

Biología de las Plantas: Manual de Laboratorio

Fernando Alveiro Alzate Guarin

Felipe Alfonso Cardona Naranjo

Álex Espinosa Correa

2023-03-29

Tabla de contenidos

Introducción	2
Licencia	2
I Laboratorios	3
1 Recorrido	4
1.1 Introducción	4
1.2 Objetivo	5
1.3 Procedimiento	5
1.3.1 Hábitos de crecimiento en plantas	5
1.3.2 Morfología foliar, tallos y raíces	6
1.3.3 Morfología de flores y frutos	6
1.3.4 Modificaciones morfológicas	9
2 Citología	10
2.1 Introducción	10
2.2 Objetivo	11
2.3 Materiales	11
2.3.1 Reactivos y utensilios	11
2.3.2 Material vegetal	11
2.4 Procedimiento	12
2.4.1 Identificación de Lignina	12
2.4.2 Reconocimiento de sustancias lipídicas	12
2.4.3 Estructura, Formas, diversidad e inclusiones citoplasmáticas	12
3 Histología I	18
3.1 Introducción	18
3.2 Objetivo	19
3.3 Materiales	19
3.3.1 Reactivos y utensilios	19
3.3.2 Material vegetal	19
3.4 Procedimiento	20
3.4.1 Meristemos apicales y laterales	20
3.4.2 Epidermis monoestratificada y pluriestratificada	20
3.4.3 Estomas y patrones estomáticos	20
3.4.4 Revestimientos pilosos o tricomas	21
3.4.5 Observación del tejido parenquimático	21

4 Histología II	22
4.1 Introducción	22
4.2 Objetivo	23
4.3 Materiales	25
4.3.1 Reactivos y utensilios	25
4.3.2 Material vegetal	25
4.4 Procedimiento	25
4.4.1 Observación del tejido colenquimático	26
4.4.2 Observación del tejido esclerenquimático	26
4.4.3 Observación de xilema y floema	27
4.4.4 Tipos de haces vasculares	28
5 Diversidad	30
5.1 Introducción	30
5.2 Objetivo	36
5.3 Materiales	36
5.3.1 Reactivos y utensilios	36
5.3.2 Material vegetal	36
5.4 Procedimiento	37
5.4.1 Anthocerophyta	37
5.4.2 Marchantiophyta	37
5.4.3 Bryophyta	37
5.4.4 Lycopodiophyta	41
5.4.5 Moniliophyta	42
5.4.6 Gymnospermae	43
5.4.7 Angiospermae	43
6 Raíz	44
6.1 Introducción	44
6.2 Objetivo	44
6.3 Materiales	45
6.3.1 Reactivos y utensilios	45
6.3.2 Material vegetal	45
6.4 Procedimiento	45
6.4.1 Sistemas de raíces y raíces modificadas	45
6.4.2 Estructura externa de la raíz de una raíz pivotante	45
6.4.3 Estructura interna de la raíz de una planta Eudicotiledónea	46
6.4.4 Estructura interna de la raíz de una planta Monocotiledónea.	46
6.4.5 Origen de la raíz lateral	46
6.4.6 Cuerpo secundario de la raíz de una planta leñosa.	46
6.4.7 Observación de raíz de Zanahoria	46
7 Tallo	47
7.1 Introducción	47
7.2 Objetivo	47
7.3 Materiales	47
7.3.1 Reactivos y utensilios	47
7.3.2 Material vegetal	48
7.4 Procedimiento	48
7.4.1 Estructura interna del cuerpo secundario de plantas leñosas	48
7.4.2 Estudio macroscópico del tallo con crecimiento secundario	48

7.4.3 Estructura interna del xilema secundario del tallo	48
7.4.4 Tallos anómalos	49
8 Hoja	50
8.1 Introducción	50
8.2 Objetivo	50
8.3 Materiales	50
8.3.1 Reactivos y utensilios	50
8.3.2 Material vegetal	50
8.4 Procedimiento	51
8.4.1 Morfología externa de una hoja	51
8.4.2 Morfología Externa de una Hoja de Monocotiledónea	51
8.4.3 Estructura Interna de la Hoja	51
8.4.4 Diversidad en las Hojas	51
9 Flor	52
9.1 Introducción	52
9.2 Objetivo	52
9.3 Materiales	52
9.3.1 Reactivos y utensilios	52
9.3.2 Material vegetal	53
9.4 Procedimiento	53
9.4.1 Morfología comparativa de flores de Eudicotiledóneas y Monocotiledónea	53
9.4.2 Diversidad en la flor	53
9.4.3 El polen	54
10 Fruto y semilla	55
10.1 Introducción	55
10.2 Objetivo	55
10.3 Materiales	56
10.3.1 Reactivos y utensilios	56
10.3.2 Material vegetal	56
10.4 Procedimiento	56
10.4.1 Reconocimiento de frutos simples	57
10.4.2 Reconocimiento de frutos agregados	57
10.4.3 Reconocimiento de frutos múltiples	57
10.4.4 Sustancias de reserva asociadas a los frutos	57
Recursos	58
Referencias	59

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.

Licencia

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Parte I

Laboratorios

Capítulo 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.

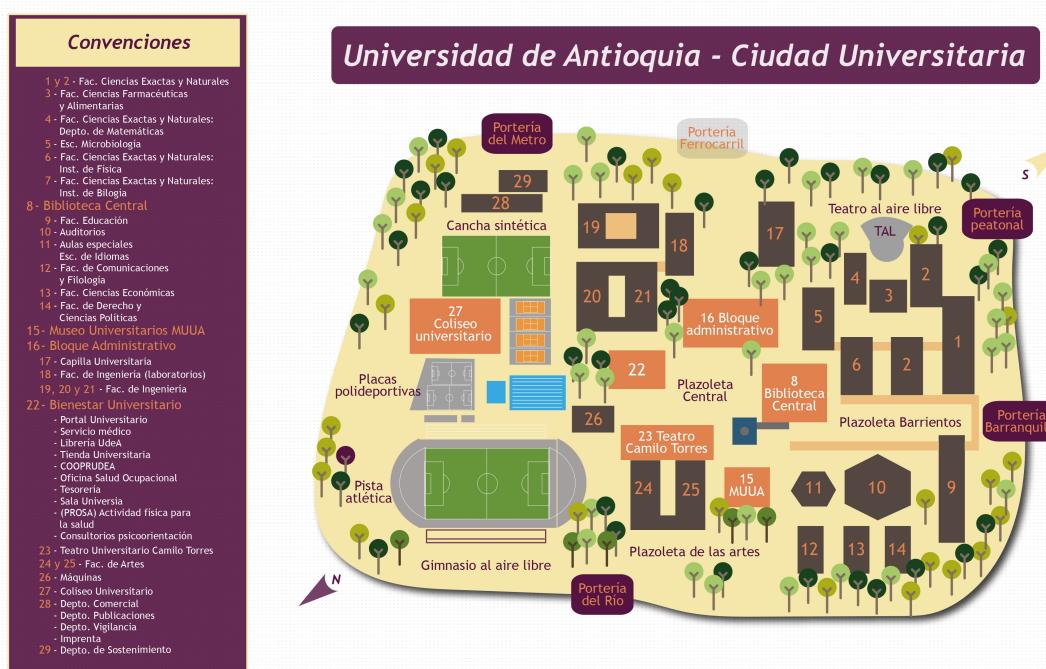


Figura 1.2: Mapa de la Ciudad Universitaria de Medellín de la Universidad de Antioquia. Tomado de [UdeA](#).

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** 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

HABITO

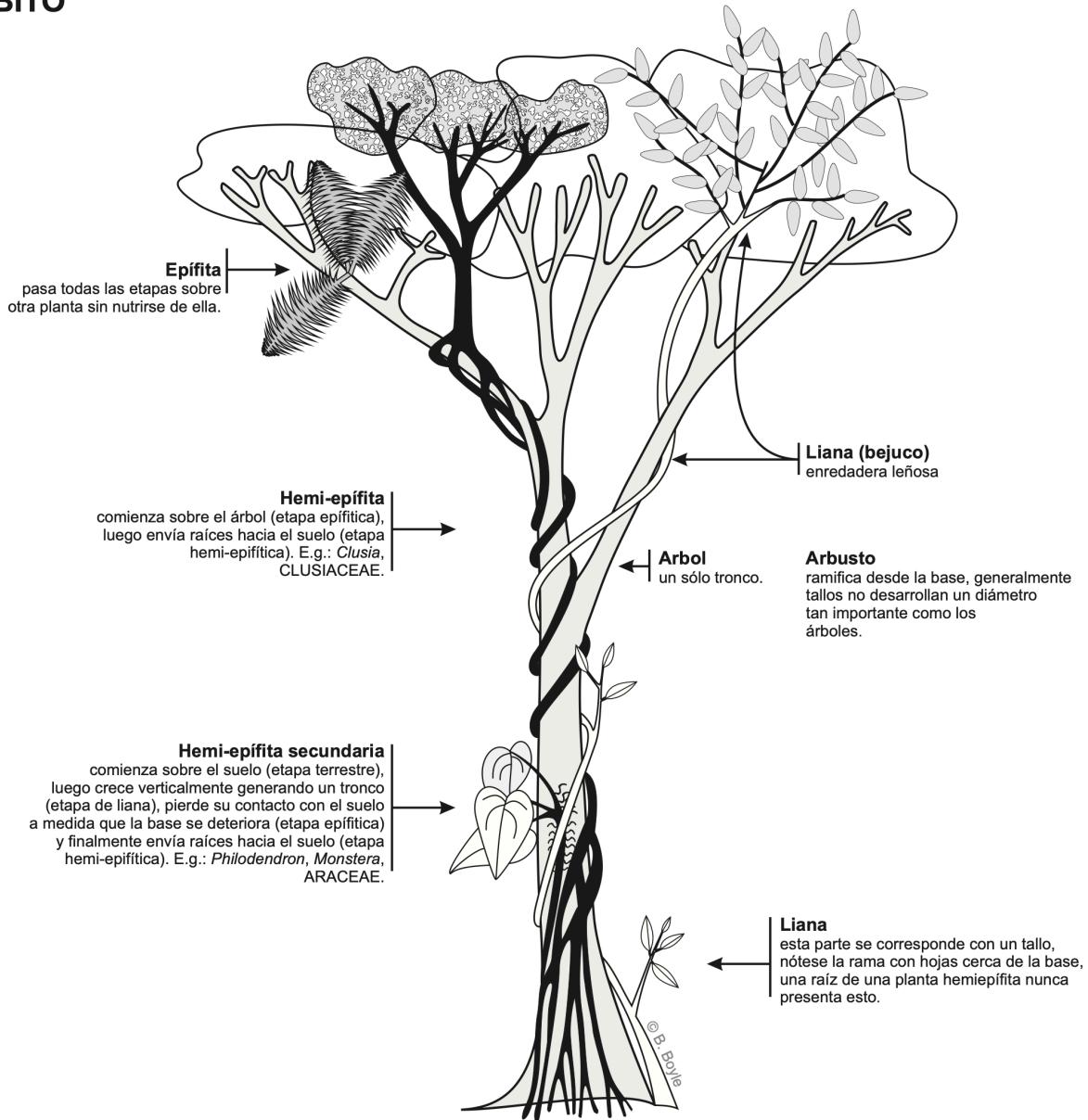


Figura 1.3: Habito de las plantas terrestres. Tomado de Bonifacino (2011)

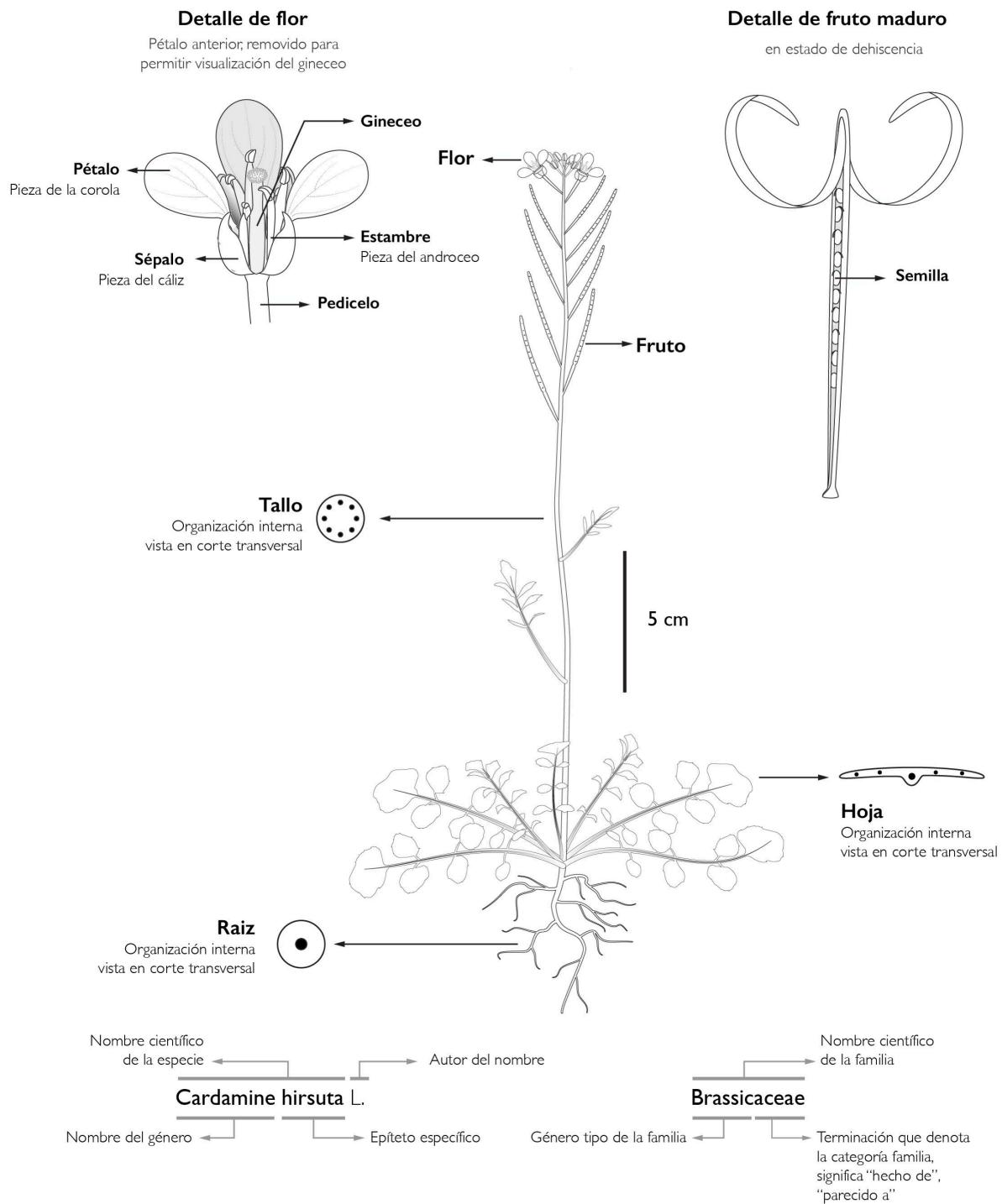


Figura 1.4: Morfología básica de una plantas y generalidades del nombre científico. Tomado de Bonifacino et al. (2021).

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 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.

Capítulo 2

Citología

2.1 Introducción

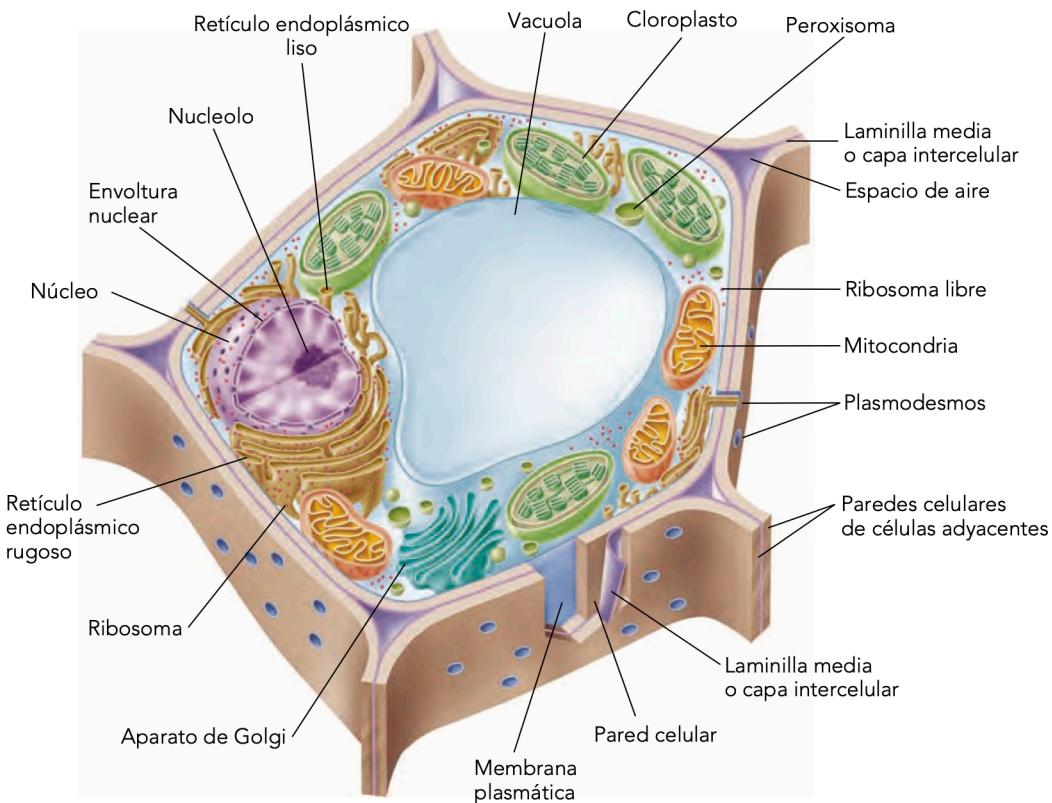


Figura 2.1: Representación de una célula vegetal. Tomado de Nabors (2006).

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 Alcián
- 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.

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 Alcián, 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 observar la presencia de una capa acelular de color rojizo o naranja que corresponde a la cutícula constituida principalmente de cutina. ¿Cuál es la función de las sustancias y estructuras identificadas en esta sección del Laboratorio?

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). Enfoque el objetivo de 10x y concentre su observación en las prolongaciones laterales que se disponen a manera de cadena. Estas estructuras se denominan tricomas. Observe con objetivo 40X e identifique las siguientes estructuras: pared celular, vacuola, núcleo y citoplasma.
- 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

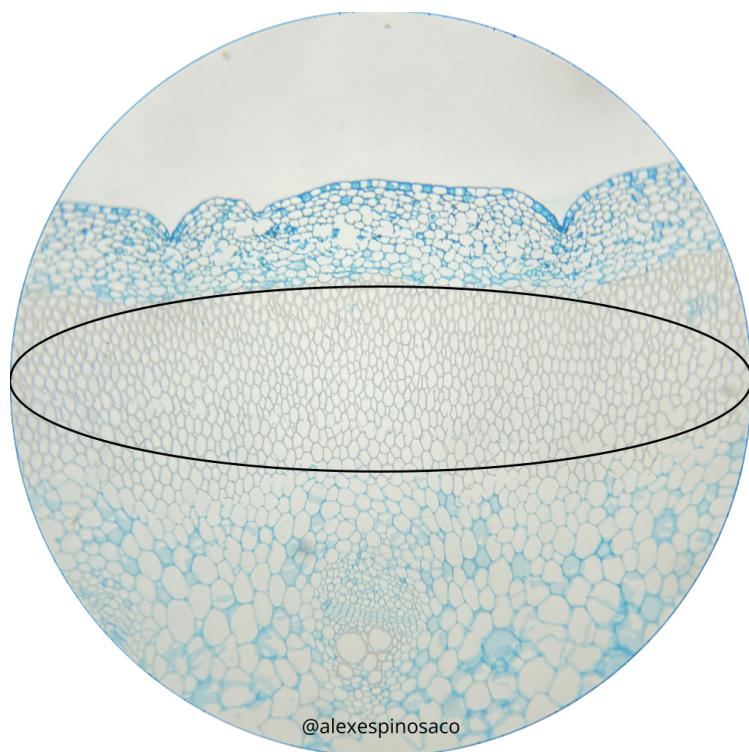
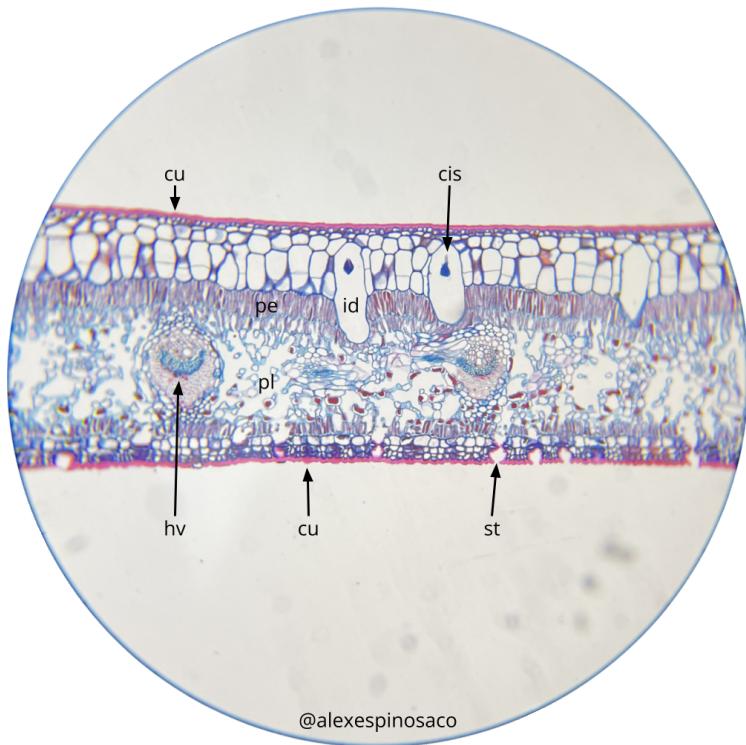


Figura 2.2: Corte transversal de *Aristolochia ringens* con Safranina y Azul Alcián. La lineas negras señalan una región de células con presencia de lignina.



@alexespinozaco

Figura 2.3: Corte transversal de *Ficus elástica* con Safranina y Azul Alcián. cis: cistolito, cu: cuticula, ep: epidermis pluriestratificada, hv: haz vascular, id: idioblasto, pe: parénquima en empalizada, pl: parénquima lagunar, st: estoma.



Figura 2.4: Montaje húmedo de tricoma de *Tradescantia pallida*. ci: citoplasma, nu: núcleo, pc: pared celular, va: vacuola.

una célula? Observe los cloroplastos. ¿En cuál parte de la célula se localizan éstos? ¿Qué función desempeñan en la planta?



Figura 2.5: 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 estiloides, paquetes de estiloides 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 Alcián, 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 (Figura 2.3). ¿Qué nombre recibe esta célula especializada que almacena los cistolitos?

Capítulo 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 nódales.

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 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.
- 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
- Cobreobjetos y portaobjetos
- Cuchillas
- Lanilla o toalla
- Microscopio
- Pinceles de punta fina
- Pinzas de punta fina
- Solución de Azul Alcián
- 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 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 Alcián, 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?
- Haga 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.

3.4.2 Epidermis monoestratificada y pluriestratificada

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

3.4.3 Estomas y patrones estomáticos

- Haga cortes transversales finos de las hojas de *Ficus elástica* y *Nerium oleander*, tiña con Safranina y Azul Alcián. 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 finos de la epidermis abaxial de las 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 Alcián. 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?

3.4.4 Revestimientos pilosos o tricomas

- Realice cortes transversales finos de hojas, pecíolos 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, escuamiformes, estrellados, dendroides, glandulares, lanosos, peltados, ramificados, etc.) ¿Los tricomas tienen importancia taxonómica o sistemática? ¿Desde el punto de vista biológico que funciones desempeñan?

3.4.5 Observación del tejido parenquimático

- Realice cortes transversales finos de las hojas de *Nerium oleander*, haga la tinción rutinaria de Safranina y Azul Alcián, 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?

- Corte el talo de *Egeria densa*, pecíolos de *Canna spp.*, hojas o tallos de *Cyperus papyrus*. Tiña con Safranina y Azul Alcián, 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.
- Haga cortes transversales finos de las hojas de *Aloe vera*, con Safranina y Azul Alcián. Observe la presencia de un tejido formado por células grandes de apariencia hincha por la presencia de grandes vacuolas y de paredes celulares delgadas. Este tejido corresponde al **parénquima acuífero o hidrénquima**.

Capítulo 4

Histología II

4.1 Introducción

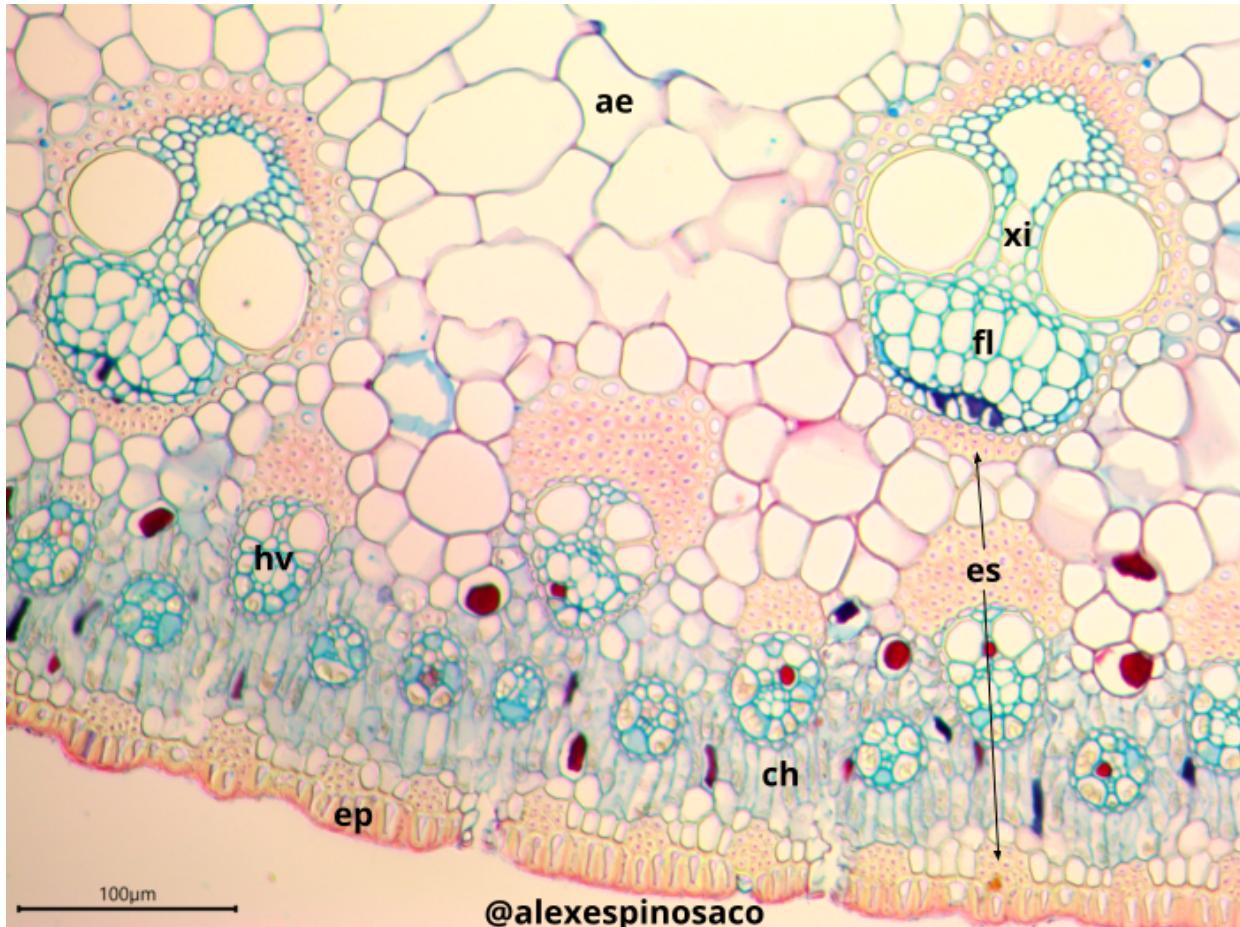


Figura 4.1: Corte transversal de *Cyperus papyrus* con Safranina y Azul Alcián. ae: aerénquima, ch: clorénquima, ep: epidermis, es: esclerénquima, fl: floema, xi: xilema.

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, macroesclereidas, 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.

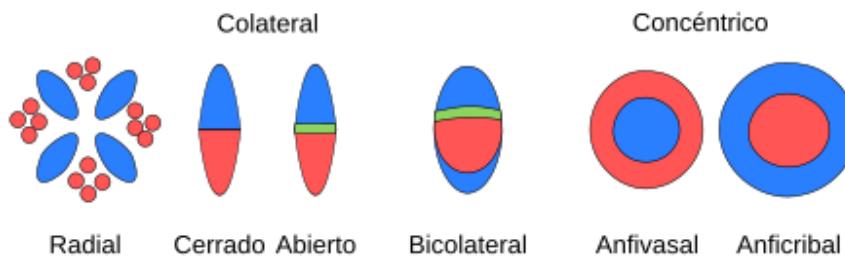
El tejido floemático está constituido por dos tipos celulares: las **células floemáticas o tubos cribosos** y las **células anexas o acompañantes**. Ambas son células vivas, pero el floema se ha diferenciado y ha perdido la mayor parte de los organelos celulares y el núcleo. En la zona terminal de contacto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

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: **anfivasal** o **perixilemático**, **anficribal** o **perifloemático**, **bilateral**, **colateral abierto** y **colateral cerrado**.

4.2 Objetivo

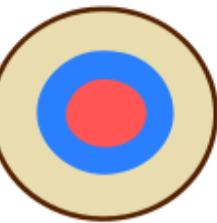
- Introducir al estudiante en los aspectos morfológicos, anatómicos y estructurales relacionados con los diferentes tipos de colénquimas, fibras esclerenquimáticas, esclereidas y los tejidos conductores en plantas.
- Caracterizar la estructura típica del tejido colenquímático y esclerenquímático.
- Caracterizar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

Disposición de los haces vasculares



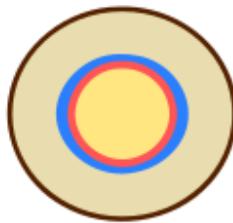
Patrón de los haces vasculares

PROTOESTELAS

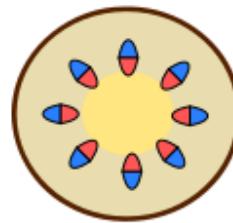


Haplostela

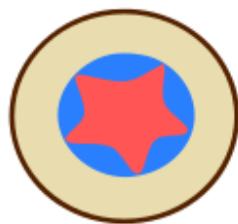
SIFONOESTELAS



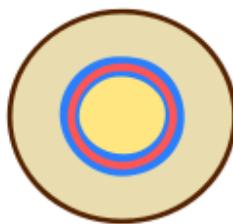
Ectofloica



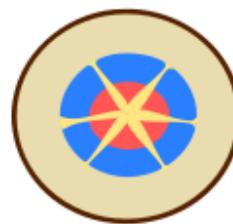
Eustela



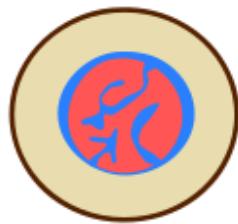
Actinostela



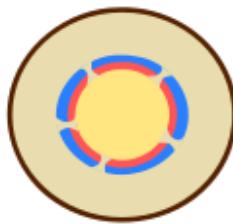
Anfifloica



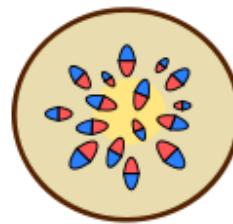
Eustela



Plectostela



Dictiostela



Atactostela

Floema Xilema Procámbium

Parénquima medula

(Modificado de Furuta 2014)

Figura 4.2: Disposición y patrón de los haces vasculares. Tomado de Megías Pacheco et al. (2017)

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 Alcián
- 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
- Rizomas y tallos de *Polypodium spp.* o cualquier otro helecho (*Gleicheniaceae*, *Schizaeaceae*, *Marsileaceae*)
- Semillas frescas e hidratadas de *Phaseolus vulgaris* (Frijol)
- Tallos de *Aristolochia ringens*
- Tallos de *Dracaena sanderiana* (Bambú de la Suerte) o *Cordyline fruticosa* (Banderilla)
- 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

- Corte transversalmente peciolos 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 Alcián, 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 Alcián?

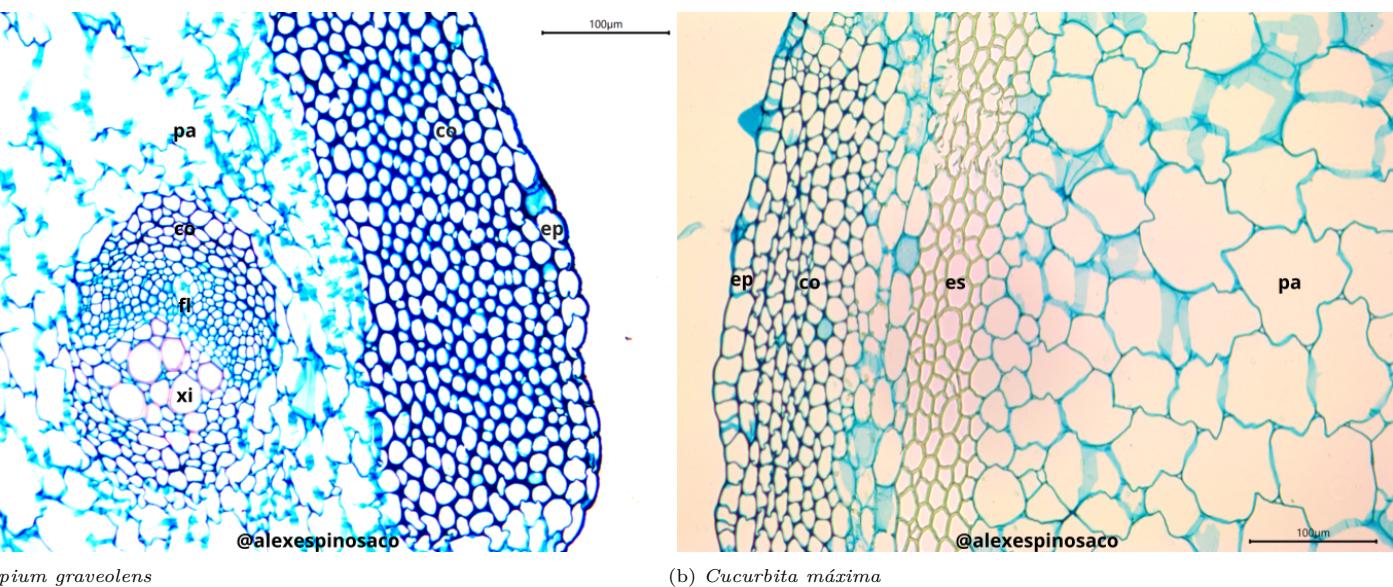


Figura 4.3: Corte transversal de tallos de *Apium graveolens* y *Cucurbita máxima* con Safranina y Azul Alcián. co: colénquima, es: esclerenquima, ep: epidermis, pa: parénquima, xi: xilema.

4.4.2 Observación del tejido esclerenquimático

- Haga cortes transversales de tallos maduros de *Aristolochia ringens*, tiña con Safranina y Azul Alcián. 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?
- Realice cortes transversales del fruto de *Pyrus communis*, tiña con Safranina y Azul Alcián. 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?
- Practique cortes transversales finos de las testas de *Phaseolus vulgaris*, tiña con Safranina y Azul Alcián. Observe e identifique los diferentes tipos de **esclereidas** que forman parte de las cubiertas seminales.
- Haga cortes transversales de las hojas de *Monstera deliciosa*, tiña con Safranina y Azul Alcián. ¿Qué tipo de esclereidas se pueden detectar en estos preparados? ¿Estas células se encuentran inmersas en

qué tipo de tejido?

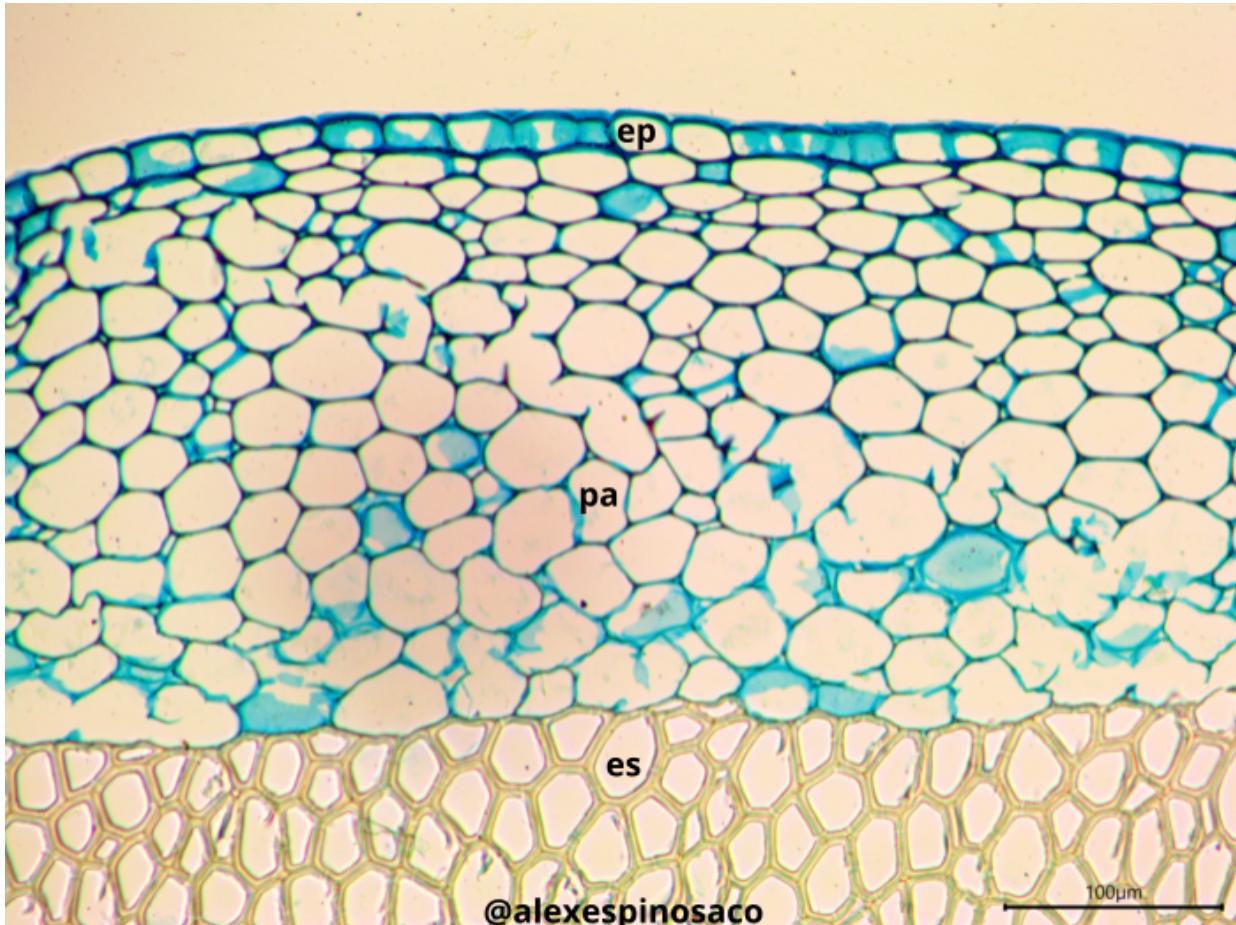


Figura 4.4: Corte transversal de *Aristolochia ringens* con Safranina y Azul Alcián. ep: epidermis, es: esclérquima, pa: parénquima.

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 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 helicado, helicado,) y metaxilema (escaliforme, 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?

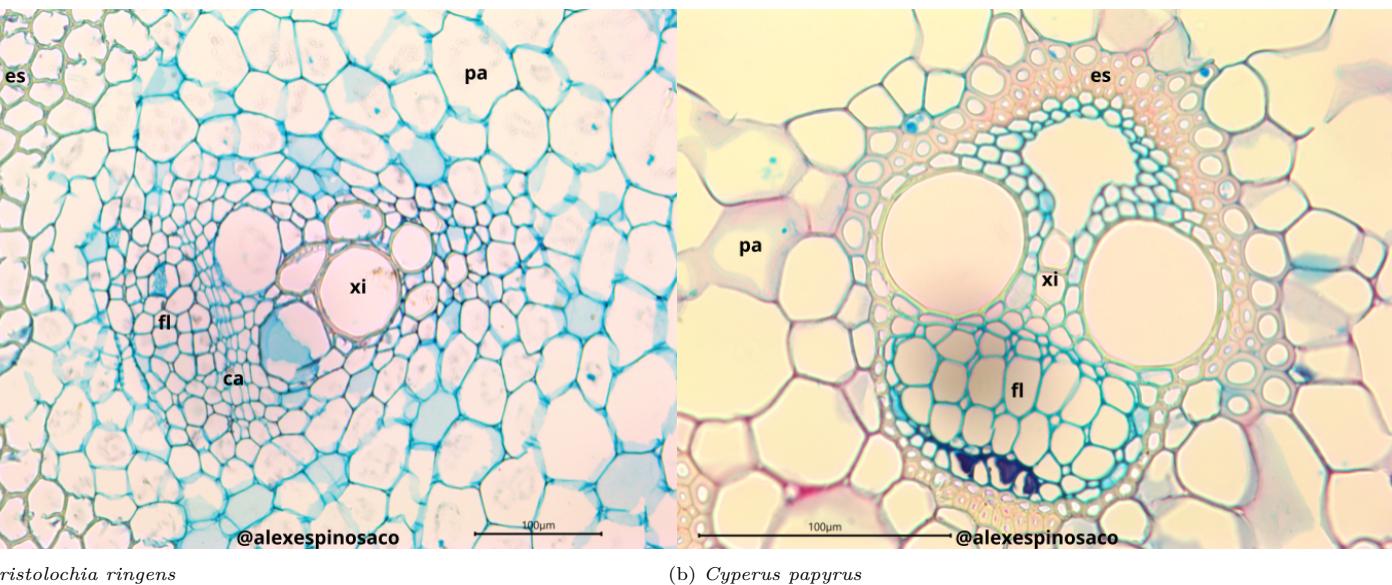


Figura 4.5: Haz vascular de *Aristolochia ringens* y *Cyperus papyrus* con Safranina y Azul Alcián. ca: cámbium, es: esclerenquima, fl: floema, pa: paquimima, xi: xilema.

4.4.4 Tipos de haces vasculares

- Haga cortes transversales finos de los tallos de *Dracaena sanderiana* o *Cordyline fruticosa* y tiña con Safranina y Azul Alcián. 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.
- Corte transversalmente 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 Alcián. 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**.

- Corte transversalmente los tallos de *Aristolochia ringens*, tiña con Safranina y Azul Alcián. 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**.
- Haga cortes transversales finos del tallo de *Cucurbita máxima* y tiña con Safranina y Azul Alcián. 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 **bilateral**.

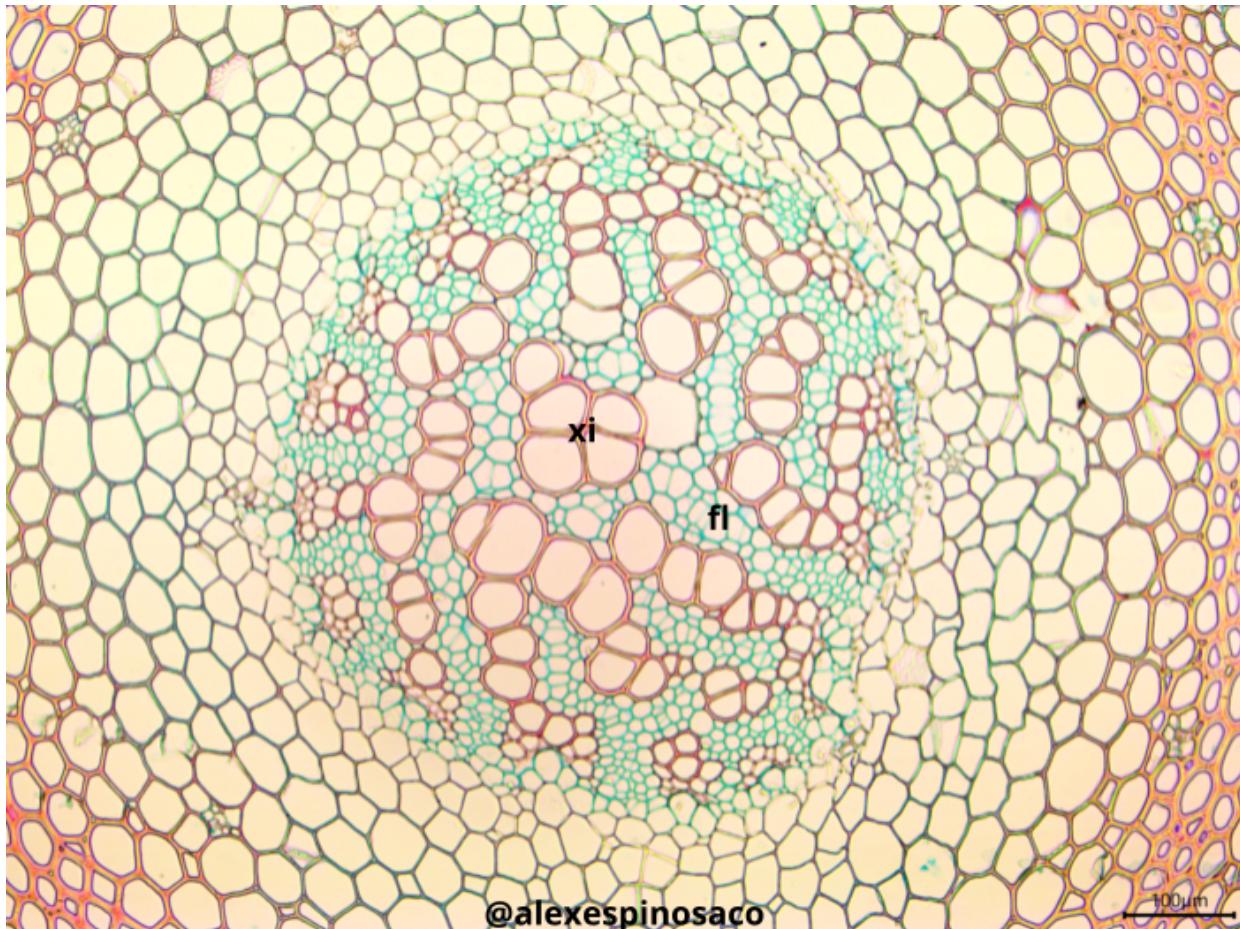


Figura 4.6: Disposición del haz vascular de *Lycopodiella sp.*. fl: floema, xi: xilema.

Capítulo 5

Diversidad

5.1 Introducción

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 conocido 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 **Moniliophyta** (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 **Anthocerophyta** (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.

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 5.1: Diverisdad de Embryophyta. Tomado de [Sciencia58 \(2020\)](#)

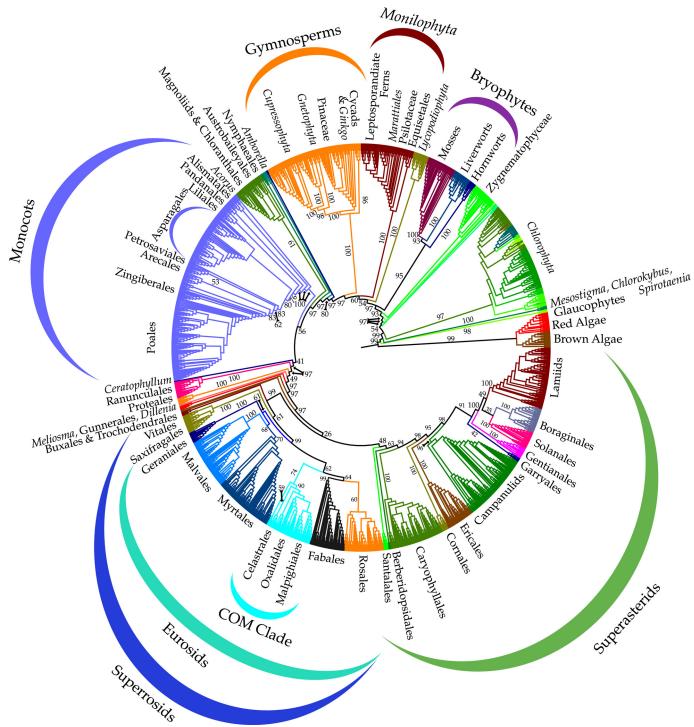


Figura 5.2: Árbol filogenómico de Viridiplantae. Tomado de Gitzendanner et al. (2018)

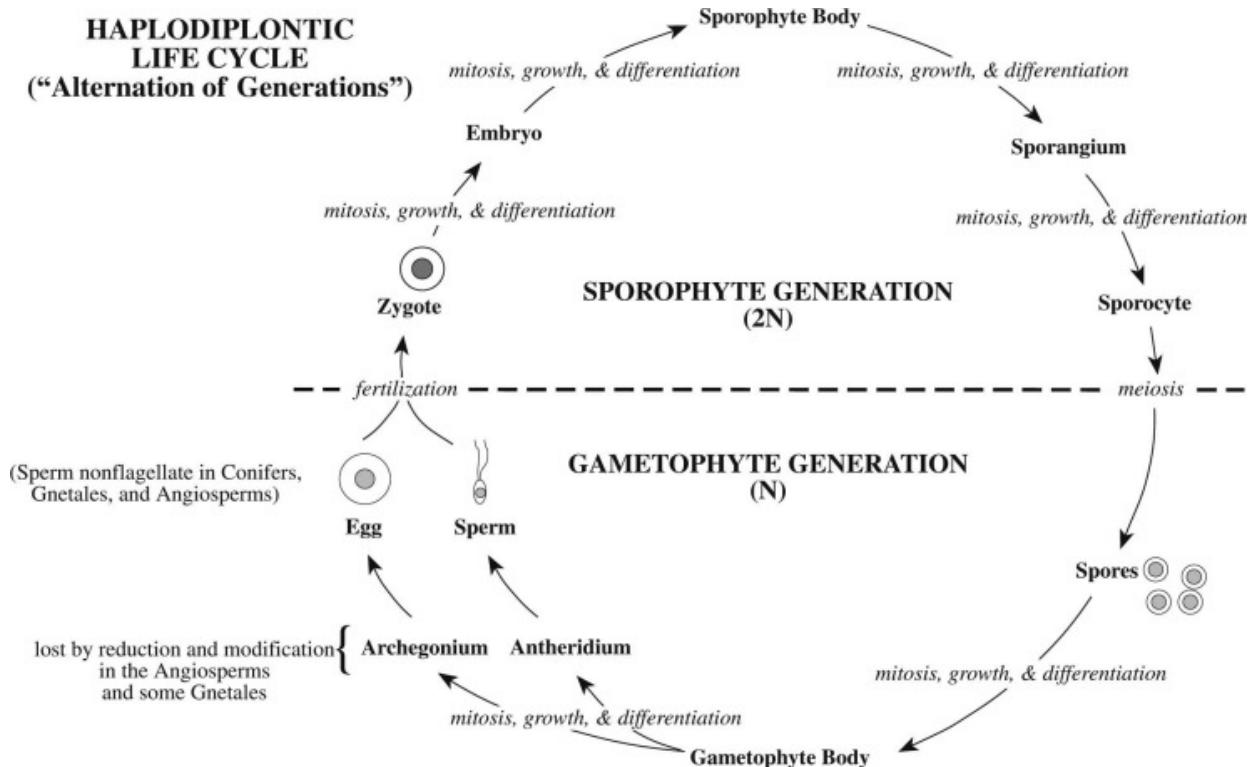


Figura 5.3: Alternancia de generaciones en Embryophyta. Tomado de Simpson (2019)

Entre las innovaciones evolutivas propias de Embryophyta encontramos la aparición del **embrión** y el **esporófito**, el esporofito es la fase diploide en el ciclo de vida de todas las plantas terrestres (conocido como **alternancia de generaciones**), mientras que el **gametófico** 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 cuticula, el parénquima, los flavonoídes, entre otros.

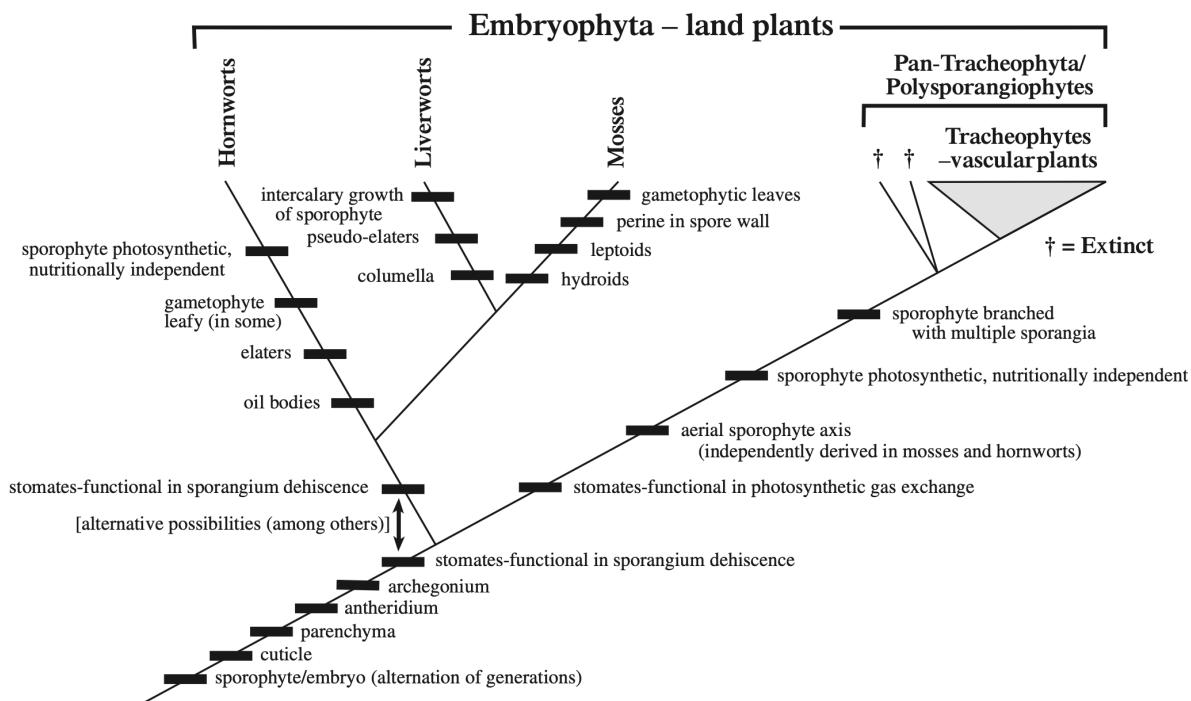


Figura 5.4: Relaciones filogenéticas de Embryophyta con sus principales apomorfías. Tomado de Simpson (2019)

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.

Anthocerophyta se caracteriza por tener un gametófita **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 gametófita **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 gametófito 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 esporófito 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, esclerénquima y colénquima; tejido vascular, xilema y floema; endodermis y raíces verdaderas. Este grupo está conformado por *Lycopodiophyta* y *Euphylllophyta*, 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 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 *Euphylllophyta* son las hojas verdaderas (llamadas **eufilas** o megafilas), que suelen estar asociadas a una **laguna foliar** y tienen un sistema de **venación** (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 parenquimatosa), 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 involucra 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

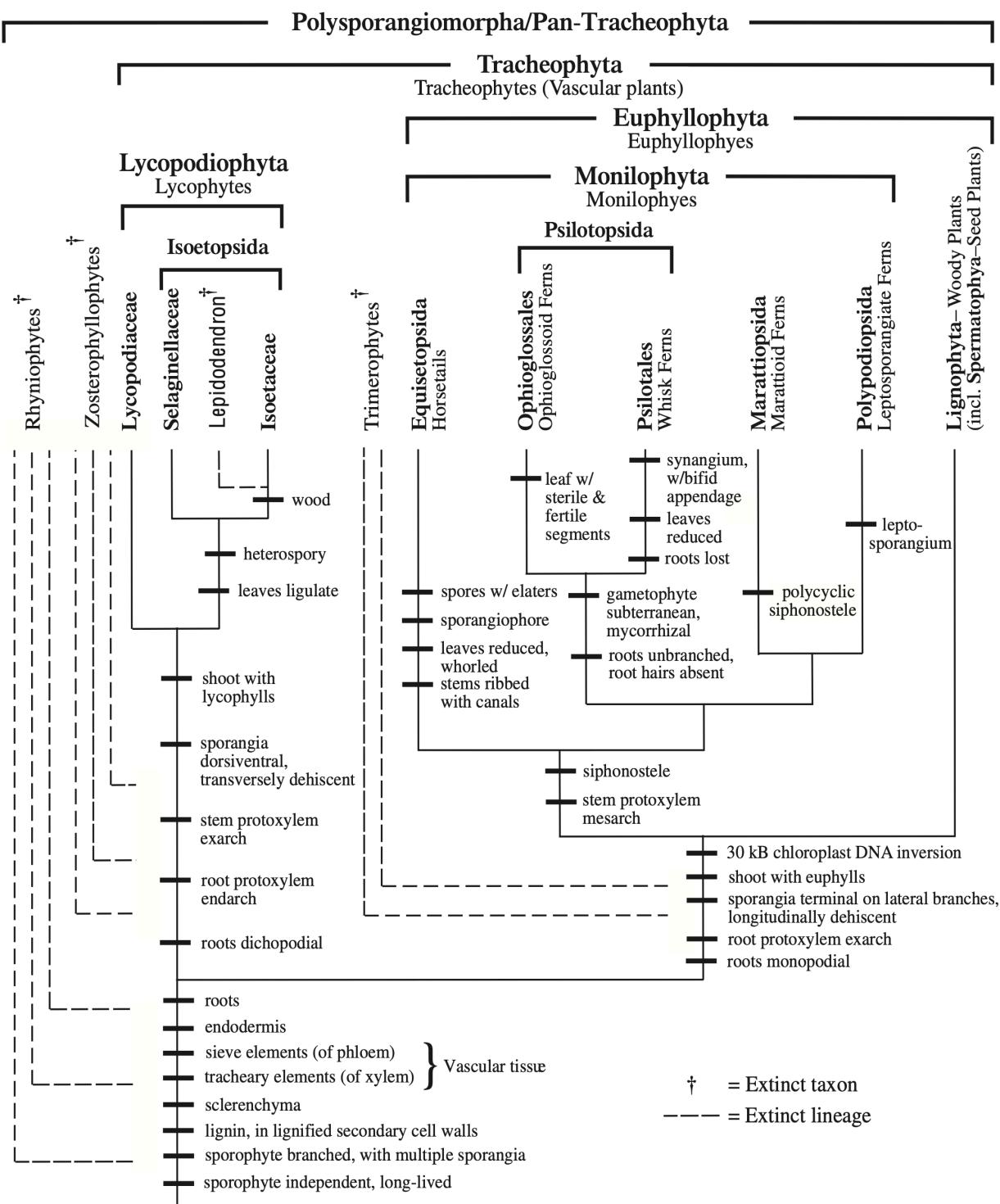


Figura 5.5: Relaciones filogenéticas de Tracheophyta con sus principales apomorfías. Tomado de Simpson (2019)

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 clasificadorias 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 Alcián
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

5.3.2 Material vegetal

- Especímenes de Anthocerophyta
- 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 Anthocerophyta

- Tome especímenes de Anthocerophyta y utilizando un estereomicroscopio identifique y describa las características del gametofito y en el esporofito.
- Realice cortes transversales del gametofito y esporofito de Anthocerophyta. Tiña con Safranina y Azul Alcián 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 arqueonios. Además, describa las diferencias y similitudes entre una hepática foliosa y una hepática talosa.
- Realice cortes transversales de gametofito y esporofito de Marchantiophyta. Tiña con Safranina y Azul Alcián 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 Alcián 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.

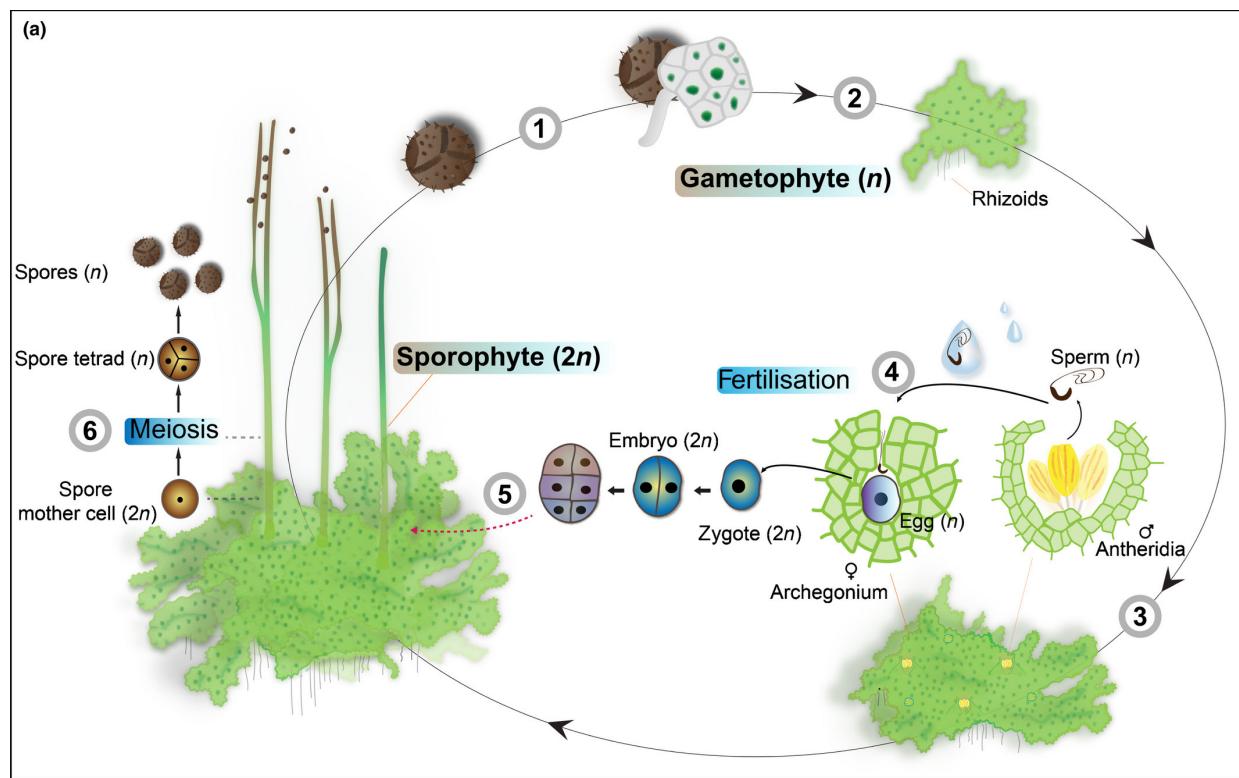


Figura 5.6: Ciclo de vida de Anthocerophyta. Tomado de Frangedakis et al. (2021)

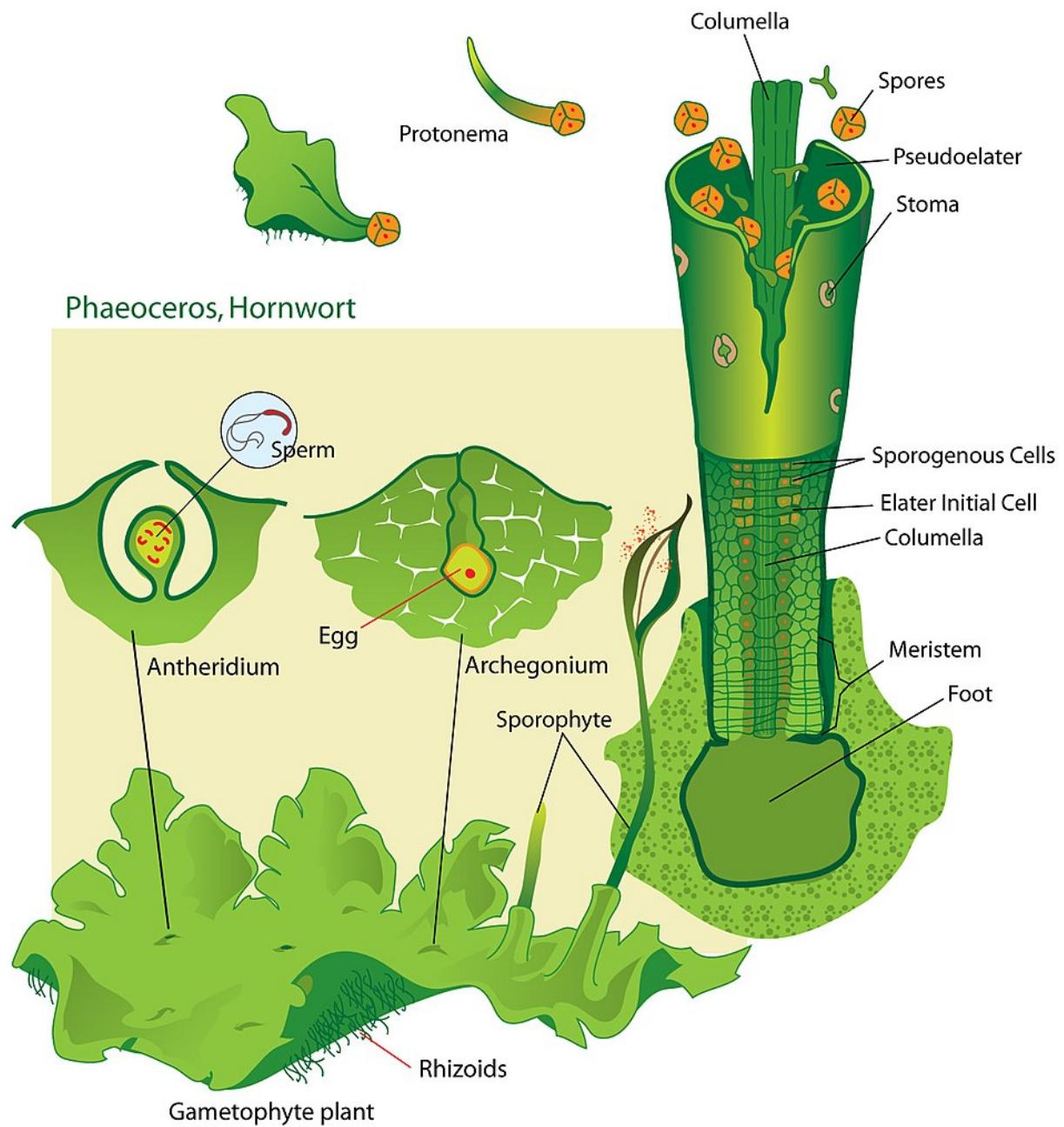


Figura 5.7: Morfología de Anthocerophyta. Tomado de LadyofHats ([2007](#))

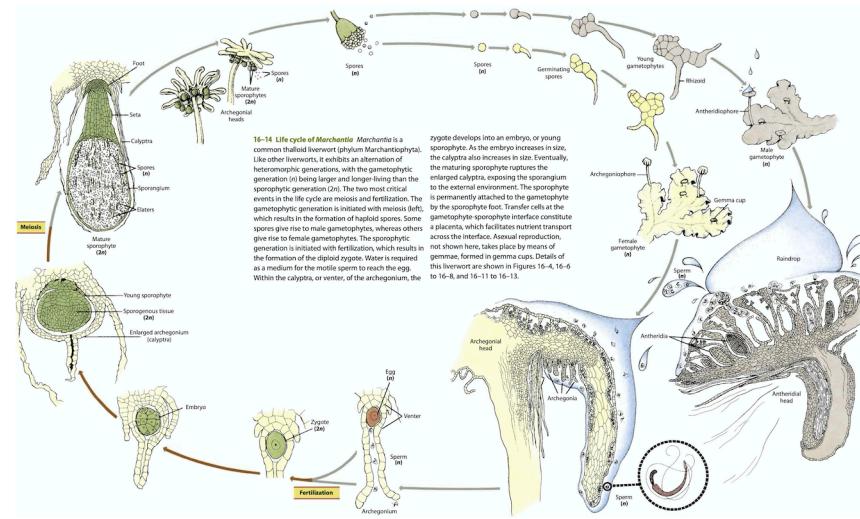


Figura 5.8: Ciclo de vida y morfología de Marchantiophyta. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

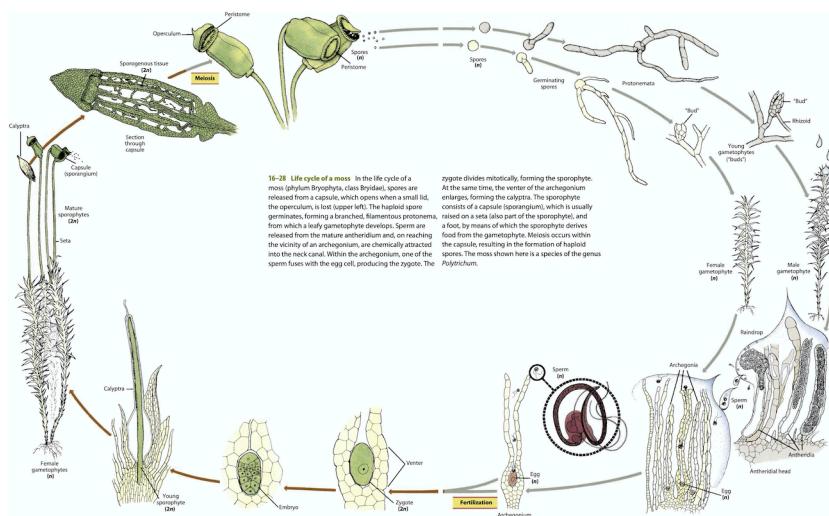


Figura 5.9: Ciclo de vida y morfología de Bryophyta Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

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 microfilas, posición y forma de los estróbilos.
 - Realice cortes transversales de tallos de *Lycopodium*. Tiña con Safranina y Azul Alcián 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.

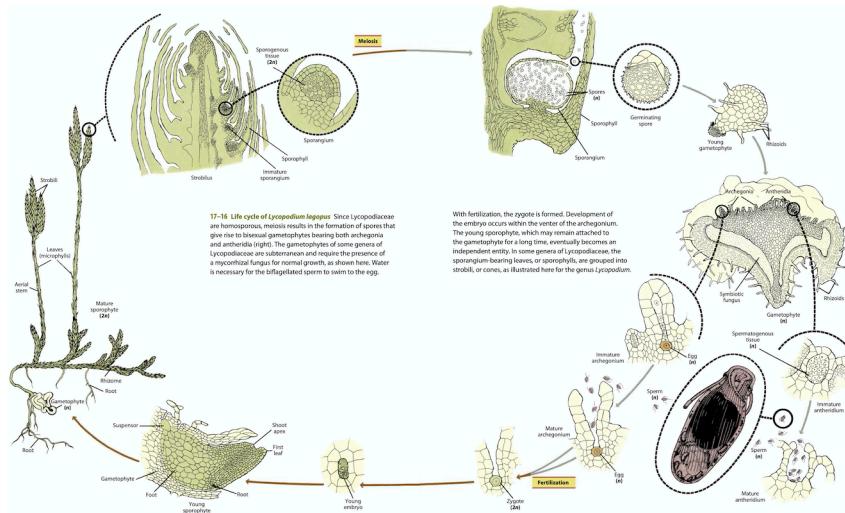


Figura 5.10: Ciclo de vida y morfología de *Lycopodium*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

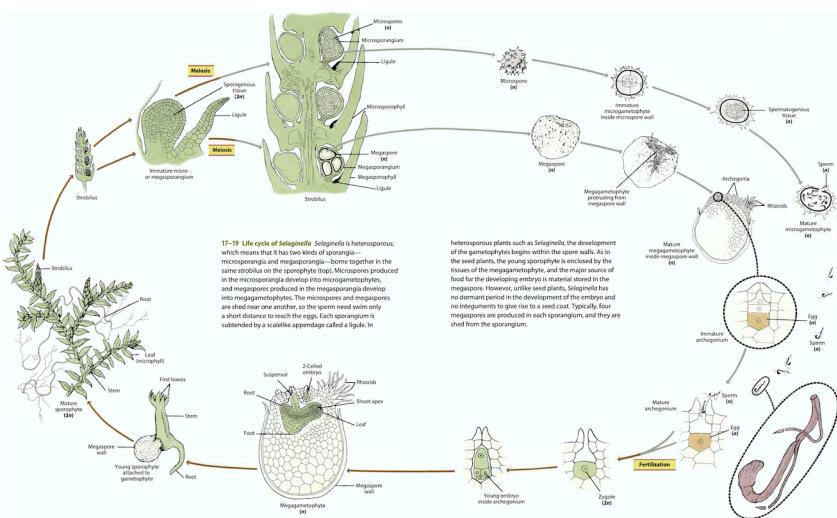


Figura 5.11: Ciclo de vida y morfología de *Selaginella*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013).

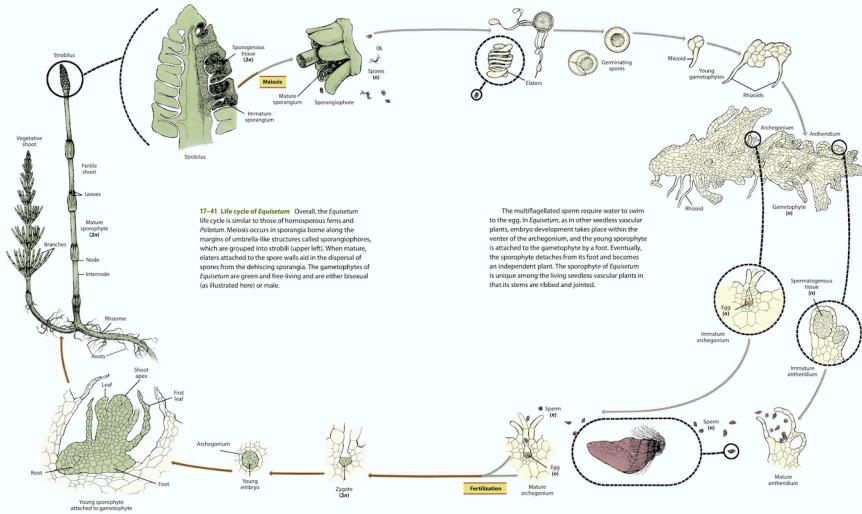


Figura 5.12: Ciclo de vida y morfología de *Equisetum*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

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 Alcián 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.

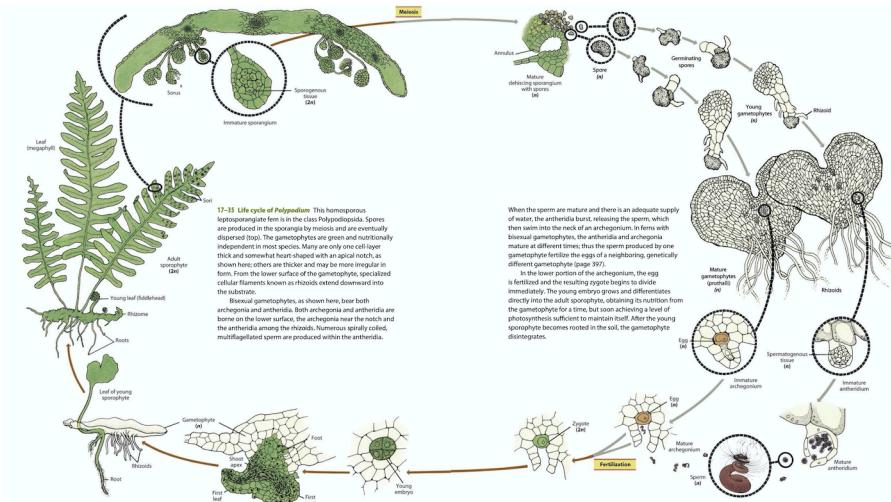


Figura 5.13: Ciclo de vida y morfología de Polypodium. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

5.4.6 Gymnospermae

- Tome diferentes especímenes de Gymnospermae, identifique y describa las características que le permitan diferencias entre Cycadophyta y Coniferophyta.
- Realice cortes transversales de tallo de cualquier Gymnospermae. Tiña con Safranina y Azul Alcián 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.

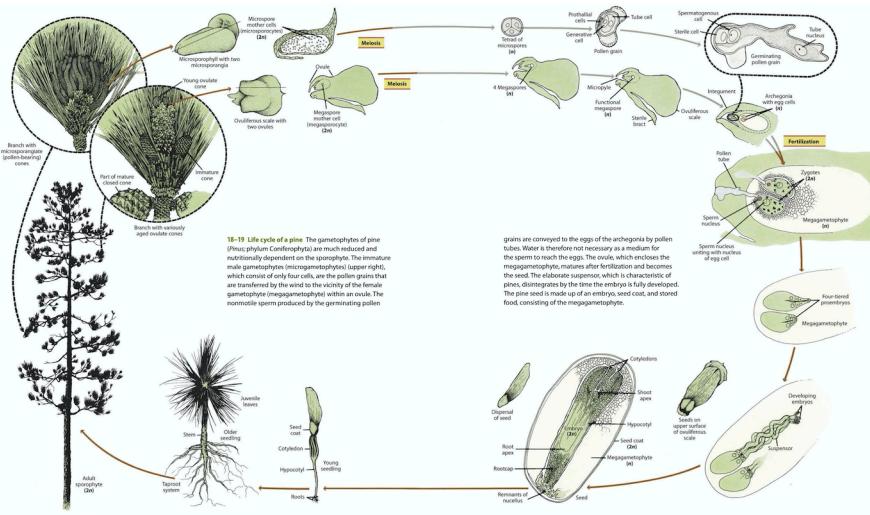


Figura 5.14: Ciclo de vida y morfología de *Pinus*. Tomado de Evert & Eichhorn (2013)

5.4.7 Angiospermae

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

Capítulo 6

Raíz

6.1 Introducción

Una raíz típica, es un eje vertical y subterráneo que permite a la planta una fijación firme en el suelo, sin embargo, se pueden encontrar otros tipos de raíces que varían de acuerdo a su función y posición en el cuerpo de la planta. Por ejemplo, en plantas **epífitas** y **hemiepífitas** podemos observar raíces adventicias, que son aéreas y subterráneas y cumplen función de anclaje al **hospedero** y/o funciones de absorción. Las raíces como el principal órgano de absorción de agua y minerales, también pueden almacenar grandes cantidades de agua o almidones como sustancias de reserva.

En forma general de acuerdo a su organización las raíces se reconocen como **pivotantes** o **fibrosas**. Las raíces pivotantes, también llamadas **axonomorfas**, presentes en plantas perennes, tienen una raíz principal con muchas ramificaciones pequeñas, mientras que las raíces fibrosas, también llamadas **fasciculadas**, son comunes en plantas anuales, presentan muchas ramificaciones todas de igual tamaño.

Las raíces presentan varias regiones funcionales en el **ápice**. La **coifa** 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 coifa 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 sección transversal los tejidos radiculares son organizados en dos regiones, una región externa amplia llamada el **córtex** adaptado para el almacenamiento y pasó de agua y minerales al cilindro vascular central, y una región interna, el propio **cilindro vascular** encargado de transportar la savia desde la raíz a otros órganos de la planta o desde otros órganos a la raíz.

La raíz como órgano especializado se encuentra en los helechos y espermatofitas, mientras que las talofitas pueden tener apéndices similares a raíces que les sirven para anclaje pero no para absorción y se denominan **rizoides**.

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 Alcián
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

6.3.2 Material vegetal

- Placas permanentes con cortes longitudinales 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 la raíz de una raíz pivotante

- Tome una plántula de rábano, que se cultivó 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 de una planta Eudicotiledónea

- Realice cortes transversales a diferentes alturas en raíces de plántulas de *Phaseolus vulgaris* de cinco días de germinación. Tiña con Safranina y Azul Alcián. Observe e identifique los tejidos primarios: epidermis, parénquima cortical, endodermos (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 de raíces y localice las zonas citadas.

6.4.4 Estructura interna de la raíz de una planta Monocotiledónea.

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

6.4.5 Origen de la raíz lateral

- Haga cortes transversales de la raíz de *Phaseolus vulgaris* a la altura del origen de las raíces laterales. Tiña con Safranina y Azul Alcián, observe y defina el punto de origen de estas raíces.

6.4.6 Cuerpo secundario de la raíz de una planta leñosa.

- Examine las raíces de plantas Eudicotiledóneas con crecimiento secundario e identifique los tejidos del cuerpo secundario de la raíz.

6.4.7 Observación de raíz de Zanahoria

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

Capítulo 7

Tallo

7.1 Introducción

El crecimiento secundario del tallo determina un aumento de su diámetro y soporte en las plantas que lo presentan, permitiendo que vivan por muchos años. Se inicia con la formación de cambium vascular y cambium del corcho (felógeno). Ocurre en Gimnospermas, Eudicotiledóneas leñosas, algunas Eudicotiledóneas herbáceas (ej. girasol) y en pocas Monocotiledóneas (ej. palmas), aunque en estas últimas el cuerpo secundario tiene un origen diferente a las otras plantas leñosas.

Para el estudio de los tejidos de tallos se utilizan dos tipos de cortes o secciones: **sección transversal**, aquella que corta en ángulo recto al eje del tallo y **sección longitudinal**, que a su vez puede ser **radial** cuando pasa a lo largo del radio y **tangencial** cuando corta paralelamente al eje del tallo sin pasar por el centro.

En una sección radial los **anillos de crecimiento** aparecen como líneas más o menos paralelas y los radios como líneas que corren a través de ellos. En la sección tangencial los radios aparecen agrupados en forma de lentes y en la sección transversal los elementos de xilema y del floema se cortan transversalmente y se observan como poros de diferentes diámetros según el elemento a que corresponden.

7.2 Objetivo

- Explicar el desarrollo ontogenético del cuerpo secundario del tallo.
- Diferenciar el cuerpo primario del cuerpo secundario de las plantas leñosas.
- Interpretar las adaptaciones del tallo leñoso para la vida terrestre de la planta.
- Diferenciar e interpretar las adaptaciones de un crecimiento secundario del tallo diferente al patrón general (tallos anómalos).

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 Alcián
- 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 *Cupressus spp.* (Ciprés)
- Tallos de *Salix humboldtiana* (Sauce)
- Tallos de diferentes plantas
- Tallos de *Pinus spp.* (Pino)

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 Estructura interna del cuerpo secundario de plantas leñosas

- Realice un corte transversal del tallo de *Salix humboldtiana*. Tiña con Safranina y Azul Alcián. Observe e identifique los siguientes tejidos: 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.

7.4.2 Estudio macroscópico del tallo con crecimiento secundario

- Con la ayuda de un estereomicroscopio estudie los bloques, que le sean suministrados, de madera de tallos de angiospermas y de gimnospermas. Observe las diferencias entre los cortes transversal, radial y tangencial, distinga los anillos anuales, rayos del xilema, córtex, floema secundario, chorcho, cambium del corcho, región del cambium vascular, xilema secundario, madero de estación lluviosa, madera de estación seca, médula, variación en tamaños celulares y ductos de resina y mucílagos.

7.4.3 Estructura interna del xilema secundario del tallo

- Haga cortes transversales, radiales y tangenciales en tallos de *Cupressus spp.*, *Pinus spp.*, *Salix humboldtiana* y cualquier otra planta que presente crecimiento secundario. Tiña con Safranina y Azul Alcián. Observe y diferencie las características típicas de cada sección. Distinga los elementos de xilema,

rayos del xilema, médula, madera de estación seca, madera de estación lluviosa y ductos de resina. Complemente sus observaciones con las placas permanentes con secciones y macerados de madera de Angiospermas y Gimnospermas ¿Qué diferencias y similitudes existen entre los cortes de tallos de Angiospermas y Gimnospermas? ¿Cuáles células forman el xilema en Angiospermas y Gimnospermas?

7.4.4 Tallos anómalos

- Haga cortes transversales de tallos de *Aristolochia ringens* y otras plantas trepadoras o bejucos, tiña con Safranina y Azul Alcián. Observe e identifique las diferencias que presentan con relación al patrón común de los otros tallos estudiados y determine las diferentes localizaciones de 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.

Capítulo 8

Hoja

8.1 Introducción

La hoja es un órgano vegetativo que se desarrolla de un **primordio foliar**, el cuál es un crecimiento lateral de las **yemas**. La mayoría de las hojas son de aspecto laminar, pero las hay también acumulares y escamosas entre otras. Existe gran variedad de hojas en cuanto a la forma, número de limbos, venación, filotaxia, borde, base y ápice.

8.2 Objetivo

- Identifique las estructuras externas e internas de la hoja.
- Verifique la variedad en las hojas al comparar sus estructuras.

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 Alcián
- Solución de Glicerol al 30%
- Solución de Safranina

8.3.2 Material vegetal

- Hojas y ramas de diferentes grupos de Angiospermas y Gimnospermas
- 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 Morfología externa de una hoja

- En la rama de una planta cualquiera, observe bien una hoja e identifique lo siguiente: ápice, base, cara adaxial, cara abaxial, estípula, - lámina, margen, pecíolo, venación, yema axilar.

8.4.2 Morfología Externa de una Hoja de Monocotiledónea

- Observe hojas de diferentes Monocotiledóneas e identifique similitudes y diferencias entre las especies. Estas variaciones pueden corresponder a venación, forma, forma de unión al tallo, presencia de pecíolo, entre otras.

8.4.3 Estructura Interna de la Hoja

- Realice cortes transversales en diferentes hojas de Eudicotiledóneas, Gimnospermas y Monocotiledóneas. Tiña con Safranina y Azul Alcián. Observe e identifique diferencia y similitudes, además de las siguientes estructuras: cutícula, epidermis, parénquima en empalizada, parénquima esponjoso y tejidos vasculares (nervaduras).

8.4.4 Diversidad en las Hojas

- Observe la mayor cantidad posible de hojas de diferentes especies de Gimnospermas. Haga observaciones comparativas entre los diferentes tipos (tenga en cuenta venación, pecíolo, forma y disposición).
- Observe la mayor cantidad posible de hojas de diferentes especies de Angiospermas, 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, subpeciolada, etc.
 - Tipo de hoja: simple o compuesta, si es compuesta indique el tipo exacto.
 - Venación: actinodromo, braquidodromo, craspedodromo, etc.

Capítulo 9

Flor

9.1 Introducción

La flor contiene las estructuras encargadas de la reproducción sexual en las Angiospermas. Basados en lo anterior podemos definir la flor como una rama con eje corto que posee hojas modificadas distribuidas en verticilos encargados en su conjunto de la reproducción sexual.

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 Alcián
- 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 *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 comparativa de flores de Eudicotiledóneas y Monocotiledónea

- Seleccione una flor de Eudicotiledóneas y Monocotiledóneas, 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 Diversidad en la flor

- Observe la mayor cantidad de flores de varias plantas de diferente especie y realice observaciones comparativas teniendo en cuenta:
 - Nombre científico
 - Nombre vulgar
 - Verticilos presentes: perianto (cáliz, corola), perigonio, androceo, gineceo.
 - Número de componentes de cada verticilo: sépalos, pétalos, tépalos, 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 en la especie: dioica, monoica.
 - Flores solitarias o en inflorescencia
 - Tipo de inflorescencia: espiga, capítulo, umbela, etc.

9.4.3 El polen

- Seleccione la antera de una flor de Eudicotiledóneas y Monocotiledónea, 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?

Capítulo 10

Fruto y semilla

10.1 Introducción

Los **frutos** son los ovarios o pistilos maduros de las plantas y algunas veces asociados con partes accesorias que no derivan directamente del ovario o los ovarios e incluyen brácteas, receptáculo, hipanto y los ejes florales como en las infrutescencias o frutos múltiples.

Un fruto típico consta del **pericarpio** que es la pared del fruto que se subdivide en varias capas: el **exocarpio**, **mesocarpio** y el **endocarpio**. Sin embargo, en algunos frutos estas capas no son fácilmente distinguibles y pueden estar fusionadas.

Los frutos se pueden clasificar por su origen en: **frutos simples** los cuales derivan de un solo pistilo de una flor. Los **frutos agregados** que se originan de múltiples pistilos de una única flor es decir que tienen **gineceo apocárpico**. Los **frutos múltiples** se forman por la coalescencia de varias flores, es decir, derivan de una inflorescencia.

Los frutos simples se pueden clasificar dependiendo de la presencia de tejido carnoso (**frutos carnosos**): bayas, drupas, pomos etc. o por el contrario, pueden ser secos dehiscentes o indehiscentes. Los frutos **secos indehiscentes** son: los aquenios, cariópsides, utrículos, sámaras, nueces etc. Los frutos **secos dehiscentes** incluyen: folículos, legumbres, cápsulas septicidas, loculicidas, septifragas, pixidios y esquizocarpos. Dentro de los frutos agregados tenemos: las **pluridrupas**, **pluriaquenios** y los **plurifolículos** entre otros. Los frutos múltiples incluyen: las **sorosis** y los **siconos** entre otros.

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.
- 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 Alcián
- 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

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 y analícelos haciendo énfasis en su morfología y estructura. Determine si se trata de un fruto carnoso: una baya, pomo, drupa, etc.; un fruto seco indehiscente: cariópside, aquenio, nuez,utrículo, sámara etc.; o si se trata de un fruto simple dehiscente (cápsulas): folículo, legumbre, cápsula loculicida, septicida, septifraga, pixidio, poricida, silicuas, silículas etc. Así mismo, tenga en cuenta que cada una de estas categorías presenta subcategorías que debe determinar, por ejemplo: el tomate es una baya simple, la naranja es una baya hesperidio, el melón es una baya pepo; el fruto de la arveja o el frijol es una legumbre que es un tipo de fruto seco dehiscente; el maíz es un fruto seco indehiscente y así con cada uno de los ejemplares.

Haga cortes transversales y longitudinales de cada fruto y revísela con la ayuda del estereoscopio para determinar de cuántos carpelos se originó cada uno de esos frutos. ¿Cómo están distribuidas las semillas? ¿Qué es la placenta? ¿Qué consistencia tienen el epicarpio, mesocarpio y endocarpio en cada caso? Recuerde que en muchos frutos no es fácil delimitar estas partes (ej. en los frutos secos), por tal razón haga esta parte del laboratorio con un fruto que sea fácil de determinar.

10.4.2 Reconocimiento de frutos agregados

Tomen el fruto de *Fragaria spp.* (poliaquenio o aqueniocetum) realice cortes transversales y longitudinales y observe como el receptáculo se ha modificado para formar una estructura carnosa que sostiene múltiples aquenios. Realice lo mismo pero con el fruto de *Rubus glaucus* (pluridrupa o drupacetum) y con el fruto de una magnolia (plurifolículo o folicetum).

10.4.3 Reconocimiento de frutos múltiples

Realice cortes transversales y longitudinales del fruto de *Ananas comosus* (sorosis) y *Ficus carica* (sicono), observe que la estructura completa está formada la unión de varias estructuras florales (inflorescencias) e incluso estructuras extra florales como el receptáculo y/o el eje de la inflorescencia participan en la formación de la infrutescencia.

10.4.4 Sustancias de reserva asociadas a los frutos

Realice cortes transversales del mesocarpio del fruto de *Malus domestica* o *Pyrus communis* (pomos), *Musa × paradisiaca* o *Solanum lycopersicum* (bayas), *Prunus persica* (drupa) y a nivel del endospermo o cotiledones de *Zea mays* (cariópside) y *Helianthus annuus* (aquenio). Tiña separadamente con Lugol y Sudan III o Sudan negro. ¿Qué sustancia se detecta en cada caso y por qué?

Recursos

- [Angiosperm Phylogeny Website](#)
- [Atlas de histología vegetal y animal](#)
- [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.thecompositaehtu.com>
- Bonifacino, J. M., Speroni, G., González, A., González, S., Souza, M., Trujillo, C., Valtierra, V., & Piastri 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>
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J. W. (2016). The number of known plant 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.
- Frangendakis, 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., Grossé, 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&tlang=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/978036779665>
- 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>