela, etc.

10 Fruto y semilla



Figura 10.1. Variedad de frutos y semillas. Tomado de Ziegler (2006) y Klepnev (2015).

10.1 Introducción

La **semilla** es una estructura formada después de la fecundación del **ovulo**. Está conformada por dos partes principales: el embrión y cubierta seminal. El **embrión** es el esporófito inmaduro originado a partir de la fecundación de la oófera por uno de los núcleos germinativos del polen. La **cubierta seminal** es la capa externa originada a partir de los tegumentos. En Angiospermae, la cubierta seminal se divide en dos capas: testa, la más externa, y el tegmen, la más interna. En las semillas de las Angiospermae también se encuentra el **endospermo**, que se forma a partir de la fecundación de los núcleos polares por el otro de los núcleos germinativos del polen.

Después de la fecundación y con el desarrollo del ovulo en semilla, el ovario o pistilo madura y se convierte en el **fruto**. Durante el desarrollo del fruto, también puede estar implicadas **partes accesorias** como brácteas, ejes florales, perianto, y receptáculo. Además de las semillas, en el fruto encontramos el **pericarpio**, que es la pared del fruto formada a partir de la pared del ovario (los carpelos). El pericarpio se puede dividir en tres capas, de adentro

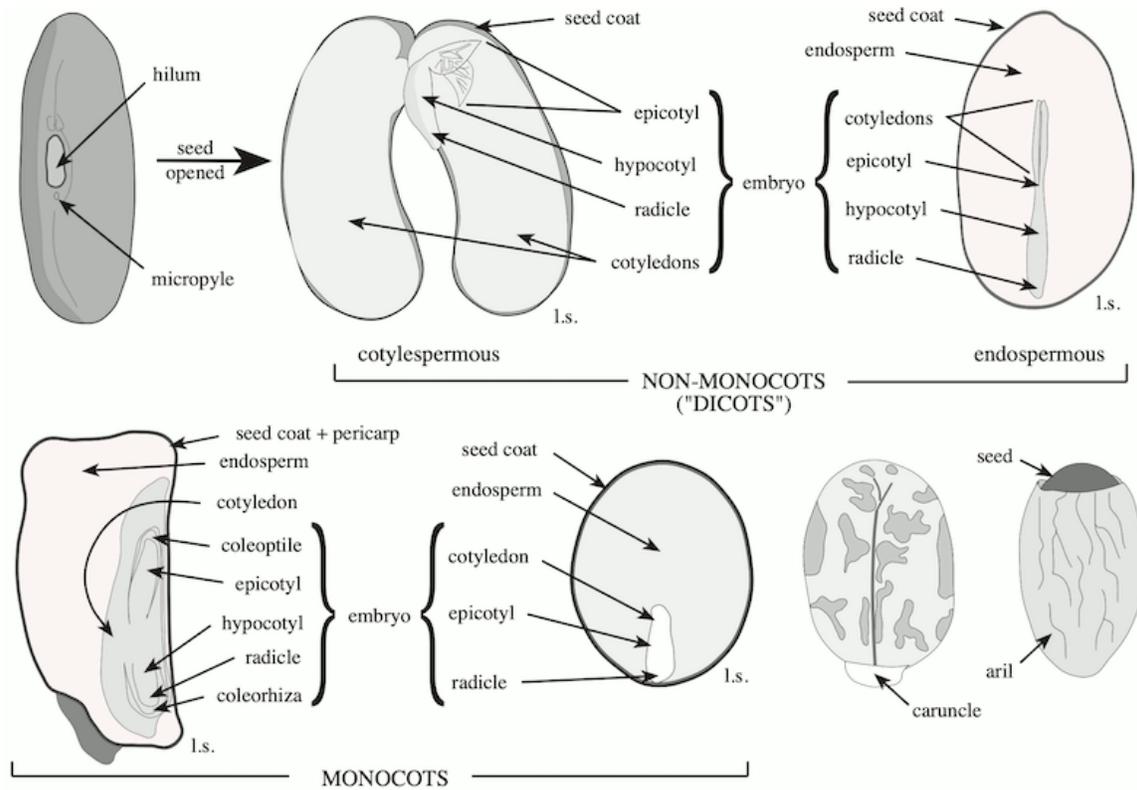


Figura 10.2. La semilla y sus partes. Tomado de Simpson (2019).

hacia afuera, **endocarpio**, **mesocarpio** y **exocarpio**. Sin embargo, en algunos frutos estas capas pueden estar fusionadas, lo cual que dificulta distinguirlas.

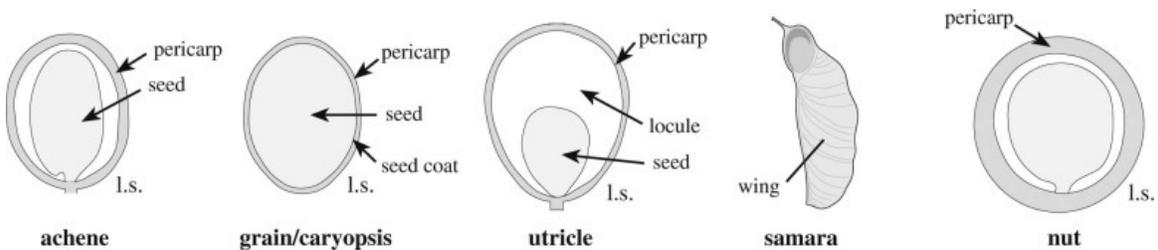


Figura 10.3. Tipos de frutos secos indehiscentes. Tomado de Simpson (2019).

Los frutos se pueden clasificar según su origen. Los **frutos simples** se origina de un solo pistilo de una flor. Los **frutos agregados** se originan de múltiples pistilos de una única flor. Los **frutos múltiples** se forman por la fusión de varias flores, es decir, derivan de una inflorescencia.

Los frutos simples se se pueden clasificar en base a múltiples criterios: si es carnosos (suculento) o seco, si es dehiscente o indehiscente, el tipo de dehiscencia, el número de carpelos y lóculos, número de semillas u óvulos, el tipo de placentación, la estructura del pericarpio, y la posición del ovario. Una clase de frutos simples carnosos y no dehiscentes son los **frutos carnosos** que incluyen la baya, la drupa, el herperidio, el pepónoide y el pomo. Por

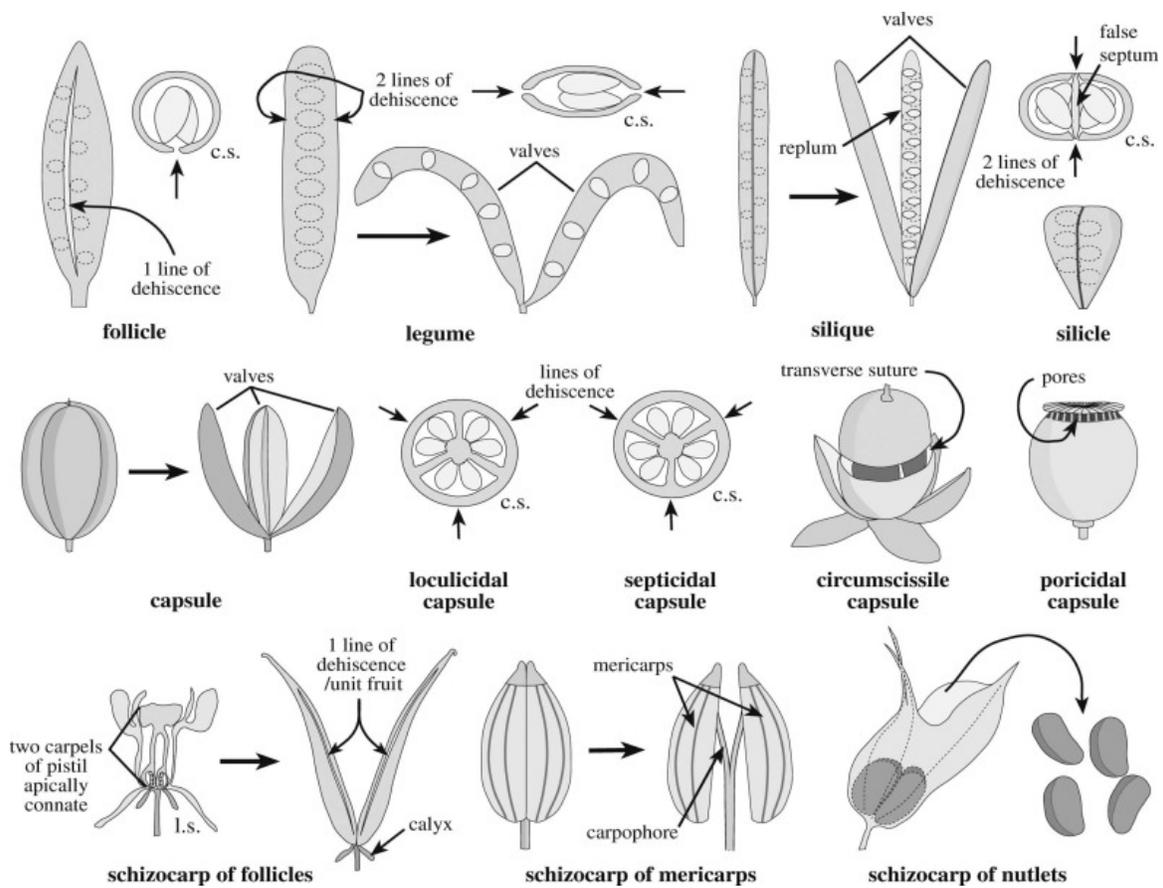


Figura 10.4. Tipos de frutos secos dehiscentes. Tomado de Simpson (2019).

otro lado, los **frutos secos indehiscentes** son una clase de frutos simples, secos y que no presentan dehiscencia, y pueden ser el aquenio, el antocarpio, la cariopsis, la núcula, la nuez, la sámara, el trima, el útriculo. Asimismo, existen los **frutos secos dehiscentes**, que son frutos simples, secos y que presentan dehiscencia, como la cápsula, el folículo, la legumbre y la silícula.

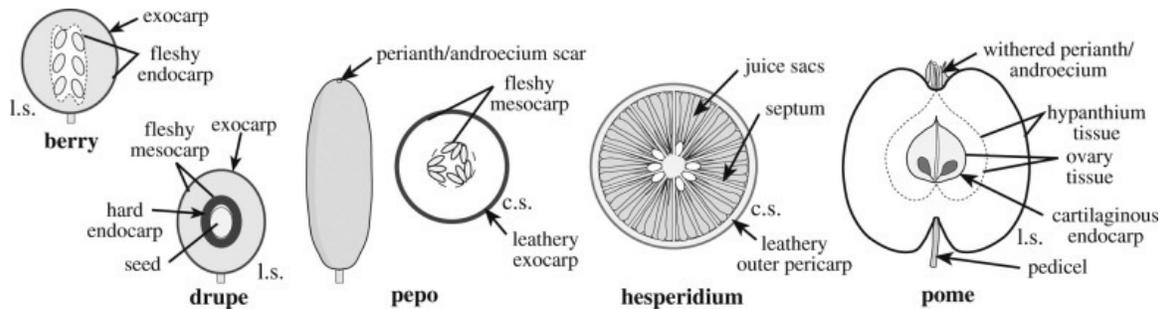


Figura 10.5. Tipos de frutos carnosos. Tomado de Simpson (2019).

En frutos agregados o múltiples, se denomina **unidad del fruto** a cada componente derivado de un pistilo individual. Los frutos agregados se indican como “fruto agregado de...” cada unidad del fruto. Así, un **poliaquenio** es un fruto agregado de aquenios. Otros ejemplos de frutos agregados encontramos la **polidrupa**, el **plurifolículo**. Los frutos múltiples se indican como “fruto múltiple de...” cada unidad del fruto. Algunos frutos múltiples con nombres propios son el **bur**, el **sicono** y la **sorosis**.

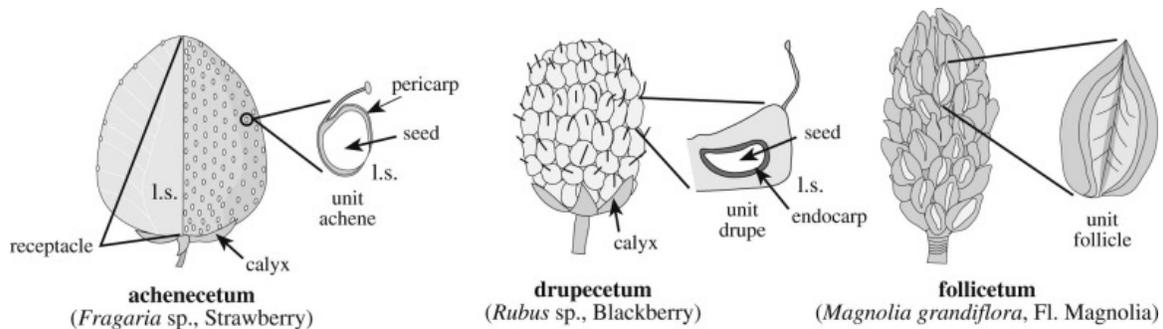


Figura 10.6. Tipos de frutos agregados. Tomado de Simpson (2019).

10.2 Objetivo

- Introducir al estudiante en los aspectos morfológicos, anatómicos y estructurales relacionados con los frutos e infrutescencias encontrados en plantas.
- Adquirir criterios sobre el desarrollo ontogenético del fruto y de la semilla.
- Caracterizar la diversidad morfológica y anatómica de los frutos simples, agregados y frutos múltiples.

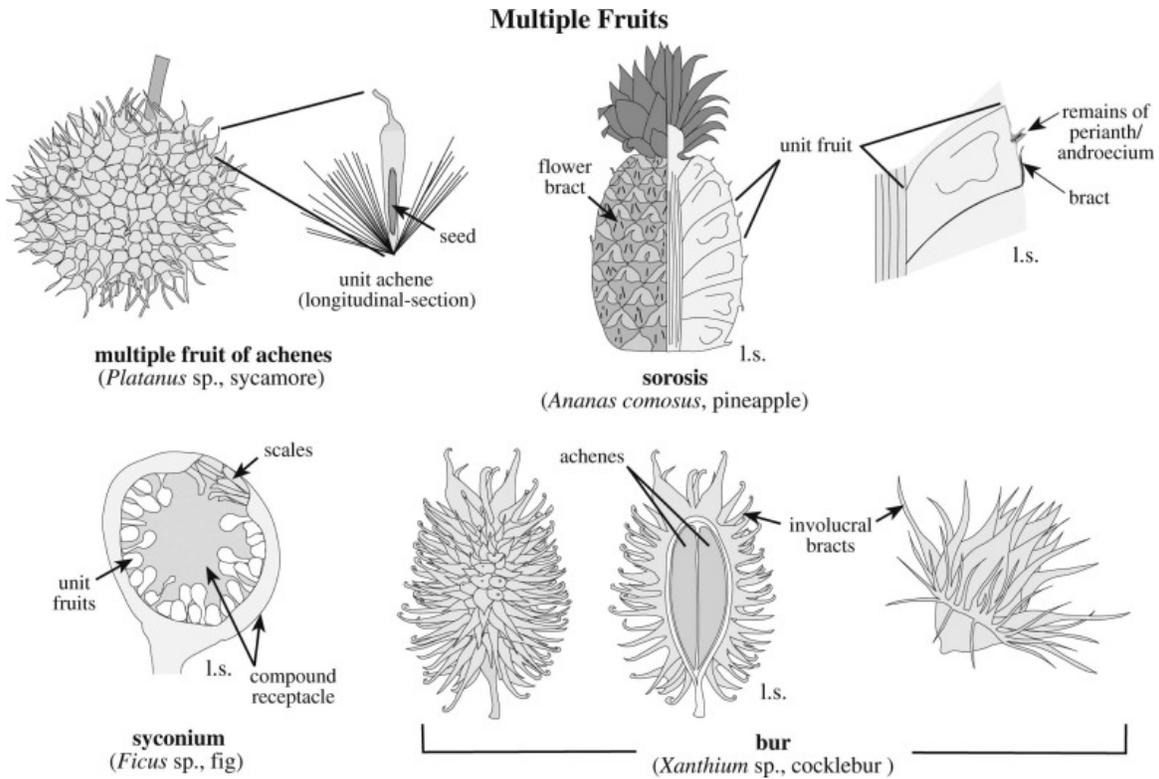


Figura 10.7. Tipos de frutos multiples. Tomado de Simpson (2019).

- Identifique las estructuras originadas del ovario y aquellas originadas de tejidos accesorios.
- Asocie la importancia de los frutos en los procesos de dispersión de semillas.

10.3 Materiales

10.3.1 Reactivos y utensilios

- Agujas de disección
- Cajas de Petri
- Cubreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Estereomicroscopio
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcían
- Solución de Glicerol al 30%

- Solución de Lugol
- Solución de Safranina
- Solución Sudan III o Sudan negro

10.3.2 Material vegetal

- Frutos de *Ananas comosus* (Piña)
- Frutos de *Carica papaya* (Papaya)
- Frutos de *Citrus × aurantium* (Naranja)
- Frutos de *Coriandrum sativum* (Cilantro)
- Frutos de *Cucumis sativus* (Pepino cohombro)
- Frutos de *Ficus carica* (Breva)
- Frutos de *Fragaria spp.* (Fresa)
- Frutos de *Fraxinus uhdei* (Urapán)
- Frutos de *Helianthus annuus* (Girasol)
- Frutos de *Malus domestica* (Manzana)
- Frutos de *Mangifera indica* (Mango)
- Frutos de *Musa × paradisiaca* (Banano)
- Frutos de *Persea americana* (Aguacate)
- Frutos de *Pisum sativum* (Arveja)
- Frutos de *Prunus persica* (Durazno)
- Frutos de *Pyrus communis* (Pera)
- Frutos de *Quercus humboldtiana* (Roble)
- Frutos de *Ricinus communis* (Higuerilla)
- Frutos de *Rubus glaucus* (Mora)
- Frutos de *Sinapis alba* (Mostaza)
- Frutos de *Solanum lycopersicum* (Tomate)
- Frutos de *Zea mays* (Maíz)
- Frutos de otras plantas
- Semillas hidratadas de *Phaseolus vulgaris* (Frijol)
- Semillas hidratadas de *Zea mays* (Maíz)
- Semillas hidratadas de otras plantas

10.4 Procedimiento

Se ha de realizar un registro detallado de todo lo observado, así como responder las preguntas orientadoras. No olvide revisar la guía. El no conocer el material vegetal, no es una excusa válida para no llevarlo al laboratorio. Revise en la red, para observación de fotografías y nombres oficiales de las plantas en páginas especializadas. Muchos ejemplares solicitados para el laboratorio se encuentran en el campus universitario, en parques y jardines de la ciudad y/o en herboristerías, supermercados y viveros.

10.4.1 Reconocimiento de frutos simples

- Tome cada uno de los frutos simples, realice observaciones comparativas y determine el tipo de fruto simple.
- Realice cortes transversales y longitudinales de cada fruto de los frutos simples. Observe e identifique: el número de carpelos y de lóculos, el pericarpio y las semillas.

10.4.2 Reconocimiento de frutos agregados

- Tome el fruto de *Fragaria sp.*, *Magnolia sp.*, *Rubus glaucus* y cualquier otro fruto agregado. Realice cortes transversales y longitudinales de los frutos, observe e identifique: cada una de las unidades del fruto y determine el tipo de fruto agregado.

10.4.3 Reconocimiento de frutos múltiples

- Tome el fruto de *Ananas comosus* y *Ficus carica* y cualquier otro fruto múltiple. Realice cortes transversales y longitudinales de los frutos, observe e identifique cada una de las unidades del fruto y determine el tipo de fruto múltiple. Intente identificar cualquier estructura floral o extra floral asociada.

10.4.4 Sustancias de reserva asociadas a los frutos

- Realice cortes transversales del mesocarpio del fruto de *Malus domestica*, *Musa × paradisiaca*, *Prunus persica*, *Pyrus communis*, *Solanum lycopersicum* y cualquier otra planta disponible. Tiña separadamente con Lugol y Sudan III o Sudan negro. ¿Qué sustancia se detecta en cada caso?

10.4.5 Anatomía de la semilla

- Realice cortes transversales y longitudinales de semillas hidratadas de *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays* y cualquier otra planta disponible. Observe e identifique: el embrión, el endospermo, la cubierta seminal (testa y tegmen).

Recursos

- [Angiosperm Phylogeny Website](#)
- [Atlas de histología vegetal y animal](#)
- [Biología de Plantas de Miguel Ángel Gamboa Gaitan](#)
- [Catálogo de árboles urbanos en Colombia](#)
- [Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia, Colombia](#)
- [Catálogo de plantas y líquenes de Colombia](#)
- [Catálogo ilustrado de la flora de los páramos del Departamento de Antioquia, Colombia](#)
- [Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá](#)
- [Colecciones científicas en línea del ICN](#)
- [Curso de Botánica FAGRO](#)
- [Glossary for Vascular Plants](#)
- [Herbario Universidad de Antioquia \(HUA\)](#)
- [Hipertextos de Morfología de Plantas Vasculares: Botánica Morfológica](#)
- [Laboratorio de Sistemática de Plantas Vasculares](#)
- [Oxford Plants 400](#)
- [Plantas y Hongos](#)
- [Plants of the World Online \(POWO\)](#)
- [Sistema de Árbol Urbano de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburra](#)
- [The Open Science Laboratory - A-Level Virtual microscopy](#)
- [Tropicos](#)

Referencias

- Bonifacino, J. M. (2011). *Introducción a la morfología de Angiospermas*. <https://www.thecompositaehut.com>
- Bonifacino, J. M., Speroni, G., González, A., González, S., Souza, M., Trujillo, C., Valtierra, V., & Piastrini Lombardo, S. (2021). *Guía de Botánica 2021*. http://fagro2.fagro.edu.uy/~bioveg/downloads/botanica_2021.pdf
- Bowes, B. G., & Mauseth, J. D. (2013). *Plant Structure* (2.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15143>
- Bowles, A. M. C., Williamson, C. J., Williams, T. A., Lenton, T. M., & Donoghue, P. C. J. (2023). The origin and early evolution of plants. *Trends in Plant Science*, 28(3), 312-329. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.09.009>
- Byng, J. W., Smets, E. F., Vugt, R. van, Bidault, E., Davidson, C., Kenicer, G., Chase, M. W., & Christenhusz, M. J. (2018). The phylogeny of angiosperms poster: a visual summary of APG IV family relationships and floral diversity. *The Global Flora*, 4(7), 1-4.
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>
- Christenhusz, M. J. M., & Chase, M. W. (2014). Trends and concepts in fern classification. *Annals of Botany*, 113(4), 571-594. <https://doi.org/10.1093/aob/mct299>
- Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., & Chase, M. W. (2017). *Plants of the world: an illustrated encyclopedia of vascular plants*. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew ; The University of Chicago Press.
- Dávila Villamizar, R., & Moncada Cárdenas, L. B. (2003). *Célula Vegetal: una guía práctica* (1.^a ed.). Editorial Dávila & Dávila.
- Dickison, W. C. (2000). *Integrative Plant Anatomy*. Academic Press.
- Evert, R. F. (2006). *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development* (Third Edition). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0470047380>
- Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2013). *Raven Biology of Plants* (Eighth edition). W.H. Freeman; Company Publishers.
- Font Quer, P. (2001). *Diccionario de botánica* (2.^a ed.). Ediciones Península.
- Fringedakis, E., Shimamura, M., Villarreal, J. C., Li, F.-W., Tomaselli, M., Waller, M., Sakakibara, K., Renzaglia, K. S., & Szövényi, P. (2021). The hornworts: morphology, evolution and development. *New Phytologist*, 229(2), 735-754. <https://doi.org/10.1111/nph.16874>
- Gitzendanner, M. A., Soltis, P. S., Wong, G. K.-S., Ruhfel, B. R., & Soltis, D. E. (2018). Plastid phylogenomic analysis of green plants: A billion years of evolutionary history. *American Journal of Botany*, 105(3), 291-301. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1048>

- Graham, L. E., Graham, J., & Wilcox, L. W. (2013). *Plant Biology: Pearson New International Edition*. Pearson Education Limited. <https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/plant-biology-pearson-new-international-edition/P200000004328/9781292053257>
- Jones, R. L., Ougham, H., Thomas, H., & Waaland, S. (2012). *The Molecular Life of Plants*. John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/The+Molecular+Life+of+Plants-p-9781118315989>
- Jose, S. B., Wu, C.-H., & Kamoun, S. (2019). Overcoming plant blindness in science, education, and society. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 1(3), 169-172. <https://doi.org/10.1002/ppp3.51>
- Mauseth, J. D. (2016). *Botany: An Introduction to Plant Biology* (6.^a ed.). Jones & Bartlett Learning. <https://books.google.com.co/books?id=0oWkDAAAQBAJ>
- Megías Pacheco, M., Molist García, P., & Pombal Diego, M. Á. (2017). *Atlas de histología vegetal y animal*. <https://mmegias.webs.uvigo.es/>
- Nabors, M. W. (2006). *Introducción a la Botánica*. Pearson Educación, S.A.
- One Thousand Plant Transcriptomes Initiative, Leebens-Mack, J. H., Barker, M. S., Carpenter, E. J., Deyholos, M. K., Gitzendanner, M. A., Graham, S. W., Grosse, I., Li, Z., Melkonian, M., Mirarab, S., Porsch, M., Quint, M., Rensing, S. A., Soltis, D. E., Soltis, P. S., Stevenson, D. W., Ullrich, K. K., Wickett, N. J., ... Wong, G. K.-S. (2019). One thousand plant transcriptomes and the phylogenomics of green plants. *Nature*, 574(7780), 679-685. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1693-2>
- Paniagua, R., Nistal, M., Sesma, P., Álvarez-Uría, M., Fraile, B., Anadón, R., & Sáez, F. J. (2007). *Citología e histología vegetal y animal* (4.^a ed.). McGraw-Hill.
- Pendarvis, M. P., & Crawley, J. L. (2018). *Exploring Biology in the Laboratory* (3.^a ed.). Morton Publishing Company. <https://www.morton-pub.com/product/exploring-biology-in-the-laboratory-3e/>
- Pérez-García, B., & Mendoza, A. (2002). Morfología vegetal neotropical. *Revista de Biología Tropical*, 50(3-4), 893-902. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-77442002000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- PPG I. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6), 563-603. <https://doi.org/10.1111/jse.12229>
- Puttick, M. N., Morris, J. L., Williams, T. A., Cox, C. J., Edwards, D., Kenrick, P., Pressel, S., Wellman, C. H., Schneider, H., Pisani, D., & Donoghue, P. C. J. (2018). The Interrelationships of Land Plants and the Nature of the Ancestral Embryophyte. *Current Biology*, 28(5), 733-745.e2. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.063>
- Schweingruber, F. H., Börner, A., & Schulze, E.-D. (2006). *Atlas of woody plant stems: evolution, structure, and environmental modifications* (1.^a ed.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-32525-5>
- Schweingruber, F. H., Börner, A., & Schulze, E.-D. (2011). *Atlas of Stem Anatomy in Herbs, Shrubs and Trees: Volume 1* (1.^a ed., Vol. 1). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11638-4>
- Schweingruber, F. H., Börner, A., & Schulze, E.-D. (2013). *Atlas of Stem Anatomy in Herbs, Shrubs and Trees: Volume 2* (1.^a ed., Vol. 2). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20435-7>
- Simpson, M. G. (2019). *Plant systematics* (Third edition). Academic Press, an imprint of

Elsevier.

Singh, G. (2019). *Plant systematics: an integrated approach* (4.^a ed.). CRC Press. <https://www.routledge.com/Plant-Systematics-An-Integrated-Approach-Fourth-Edition/Singh/p/book/9780367779665>

The Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

Tormo Molina, R. (2021). *Plantas y Hongos*. <https://www.plantasyhongos.es/>