

CARRERA DE NATUROPATÍA



PRIMER CICLO

Botánica



Autores

Lic. Vladimir Cabrera
MSc. Renata León
MSc. Fausto Contero

Edición:

Segunda

Editorial:

Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís

Créditos:

- Lic. Masherlyn Gavín Quishpe. Mgs.
- Tnlgo. Jorge Barrera Ramos
- Dra. María Alba Acosta Acosta

Revisión de contenidos (pares):

- MSc. Belén Flores
- Mgs. Tatiana Idrobo

Revisión y corrección externa

- Dra. Gabriela Oña Velástegui

Diseño y diagramación:

- Mgtr. Gabriela Puentes
- Lic. Bryan Daniel Ortega
- Ing. Alex Santillán Aguirre

ISBN:

978-9942-7024-4-9

Riobamba - Ecuador

Introducción a la botánica	05
Orientaciones generales para el estudio	06
Objetivo	07
Planificación del aprendizaje	08

09 UNIDAD 1

1. Introducción al estudio de la botánica	10
Introducción	10
Objetivo	10
1.1. La botánica como ciencia	11
1.2. Definición de botánica	14
1.3. Clasificación de la Botánica	14
1.4. Campos de interés para la naturopatía	17
1.5. Botánica estructural	18
1.5.1. Particularidades	19
1.5.2. Histología vegetal	22
1.5.3. Órganos de una planta vascular	23
1.5.3.1. La raíz	23
1.5.3.2. El tallo	29
1.5.3.3. La hoja	35
1.5.3.4. La flor	41
1.5.3.5. El fruto	49
1.5.3.6. La semilla	55
ACTIVIDADES RECOMENDADAS	62

63 UNIDAD 2

2. Botánica sistemática	64
Introducción	64
Objetivo	64
2.1. Nomenclatura y taxonomía	65
2.1.1. Reino Plantae	67
2.1.2. Características generales	68
2.1.3. Importancia	69
2.1.4. Divisiones de interés para la naturopatía	70
2.1.4.1. División Bryophyta	70
ACTIVIDADES RECOMENDADAS	119

120 UNIDAD 3

3. Botánica aplicada	121
Introducción	121
Objetivo	122
3.1. Conceptos básicos	123
3.1.1. Bases de farmacología	124
3.1.2. Formas farmacéuticas y vías de administración	126
3.1.3. Fases del efecto farmacológico	129
ACTIVIDADES RECOMENDADAS	135

136 UNIDAD 4

4. Metabolismo vegetal	137
Introducción	137
Objetivo	138
4.1. Metabolitos primarios	139
4.2. Metabolitos secundarios	149
ACTIVIDADES RECOMENDADAS	173
 BIBLIOGRAFÍA BÁSICA	 174
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA	174

INTRODUCCIÓN A LA BOTÁNICA

La asignatura de Botánica es esencial en la carrera de naturopatía porque brinda los conocimientos necesarios sobre las plantas y su uso terapéutico. La Botánica se enfoca en el estudio de las plantas, incluyendo su clasificación, estructura, función, reproducción y distribución.

En la carrera de naturopatía, el estudio de la Botánica permite entender la diversidad de las plantas y su relación con la salud humana. Las plantas han sido utilizadas tradicionalmente como medicina natural, y en la actualidad, su uso terapéutico se ha convertido en una opción complementaria y alternativa para el cuidado de la salud.

En la asignatura de botánica, se abordan temas como la morfología y anatomía de las plantas, la clasificación de las diferentes

especies vegetales, las propiedades medicinales de las plantas, la fotoquímica y los componentes activos que contienen, así como las diversas formas de preparar y administrar remedios vegetales.

A través de esta asignatura, los estudiantes de naturopatía adquieren conocimientos sobre las plantas medicinales más utilizadas en la terapia natural, su acción terapéutica, indicaciones y contraindicaciones, así como las posibles interacciones con otros medicamentos.

Además, el estudio de la botánica también es relevante para comprender el impacto ambiental y la conservación de la diversidad vegetal, así como para reconocer y valorar la importancia de la conexión entre los seres humanos y la naturaleza.

BIENVENIDOS/AS Y ÉXITOS EN SUS ESTUDIOS

ORIENTACIONES GENERALES PARA EL ESTUDIO

- Organiza tu tiempo: La botánica es una materia amplia y requiere de tiempo y dedicación para su estudio. Planifica tus sesiones de estudio y establece un horario regular para revisar los contenidos y realizar las actividades correspondientes.
- Familiarízate con los conceptos básicos: Antes de profundizar en temas más complejos, asegúrate de comprender los conceptos básicos de la Botánica, como la estructura de una célula vegetal, la fotosíntesis, la reproducción de las plantas, entre otros. Esto te ayudará a tener una base sólida para el estudio posterior.
- Utiliza recursos variados: Además del material proporcionado por tu institución educativa, busca fuentes adicionales de información, como libros de texto, artículos científicos, videos y recursos en línea.
- Realiza esquemas y resúmenes: A medida que estudias, utiliza técnicas de organización visual, como esquemas y resúmenes, para sintetizar la información y facilitar su comprensión. Estos recursos te ayudarán a recordar los conceptos clave y establecer conexiones entre ellos.
- Practica con ejercicios y preguntas: Para afianzar tus conocimientos, resuelve ejercicios y preguntas de práctica que te permitan aplicar los conceptos aprendidos. Esto te ayudará a identificar posibles áreas de dificultad y a fortalecer tus habilidades en la resolución de problemas relacionados con la botánica.
- Realiza investigaciones y observaciones: La botánica es una ciencia que se basa en la observación y la experimentación. Realiza investigaciones independientes, observa plantas en su entorno natural o en jardines botánicos y experimenta con diferentes métodos de cultivo. Esto te permitirá tener una comprensión más profunda de los conceptos teóricos y desarrollar habilidades prácticas.

OBJETIVO

Adquirir una comprensión integral de los principios botánicos, ecológicos y farmacológicos que sustentan la interacción entre las plantas y los seres humanos, para aplicar este conocimiento de manera ética y sostenible en su práctica profesional.

PLANIFICACIÓN DEL APRENDIZAJE

CONTENIDOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE EN HORAS		
	DOCE	PRACT	AUTO
UNIDAD 1 Introducción al estudio de la botánica	13	14	14
UNIDAD 2 Botánica sistemática	13	14	14
UNIDAD 3 Botánica aplicada	13	14	14
UNIDAD 4 Metabolismo vegetal	13	08	08
Total:	52	50	50

UNIDAD 1

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA BOTÁNICA



1. Introducción al estudio de la botánica

Introducción

La botánica es una ciencia que se dedica al estudio de las plantas en diversos aspectos, como su clasificación, estructura, función, reproducción, distribución y relación con el entorno.

Esta disciplina es esencial para comprender la diversidad y complejidad de las plantas, así como su importancia en los ecosistemas y su conexión con la vida en la Tierra.

El estudio de la botánica tiene aplicaciones y relevancia en campos como la agricultura, la medicina, la ecología, la conservación de la biodiversidad y la biotecnología. Además, las plantas han sido utilizadas desde tiempos antiguos como fuente de alimento, medicina y materiales de construcción, entre otros usos.

En el ámbito académico, el estudio

de la botánica proporciona los conocimientos necesarios para comprender y apreciar la diversidad de las plantas, así como sus características morfológicas y fisiológicas, y su interacción con el entorno. También permite entender los procesos evolutivos que han dado lugar a la amplia variedad de especies vegetales presentes en nuestro planeta.

El estudio de la botánica implica la observación y experimentación tanto en el campo como en el laboratorio, y el uso de herramientas y técnicas específicas para el análisis de las plantas. Además, requiere un enfoque interdisciplinario, ya que se relaciona con otras áreas de conocimiento como la genética, la química, la ecología y la biología molecular.

Objetivo

Conocer los diferentes términos utilizados en la asignatura para entender los conceptos básicos de la botánica y la farmacología, desarrollando así, una comunicación efectiva, empática y de respeto con el medio ambiente.

1.1. La botánica como ciencia

Durante el desarrollo de la humanidad el hombre ha estado rodeado siempre por la naturaleza, de la cual ha utilizado los recursos a su disposición en beneficio propio y de las personas que le rodean. Dentro de estos recursos han destacado las plantas que no solo brindaron el alimento, combustible, cobijo, protección, sino que fueron utilizadas desde siempre como medicamentos para el tratamiento de sus problemas de salud. En este sentido, el hombre, se vio obligado a conocerlas y descubrir sus propiedades, ayudado primero por el instinto, y luego por la inteligencia con la aplicación de métodos más sofisticados.

En las civilizaciones antiguas, la gente estaba interesada principalmente en las virtudes curativas de las plantas, por lo que el primer estudio cuidadoso de estas, fue hecho por los médicos. El papiro de Ebers (1500 años A. de C), contiene una lista de plantas medicinales y sus usos. No obstante, la ciencia de las plantas tuvo su primera expresión definida de sus principios y problemas, en Grecia (1)

La naturaleza de las plantas fue estudiada por Aristóteles (384-322 A. de C.) quién vio con claridad algunos de los amplios problemas de la vida vegetal y animal, siendo el primero en familiarizarse con una amplia gama de hechos biológicos. Sin embargo, es a su discípulo Teofrasto de Eresus (321-287 A, de C.), a quien los botánicos consideran como el padre de la botánica.

Este sutil naturalista tuvo la ventaja de poder trabajar en el jardín botánico de Aristóteles, en Atenas, donde pudo estudiar la estructura, actividades y distribución de las plantas. Entre sus muchos escritos, el más interesante para los botánicos es: “La Historia de las Plantas”, porque ahí están descritas y clasificadas, por primera vez, todas las plantas conocidas en ese tiempo, muchos de cuyos nombres se utilizan todavía en la actualidad.(1)

La tarea principal de los primeros botánicos, era dominar y describir las diferentes clases de plantas y clasificarlas, acomodándolas en grupos de

acuerdo con sus relaciones o semejanzas, lo que actualmente se llama botánica sistemática o taxonomía.

Las exploraciones del siglo XVIII del naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1778), tuvieron como resultado, el establecimiento del sistema binomial, con el cual cada planta recibe el nombre de su género y especie. Linneo clasificó las plantas superiores basándose en el número de estambres de la flor, llamándosele “Sistema Sexual de Linneo”. La taxonomía moderna data de la publicación de su monumental obra “Species Plantarum”, en 1752.

El taxónomo francés A. L. Jussieu (1748-1836), estableció y describió por primera vez los grupos que hoy conocemos como “Familias”. (2)

El desarrollo de la botánica como una ciencia independiente de la medicina, es relativamente reciente. Actualmente la botánica moderna se ocupa de las plantas, no como estructura estática para cortarla, despedazarla y describirla, sino como un sistema viviente, capaz de reaccionar, que funciona, crece y se reproduce así mismo. (2)

El objeto de estudio de esta disciplina lo constituyen los vegetales. Para conocerlos integralmente se aplican métodos y el razonamiento científico (que implica observar, comparar, deducir, experimentar y obtener una conclusión o ley), y un procedimiento (es decir, un modo de actuar) de acuerdo con los medios disponibles: laboratorios equipados con instrumentos y reactivos, cultivos, jardín botánico, herbarios, etc. Por disponer de método y procedimiento, la botánica es considerada una ciencia.

En el Ecuador destaca un eminente científico cuyo nombre ostenta nuestra institución, Misael Acosta Solís. En 1936, el recién graduado como primer doctor en ciencias naturales del Ecuador, Misael Acosta Solís (Ambato 1910 - Quito 1994) fundó en Quito el Instituto Botánico de la Universidad Central del Ecuador, convirtiéndose en su director. Adscrito a la también reciente Facultad de Ciencias, la creación de este Instituto sucedió en un momento importante de institucionalización de las ciencias naturales en el país. (3)

En el Instituto Botánico se describieron especies de interés forestal, agrícola y médico y las formas de aprovecharlas; su objetivo era poner el conocimiento científico y la investigación universitaria en función de las necesidades del país. Al año de su fundación el Instituto Botánico lanzó su medio de difusión: Flora. Revista de Botánica y Farmacognosia, donde se concretaba tal objetivo. (3)

A fines de 1940, Acosta Solís carecía del cobijo institucional del Instituto Botánico. Fue así que lideró la creación del Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales (IECN), al que consideró la primera institución científica del Ecuador, “alejada completamente de la política y de los políticos, quienes no comprenden el valor de la ciencia.”. Y también la primera institución conservacionista cuando dijo: “En el Ecuador, la Protección a la Naturaleza y Conservación de los Recursos Naturales asoma como mística y solamente desde su fundación con el Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales en 1940”. (4)

Solís reconoció hitos conservacionistas anteriores, como el manejo precolombino de tierras agrícolas, la introducción del eucalipto en el siglo XIX por García Moreno, el Día del Árbol en 1920, la fundación del Instituto Botánico, o las “Disposiciones para la explotación de bosques, uso de aguas y fuerza motriz” de 1939, pero situaba el inicio del tema de la “conservación” en la labor del IECN. (3)

Se dedicó a reorganizar la naturaleza de forma que cumpliera con su propia visión ideal. Heredó y transmitió ideas sobre el dominio de la naturaleza que aún nos acompañan (como el desarrollo sostenible) a las que integró el “conservacionismo”.

Sabía conjugarlas, como conjugaba especies nativas y exóticas. Como él mismo decía, debían tener una prioridad y un orden, pero no por ello ser descartadas: “debe procurarse emplear primeramente las especies autóctonas y útiles, y luego las importadas y aclimatables.”⁵ Lo que hacía con los árboles lo aplicaba también a las ideas. Aunque ahí estuvo su peculiaridad

en su contexto.

La trayectoria científica de este eminente sabio ecuatoriano, es muy amplia y prolífica por lo que ha marcado, con sus aportes, el desarrollo de la botánica en nuestro país.

1.2. Definición de botánica

La botánica (del griego, botane significa hierba e iche, estudio) es una ciencia cuyo objeto de estudio es el reino vegetal, comprendiendo las plantas, los hongos y las algas. La botánica es una parte de la biología que trata del estudio de las plantas desde el nivel celular, estableciendo las relaciones entre estructura y función, pasando por el individuo, hasta su distribución geográfica, en los distintos ecosistemas terrestres. Enfatiza más los aspectos bioquímicos para la comprensión del funcionamiento de las plantas. (5)

A simple vista, un vegetal se distingue de un animal básicamente por la naturaleza de sus tejidos:

- Por la pared de celulosa que rodea las células
- Por su incapacidad para desplazarse de forma autónoma
- Porque elabora sus propios alimentos a partir del agua y las sustancias minerales que absorbe del suelo y del dióxido de carbono atmosférico. (autótrofos).

1.3. Clasificación de la Botánica

La botánica pura estudia las plantas, hongos y algas en cuanto tales; en su composición, funciones, desarrollo, ubicación, adaptaciones, etcétera, pero también se halla la botánica aplicada que estudia las posibilidades de utilización de estas especies como remedios, en productos cosméticos u otros usos.

Otras divisiones de la botánica son la citología vegetal, que estudia sus células; la fisiología vegetal, que se ocupa de las funciones de los vegetales; la botánica sistemática, que trata sobre las plantas aisladas y también con sus

familias; la ecología vegetal, que estudia sobre su distribución en la superficie terrestre, sus relaciones entre ellas y otros organismos, sus riesgos ambientales y las especies en peligro; la genética vegetal que estudia la transmisión de sus caracteres hereditarios y la fitopatología que estudia las enfermedades que puedan afectarlas. (6)

Las plantas comparten con los animales la característica de integrar el reino de los seres vivos y de cumplir ciertas funciones como la de alimentarse, crecer y reproducirse, aunque carecen de la facultad de desplazarse y emitir sonidos comunicacionales. Todos los seres vivos necesitan de energía para cumplir sus necesidades vitales, pero el reino vegetal tiene la particularidad de elaborar su propio alimento (organismos autótrofos) a través de la energía solar, lo que les permite realizar, si poseen clorofila, el proceso de fotosíntesis. (7)

El estudio de los vegetales puede realizarse desde diversos puntos de vista, de aquí que la botánica pueda, también dividirse en:

1.3.1. Botánica general

Estudia los caracteres generales y comunes de los vegetales.

Se divide en:

- **Citología:** Que trata de la estructura y organización de la célula.
- **Histología:** Se ocupa del estudio de los tejidos.
- **Morfología:** Estudia la forma de las plantas y sus estructuras.
- **Fisiología:** Se ocupa de las funciones inherentes a las plantas, así como de sus órganos.
- **Ecología:** Trata de las relaciones de los vegetales con los otros factores abióticos y bióticos del medio ambiente, analizando sus adaptaciones a las condiciones que le rodean.
- **Genética:** Estudia experimentalmente la herencia de los caracteres y su variación.

Un ejemplo aclarará estos conceptos: tomamos una hoja de naranjo y vemos cómo la Botánica General hace el estudio de este órgano de la planta. La citología permite evidenciar que esa hoja está formada por numerosas células con lo que se podrá conocer todo lo relativo a ellas. La histología muestra como esas células se agrupan formando los diferentes tejidos por los que está formada. (7)

La morfología indicará, que es una hoja elíptica, entera, aguda, etc. También cómo está organizada interiormente, que tiene color verde, que está recorrida en su interior por conductos pequeñísimos, los vasos conductores, etc. La Fisiología explica cómo la savia xilemática, absorbida por las raíces, llega a la hoja y es allí transformada, mediante el proceso de fotosíntesis en sustancias nutritivas. La Ecología nos hará conocer las adaptaciones de esa hoja, a la defensa contra el frío, la sequedad o la humedad excesiva y a la obtención de la óptima cantidad de rayos solares, etc. (8)

1.3.2. Botánica especial

Estudia los caracteres particulares de cada planta, las clasifica y agrupa, describe cada vegetal minuciosamente, estudia su distribución sobre la tierra y se ocupa de los vegetales que existieron en otras épocas.(8) Se divide en:

- **Taxonomía:** Que clasifica los vegetales en grupos, según sus analogías y diferencias, siendo los grupos más importantes, en orden decreciente: reino, división, clase, orden, familia, género y especie.
- **Fitografía:** Que nos provee los mejores métodos y procedimientos para estudiar las plantas.
- **Fitogeografía:** Que estudia la distribución actual de los vegetales sobre la tierra.
- **Paleobotánica:** Que estudia los vegetales que existieron en épocas anteriores y de los cuales se encuentran restos o impresiones (fósiles).

1.3.3. Botánica aplicada

Estudia las plantas en cuanto a su utilidad, ya sea en la alimentación, industria, en la medicina o como elemento de salubridad o decorativo.

Botánica agrícola:

La agricultura racional se basa en los conocimientos que proporciona la Botánica, sobre plantas alimenticias y forrajera, conocimientos que debe poseer el agricultor para saber el clima y terreno que le es propicio, los alimentos que prefieren las plagas vegetales y animales, que las dañan, las épocas más apropiadas para la siembra, poda, cosecha, etc. Así, su trabajo será remunerativo, y no fracasará en los cultivos.

Botánica forestal:

Lo mismo cabe decir de la botánica aplicada a las industrias que emplean como materias primas productos vegetales, pues trata de conseguir mayor cantidad y mejor calidad de éstos.

Botánica Farmacéutica y molecular:

La botánica aplicada a la medicina, fitofarmacia, importantísima en la curación o alivio de las enfermedades, en las que se utilizan, los productos medicinales contenidos en las plantas.

1.4. Campos de interés para la naturopatía

1. Identificación y clasificación de plantas medicinales: La naturopatía se basa en el uso de plantas medicinales para promover la salud y tratar diversas afecciones. Por lo tanto, es importante que los profesionales de esta disciplina puedan identificar y clasificar las plantas medicinales, reconociendo sus características morfológicas y propiedades terapéuticas.
2. Propiedades medicinales de las plantas: La botánica permite estudiar las propiedades medicinales de las plantas, es decir, los principios activos y compuestos químicos presentes en ellas que les confieren su

acción terapéutica. Los profesionales de la naturopatía deben conocer estas propiedades para poder utilizar las plantas de manera segura y eficaz en la terapia natural.

3. Preparación y administración de remedios vegetales: La botánica también abarca el estudio de las diferentes formas de preparación y administración de los remedios vegetales. Los profesionales de la naturopatía deben aprender a elaborar infusiones, decocciones, tinturas, aceites esenciales y otros preparados a base de plantas, así como a determinar las dosis adecuadas y las vías de administración más apropiadas.
4. Interacciones y contraindicaciones de las plantas medicinales: Es importante que los profesionales de la Naturopatía estén familiarizados con las posibles interacciones que pueden ocurrir entre las plantas medicinales y otros medicamentos convencionales. También deben conocer las contraindicaciones y precauciones asociadas al uso de ciertas plantas en ciertos grupos de personas, como mujeres embarazadas o personas con ciertas enfermedades.
5. Conservación de la biodiversidad vegetal: La botánica también juega un papel importante en la conservación de la biodiversidad vegetal. Los profesionales de la naturopatía deben ser conscientes de la importancia de preservar y proteger las especies vegetales, así como de la necesidad de utilizar prácticas sostenibles en la recolección y cultivo de plantas medicinales.

1.5. Botánica estructural

La botánica estructural es una rama de la botánica que se enfoca en el estudio de la estructura interna de las plantas. Esta disciplina se centra en analizar la organización y la composición de los diferentes tejidos y órganos de las plantas, desde el nivel microscópico hasta el nivel macroscópico.

El objetivo principal de la botánica estructural es comprender cómo están formadas las plantas y cómo funcionan sus diferentes partes. Esto implica el

estudio detallado de la anatomía vegetal, es decir, la disposición y las características de los tejidos vegetales, como los tejidos conductores, los tejidos de sostén y los tejidos de protección.

La botánica estructural utiliza diversas técnicas y herramientas, como la microscopía óptica, la microscopía electrónica y la histología, para examinar y analizar la estructura interna de las plantas. Estas técnicas permiten observar los tejidos y células vegetales en detalle, revelando su organización, morfología y función.

Al estudiar la estructura de las plantas, la botánica estructural proporciona información importante sobre cómo se llevan a cabo los procesos fisiológicos, como la fotosíntesis, la absorción de agua y nutrientes, y la transpiración. También ayuda a comprender la relación entre la estructura y la función de los diferentes órganos vegetales, como las hojas, los tallos y las raíces.

La botánica estructural es fundamental en otros campos de la Botánica, como la taxonomía, la ecología vegetal y la fitopatología. Además, tiene aplicaciones prácticas en áreas como la agricultura, la silvicultura y la biotecnología vegetal, ya que el conocimiento de la estructura de las plantas es fundamental para comprender su desarrollo, crecimiento y respuesta a diferentes estímulos ambientales.

1.5.1. Particularidades

Las características únicas que presentan las plantas, así como las de otros organismos fotosintéticos, las hacen imprescindibles para la supervivencia de toda forma de vida, incluido el ser humano.

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas y otros determinados organismos utilizan la energía del sol para fabricar sus propias sustancias alimenticias, transformando el dióxido de carbono y el agua en azúcares que almacenan energía química. Los animales y otros organismos, incapaces de fabricar sus propios alimentos, solo pueden sobrevivir

obteniéndolos directa o indirectamente de las plantas. (7)

La vida en la Tierra depende en gran medida del agua y de la energía solar; sin embargo, solo las plantas, algas y bacterias fotosintéticas pueden aprovechar directamente estas sustancias para sobrevivir. Mediante la fotosíntesis, las plantas pueden utilizar la luz solar, el dióxido de carbono, el agua y algunos minerales del suelo para producir su propio alimento. Por el contrario, ningún animal podría subsistir únicamente con estos elementos. Aunque una persona tuviera acceso ilimitado a agua, solo podría sobrevivir durante unas semanas. La fotosíntesis convierte a las plantas y otros organismos fotosintéticos en auténticas fábricas de alimentos impulsadas por la energía solar.

Los vegetales tienen características especiales que les permiten llevar a cabo un proceso de gran importancia para la vida en la Tierra. Una de estas características son los cloroplastos, estructuras que forman parte de un grupo de orgánulos llamados plastos o plastidios. Los cloroplastos son generalmente más grandes que las mitocondrias, lo que permite observarlos claramente bajo un microscopio óptico cuando se examina una muestra.(7)

La estructura de los cloroplastos está adaptada para capturar la energía solar. Además de las dos membranas externas, los cloroplastos contienen sacos internos llamados tilacoides, rodeados por membranas. Estos tilacoides contienen el pigmento verde llamado clorofila y se agrupan formando la grana. La conversión de energía solar en energía química, que es parte del proceso de fotosíntesis, ocurre dentro de las membranas de los tilacoides. El estroma, un fluido que rodea los tilacoides, es el lugar donde se producen y almacenan los azúcares.

Los cloroplastos se encuentran principalmente en las células de las partes verdes de las plantas, como los tallos verdes y, sobre todo, en las hojas. Además de los cloroplastos, existen otros tipos de plastidios, como los leucoplastos, que carecen de pigmentos y se encargan principalmente de almacenar sustancias. Entre ellos se encuentran los amiloplastos, que

almacenan almidón. Por otro lado, los cromoplastos contienen pigmentos amarillos, naranjas y rojos que proporcionan color a las hojas, flores y frutos, dependiendo de la exposición a la luz y las necesidades de la planta. Estos plastidios pueden transformarse en otros tipos según las necesidades de la planta.(7)

Una característica distintiva de las plantas es la presencia de una pared celular compuesta principalmente por celulosa, una cadena de moléculas de glucosa. Estas paredes celulares ricas en celulosa permiten diferenciar las células vegetales de otras células eucariotas, ya que las paredes de algas y hongos están compuestas principalmente por otras sustancias, y los animales no poseen paredes celulares. Varias moléculas de celulosa se agrupan para formar microfibrillas, y varias microfibrillas se unen para formar macrofibrillas. Otros componentes, como la lignina, la hemicelulosa y las proteínas, mantienen unidas las macrofibrillas. La pared celular protege la célula vegetal y determina su forma.

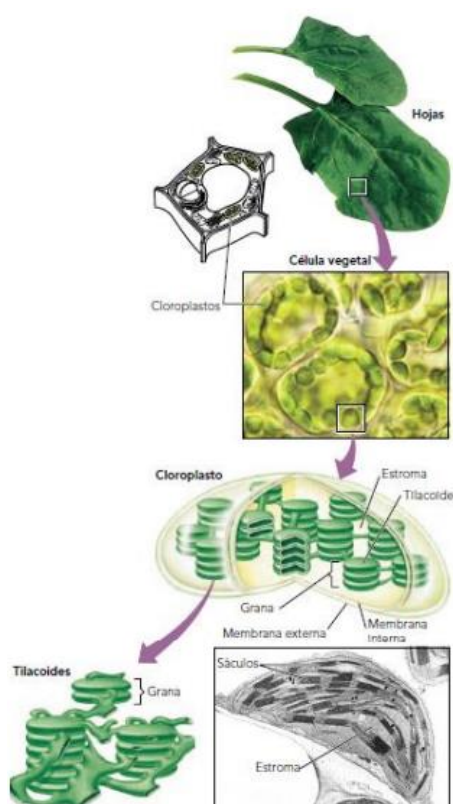


Figura 1. Estructura de un cloroplasto. (7)

1.5.2. Histología vegetal

La histología vegetal es una rama de la botánica que se dedica al estudio de los tejidos vegetales. Los tejidos son grupos de células similares que se organizan de manera estructural y funcional en las plantas.

Existen diferentes tipos de tejidos vegetales, cada uno con características específicas y funciones particulares. Estos tejidos se dividen principalmente en meristemáticos, de crecimiento y de protección.

Los tejidos meristemáticos son aquellos encargados del crecimiento y la división celular. Estos se encuentran en los extremos de los tallos y raíces de las plantas, y son responsable del crecimiento en longitud y grosor de las mismas.

Los tejidos de crecimiento se dividen en primarios y secundarios. Los tejidos primarios son los formados durante el desarrollo inicial de la planta y están compuestos principalmente por células en activo crecimiento. Estos tejidos se encuentran en las partes jóvenes de la planta, como las hojas, tallos y raíces jóvenes. Los tejidos secundarios, por otro lado, son tejidos que se forman después del crecimiento primario y contribuyen al aumento en grosor de la planta. Estos tejidos se encuentran en la corteza y la médula de los tallos y raíces más viejos.

Los tejidos de protección son aquellos encargados de proteger a la planta de daños externos, tanto bióticos como abióticos. Estos tejidos incluyen la epidermis, que es la capa externa de las hojas, tallos y raíces, y la peridermis, que es la capa protectora que reemplaza a la epidermis en las plantas leñosas.

Además de estos tipos de tejidos, existen otros tejidos especializados como los tejidos de conducción, los tejidos de sostén y los tejidos secretores. Los tejidos de conducción son aquellos responsables de transportar agua, nutrientes y otros compuestos por toda la planta. Los tejidos de sostén proporcionan soporte estructural a la planta, evitando que se caiga o colapse. Los tejidos secretores producen y almacenan sustancias como aceites

esenciales, resinas y látex, que son importantes para la supervivencia y defensa de la planta.

El estudio de la histología vegetal es fundamental para comprender el funcionamiento y la estructura de las plantas. A través de técnicas de procesamiento de muestras, se pueden obtener cortes finos de tejidos vegetales que permiten su observación microscópica. Esto proporciona información valiosa sobre las diferentes células y tejidos que componen a las plantas, así como sus funciones y adaptaciones particulares.

La histología vegetal también tiene aplicaciones prácticas en la agricultura y la silvicultura, ya que permite estudiar y comprender mejor los mecanismos de crecimiento y desarrollo de las plantas, así como los efectos de diversos factores ambientales y enfermedades en su anatomía y fisiología.(9)

1.5.3. Órganos de una planta vascular

1.5.3.1. La raíz

La raíz, derivada del término latino radix, es un órgano de las plantas que se inserta en el suelo o en cualquier otro medio para obtener los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo del vegetal. La función principal de la raíz es actuar como soporte y crecer en dirección opuesta al tallo. Tiene dos funciones principales: anclaje de la planta al suelo y absorción de agua y minerales. La absorción ocurre cerca de la punta de la raíz, a través de pelos radicales, pequeñas extensiones de las células dérmicas radiculares que aumentan considerablemente la superficie de la raíz. Aunque la mayoría de la raíz se utiliza para alcanzar las regiones del suelo donde se pueden recoger agua y nutrientes, también se almacenan alimentos en algunas raíces, como zanahorias y camotes, que son importantes para los seres humanos. Aunque la raíz almacena alimentos, en realidad no los produce. La raíz no realiza la fotosíntesis y, por lo tanto, generalmente se desarrolla alejada de la luz. Además de la absorción y el transporte, la raíz también produce hormonas y otras sustancias que regulan el desarrollo y la estructura de la planta.(10)

Morfología de la raíz

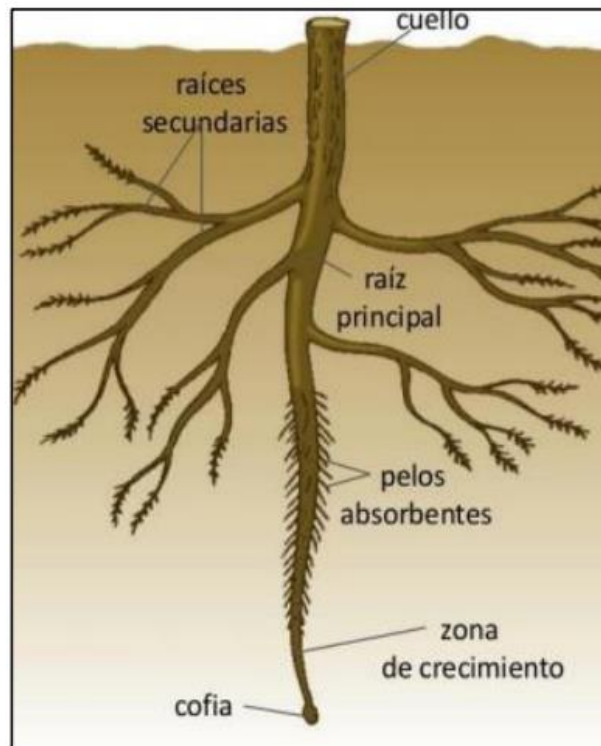


Figura 2. Morfología de la raíz. (11)



Figura 3. Morfología externa de la raíz. (11)

Las características morfológicas de la raíz pueden variar ampliamente dependiendo de la planta y su hábitat. La raíz se encuentra en plantas vasculares, pero no en algas ni musgos. Está compuesta por tejido

epidérmico, corteza y cilindro vascular. El tejido epidérmico cubre la parte joven de la raíz, mientras que la corteza cubre las partes más viejas. La epidermis de la raíz no tiene una cutícula o esta es muy delgada, lo cual aumenta su permeabilidad.

La raíz es la primera formación embrionaria que surge al germinar la semilla. La radícula, que es inicialmente poco especializada, se desarrolla a partir de ella y se convierte en la raíz primaria. Esta raíz está protegida en su extremo por una estructura llamada caliptra.(10)

La estructura de las raíces puede variar, pero es más simple que la del tallo, ya que no tiene nudos ni hojas.

En ellas se pueden identificar:

- Cuello: región conectada al tallo en la base de la planta.
- Raíz primaria o principal: primera raíz formada en la planta, se desarrolla a partir de la radícula del embrión.
- Raíces laterales o secundarias: se originan de la ramificación de la raíz principal o de otras raíces.
- Pelos absorbentes: se encuentran en la región pilífera, con numerosas prolongaciones finas y blancuzcas, encargados de absorber nutrientes del suelo.
- Zona de crecimiento o alargamiento: donde las células de los meristemas se alargan, ocurren divisiones celulares y se inicia la diferenciación de tejidos.
- Cofia o caliptra: capa protectora que cubre la punta de la raíz y facilita la penetración en el suelo. (10)

Hay dos tipos de crecimiento radical que son distintos entre sí: el primero es el sistema radical axonomorfo o primario, y el segundo es el sistema radical fasciculado o fibroso.

Sistema radical axonomorfo

La mayoría de las plantas dicotiledóneas y gimnospermas tienen un sistema radical axonomorfo, el cual consta de una raíz principal o pivotante, cuya función es buscar fuentes de agua que se encuentran a gran profundidad. Esta raíz crece directamente a partir de la radícula (raíz embrionaria) y produce raíces ramificadas conocidas como raíces laterales o secundarias. Estas raíces, a su vez, se ramifican, formando así un sistema radical extenso.(10)

Sistema radical fasciculado

Las plantas vasculares sin semillas y la mayoría de las monocotiledóneas, como las gramíneas, tienen un sistema radical fasciculado. En lugar de tener una raíz principal desarrollada, tienen varias raíces adventicias que emergen desde la base del tallo. Estas raíces no provienen de otras raíces. En un sistema radical fasciculado, no hay una raíz dominante en términos de longitud. Cada raíz adventicia produce raíces laterales, creando un sistema generalmente superficial y horizontal en comparación con un sistema radical pivotante o axonomorfo. Esta ubicación superficial permite a las raíces absorber agua rápidamente antes de que se evapore. Además de estos sistemas radiculares clásicos, también existen diferentes tipos de raíces especializadas.

- **Raíces aéreas**

Algunos ejemplos de raíces especializadas incluyen las epífitas, como las orquídeas y bromelias, que crecen sobre otros árboles, pero no se alimentan de ellos. También se encuentran las raíces aéreas tipo zanco, como las que se ven en las plantas de maíz y que se extienden fuera del tallo y se insertan en el suelo. Otra forma de raíces especializadas son las trepadoras, como la hiedra, que le permite aferrarse a superficies verticales.(10)

- **Raíces tubulares o contrafuertes**

Se conocen como raíces tubulares o contrafuertes a las raíces en forma de

campana que se extienden desde el tronco del árbol para estabilizarlo, de manera similar a los contrafuertes en los muros de una catedral medieval. En las regiones tropicales, algunos árboles desarrollan raíces tabulares o contrafuertes enormes que los anclan en el suelo débil que a veces se encuentra en estas áreas.

- **Raíz napiforme**

Se compone de una raíz primaria que se encuentra muy hinchada y su principal función es guardar sustancias alimenticias. Tiene muy pocas raíces secundarias, como ocurre en el caso de los nabos y las zanahorias.(10)

- **Raíz tuberosa**

Poseen una composición fasciculada que, tras almacenar sustancias de reserva, experimentan un notable incremento en tamaño. Estas raíces tuberosas se originan en forma de un conjunto que surge desde la zona del cuello o base de la planta. Algunos ejemplos destacables son la yuca, el camote, la mashua y la dahlia.

- **Raíz ramificada**

Se trata de las que, sin tener un origen dominante, evocan, por su apariencia, a las ramificaciones de un árbol.

- **Raíces chupadoras**

Se refiere a las plantas parásitas que, mediante la formación de haustorios, penetran en otras plantas con el fin de obtener los nutrientes necesarios.

- **Raíz acuática**

Estas raíces se alimentan de los nutrientes esenciales para la planta directamente del agua, por lo tanto, no tienen contacto con el suelo. Estas plantas generalmente son arrastradas por las corrientes de ríos, aunque también pueden habitar en aguas tranquilas como las de los lagos.

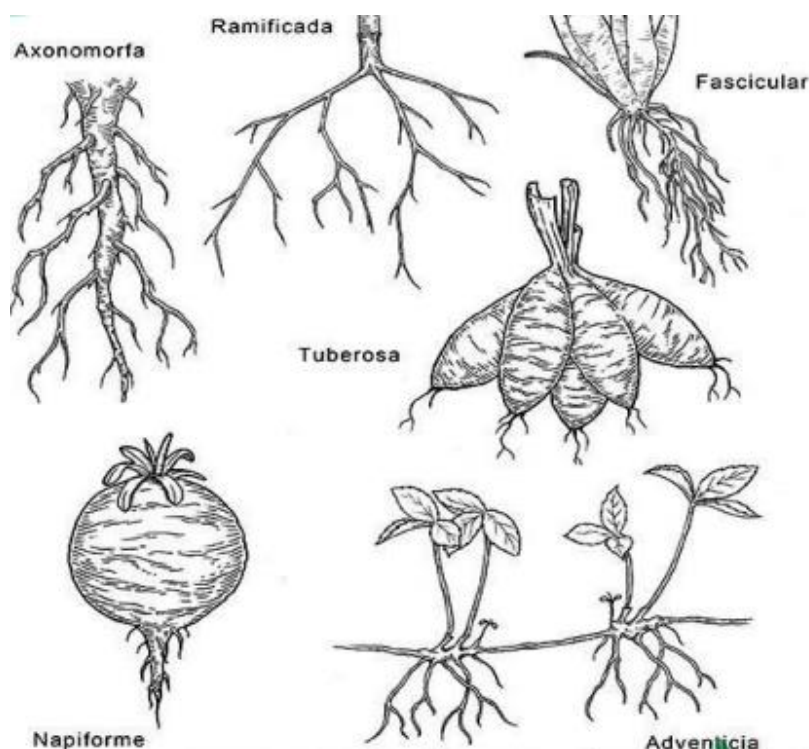


Figura 4. Tipos de raíces. (12)

Importancia de las raíces

A lo largo de la historia de la humanidad, se ha utilizado las raíces como una fuente de alimento tanto para los seres humanos como para los animales. Algunos ejemplos incluyen la zanahoria y la yuca, que son parte importante de las culturas amazónicas y se utilizan para producir varios productos alimenticios, como la chicha. Además, existen otras raíces comestibles como la remolacha, la mashua, el nabo y el rábano.

En la industria, se utilizan diferentes plantas para diversos propósitos. Por ejemplo, la remolacha se utiliza para obtener azúcar en Europa y otros países. También se utiliza la raíz del azafrán para dar color a los alimentos. En el campo de la medicina, se utilizan diversas plantas con propiedades curativas. Por ejemplo, la raíz de ipecacuana se utiliza como un vomitivo y es eficaz en el tratamiento de la disentería amibiana. La valeriana actúa como un antiespasmódico, mientras que el ruibarbo es un purgante. La zarzaparrilla tiene propiedades diuréticas, el acónito es un antineurálgico y la belladona se usa como sedante para tratar neuralgias y asma. La genciana se utiliza

como un tónico digestivo y el ginseng se ha utilizado en la medicina china para estimular el sistema inmune y cardiovascular, entre otros beneficios terapéuticos.(10)

Las raíces cumplen una función ecológica relevante debido a que su estructura forma una especie de protección en forma de malla en el suelo. Esta malla evita que se desprenda cuando es golpeado por elementos externos. Además, al adherirse a las partículas del suelo, las raíces lo mantienen unido como si tuviera un tipo de adhesivo. Por último, absorben el exceso de agua que debilitaría el terreno y causaría su desprendimiento, especialmente en las pendientes inclinadas. Cuanto mayor sea la cantidad de raíces que se extienden a lo largo y ancho del suelo, mayor será su protección, ya que la malla que lo cubre será más grande. Por eso, se considera que las raíces retienen la tierra. Su importancia es tan alta que incluso si se eliminan las plantas que cubren el suelo, sus raíces enterradas pueden mantenerlo sujeto durante meses o incluso años, siempre que permanezcan intactas dentro del suelo.

También, pueden servir como hogar para diversos seres vivos y algunas establecen relaciones simbióticas que benefician la vida de las plantas, como las micorrizas, que son una asociación beneficiosa entre un hongo y las raíces de las plantas.(10)

1.5.3.2. El tallo

Los tallos son órganos de las plantas que se encuentran opuestos a la raíz y son responsables de soportar hojas y otras partes vegetativas. Además de su función estructural, los tallos también se encargan de conducir minerales y agua desde la raíz hacia el resto de la planta, así como transportar los productos elaborados hacia su almacenamiento o uso por parte de la planta. Los tallos se originan a partir de la yémula o plúmula del embrión de la semilla.

Un tallo puede referirse a cualquier parte de la planta que sostenga hojas o

estructuras reproductoras. Su tamaño puede variar, desde un tallo delgado que sostiene una pequeña flor, hasta un gran tronco de árbol con varios metros de diámetro y altura. En las plantas leñosas, las ramas que comúnmente vemos son en realidad tallos más cortos unidos a un tallo principal más largo. Independientemente del tamaño, todos los tallos disponen las hojas en la posición óptima para realizar la fotosíntesis.(13)

Estructura del tallo

Cuello: Es una línea imaginaria que separa la parte superior del tallo de la raíz.

Cuerpo: Es la sección más desarrollada del tallo, ubicada entre el cuello y el extremo vegetativo. Aquí es donde se forman las ramas y también se conoce como tallo principal o eje caulinar.

Tiene las siguientes partes:

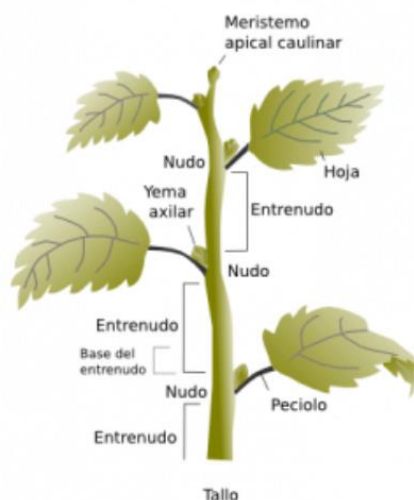


Figura 5. Partes del tallo. (12)

- a) **Nudos:** Son áreas engrosadas que se encuentran de manera intermitente a lo largo del tallo y son el punto de origen de las hojas.
- b) **Entrenudos:** Son los espacios que se encuentran entre dos nudos consecutivos del tallo.

- c) La punta vegetativa o punto vegetativo se encuentra en el extremo del tallo y está compuesta por células meristemáticas que se dividen de manera continua. Esta zona del tallo genera las yemas, que son estructuras ovaladas protegidas por hojas modificadas. Estas yemas tienen células que se reproducen activamente, lo que permite el crecimiento del tallo. Además, existen otras yemas como:
- Yemas terminales o punto de crecimiento: Se encuentran en la parte superior del tallo y determinan el crecimiento del mismo.
 - Yemas laterales: Se localizan en los nudos del tallo y son responsables de la formación de ramas y hojas.
 - Yemas adventicias: Son aquellas que se encuentran en cualquier parte del organismo vegetal, lo que resulta en:
 - Yemas florales: Dan origen a las flores.
 - Yemas foliares: Generan hojas.
 - Yemas mixtas: Generan tanto hojas como flores.(13)

Funciones de los tallos

- La primera función de los tallos es proporcionar apoyo y estructura aérea a las hojas, flores y frutos.
- La segunda función es transportar los nutrientes elaborados hacia diferentes partes de la planta, mientras que también llevan agua y sales minerales desde las raíces hacia las hojas y otras estructuras.
- Los tallos verdes realizan fotosíntesis para producir sustancias nutritivas.
- Algunos tallos almacenan sustancias de reserva.
- Los tallos modificados, como los estolones, están involucrados en la reproducción de la planta.

Clasificación de los tallos

a. Según su consistencia, los tallos pueden ser clasificados en diferentes categorías.

- Los tallos herbáceos son suaves y flexibles, mayormente de color verde.
- Los tallos leñosos, por otro lado, son duros y contienen lignina y tejido de corcho. Un ejemplo de tallo leñoso son los troncos de los árboles.
- Los tallos semileñosos tienen una consistencia intermedia, con una base leñosa, pero con un extremo que conserva características herbáceas. Algunos arbustos poseen tallos semileñosos.
- Lasas suculentas, como las cactáceas, tienen tejido parenquimatoso acuático que les permite almacenar agua durante épocas de sequía. Además, su consistencia es semisólida.

b. Por el medio en donde se desarrollan

- Los tallos acuáticos crecen en ambientes acuáticos o en áreas con barro.
- Los tallos aéreos, por otro lado, son predominantes en la mayoría de las plantas.(14)
 - El tronco es el tallo ramificado de los árboles y arbustos que tiene una consistencia leñosa y puede crecer de forma secundaria. Un ejemplo de esto serían los árboles en general.
 - La caña es un tallo cilíndrico que tiene nodos y entrenudos muy evidentes a lo largo de su longitud. Algunos ejemplos de plantas con tallos de este tipo son el trigo, el arroz, los pastos, entre otros.
 - El estípite es muy similar al tronco, pero no tiene crecimiento secundario y carece de ramificaciones

laterales. En el extremo del estípite, se desarrolla una roseta de hojas. Algunos ejemplos de plantas con este tipo de tallo son las palmeras y los helechos arbóreos.

- Estolón: se refiere a un tipo de tallo que crece horizontalmente y va en contacto con el suelo, desarrollando raíces a medida que avanza. Un ejemplo de esto es el tallo de la fresa.
- Zarcillo: hace referencia a un tallo que se enrosca alrededor de un soporte para sostenerse. Algunos tallos de la uva son un buen ejemplo de esto.
- Espina: se trata de un tallo modificado que adopta una forma puntiaguda.(14)

Tallos subterráneos

Son aquellos que se desarrollan total o parcialmente debajo de la tierra:

- Rizoma, que se encuentra en muchas plantas y cumple la función de anclar firmemente la parte aérea de la planta al suelo. Los rizomas crecen de manera horizontal bajo la tierra, paralelos al suelo. Las yemas presentes en estos tallos emiten nuevos brotes que crecen hacia el exterior y se desarrollan en hojas. Además, los rizomas están protegidos por escamas y siempre cuentan con raíces adventicias. Algunos ejemplos de plantas que poseen rizomas son la grama y el lirio.
- Un tubérculo es una parte subterránea de una planta que contiene principalmente almidones como sustancias de reserva. A partir de las yemas presentes en los tubérculos, se desarrollan brotes que emergen hacia el exterior. Estos tubérculos tienen una forma alargada con extremos redondeados. Un ejemplo común de tubérculo es la papa.
- Bulbo es un tipo de tallo muy corto que tiene forma de disco o plato, generalmente se encuentra bajo tierra y tiene raíces fibrosas en la

parte inferior y una yema en la parte superior. La yema está protegida por hojas engrosadas llamadas catafilos, que pueden almacenar sustancias o proteger el tallo. Algunos bulbos tienen un tallo sólido que ocupa la mayor parte del bulbo y almacena las sustancias de reserva, como el caso del gladiolo. Ejemplos comunes de bulbos son la cebolla, el ajo, el tulipán y la azucena.(14,15)

Utilidad de los tallos

La utilidad de los tallos es amplia y diversa. Por ejemplo:

- Son utilizados como alimento para los seres humanos, como es el caso de la papa.
- También son aprovechados en diversas industrias, como la caña de azúcar para la extracción de azúcar, y en la industria papelera y textil.
- Pueden ser utilizados como materia prima en la medicina, como el jengibre.
- Son utilizados como alimento para animales, como el forraje de las plantas herbáceas, como las gramíneas.
- Los tallos también son aprovechados en la construcción y carpintería, especialmente la madera proveniente de árboles de crecimiento lento que son más resistentes y se utilizan en la fabricación de muebles.
- Los árboles de crecimiento rápido proporcionan maderas más blandas que son principalmente utilizadas en la producción de papel.
- En muchas sociedades, se utiliza el tallo de las plantas como combustible, lo cual está provocando una tala descontrolada de árboles y, por lo tanto, está ocasionando serias consecuencias para el medio ambiente.
- A nivel global, la madera se utiliza principalmente como combustible y para la producción de papel en una proporción igualitaria, siendo la construcción su tercer uso más común. Sin embargo, esta demanda creciente de papel está promoviendo la investigación en recursos no forestales.

- A pesar de ello, la madera sigue siendo el material de construcción principal en países en desarrollo, aunque su uso desmedido está contribuyendo a problemas ambientales significativos debido a la deforestación.(10)

1.5.3.3. La hoja

Las hojas son los órganos primarios encargados de llevar a cabo la fotosíntesis en una planta. Sin embargo, también desempeñan otras funciones importantes. El proceso de formación de las hojas comienza en el meristemo apical del vástago, donde se forman pequeñas protuberancias de tejido llamadas primordios foliares. Estos primordios se expanden a medida que las células se dividen y crecen, dando lugar al tallo delgado y a la parte plana de la hoja, conocida como limbo.

La estructura de las hojas puede variar dependiendo de las diferentes condiciones ambientales en las que se encuentre la planta. Estas modificaciones permiten maximizar la superficie de la hoja, lo que a su vez aumenta la capacidad de captación de luz solar necesaria para llevar a cabo la fotosíntesis.(10,14)

Histología de la hoja

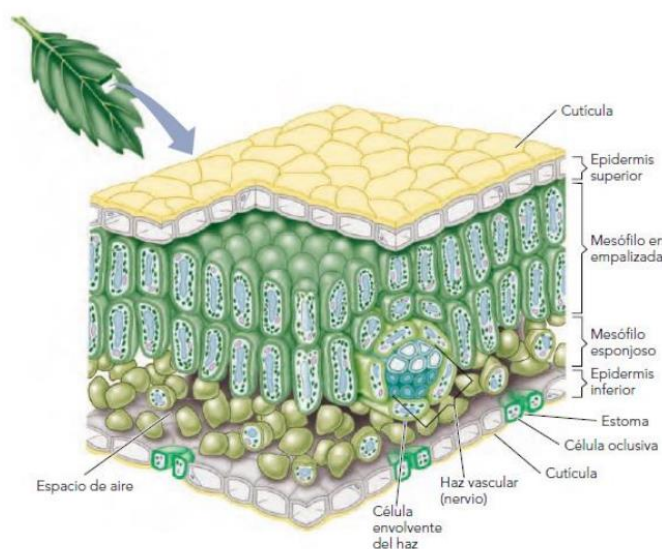


Figura 6. Histología de la hoja. (7)

La epidermis de la hoja desempeña un papel importante tanto en la protección como en la regulación del intercambio de gases. Las células de la epidermis producen una capa llamada cutícula que reduce la pérdida de agua y evita la entrada de hongos y bacterias. El intercambio de CO₂, O₂ y vapor de agua con el aire se lleva a cabo a través de los estomas, que son poros regulados por dos células llamadas células guarda. Los estomas controlan el movimiento de vapor de agua, CO₂ y O₂. En general se encuentran en mayor número en la parte inferior de la hoja, donde están protegidos de temperaturas altas y acumulan menos polvo y esporas fúngicas.

El mesófilo, que es el tejido fundamental de las hojas, es responsable de llevar a cabo la fotosíntesis. Se encuentra entre las capas superior e inferior de la epidermis. Las células del mesófilo contienen cloroplastos y están especializadas en la fotosíntesis. Algunas células del mesófilo adoptan una forma alargada y se alinean debajo de la epidermis en una disposición llamada mesófilo en empalizada o parénquima en empalizada. Estas filas celulares del parénquima en empalizada se encuentran en la parte de la hoja que recibe más luz solar. El mesófilo esponjoso permite el movimiento de gases a todas las partes de la hoja. (16)

Características estructurales de las hojas

Hay muchos tipos de hojas que permiten distinguir unas plantas de otras, pero, esencialmente, toda hoja está formada por las partes siguientes:

- El pecíolo es la estructura que conecta la lámina de una hoja con su base foliar o el tallo. Algunas hojas no tienen pecíolo y se conocen como hojas sésiles. Este tipo de hoja es común en las Monocotiledóneas, donde la base de la hoja rodea el tallo formando una vaina. Los pecíolos suelen tener forma cilíndrica y pueden ser muy largos o tan cortos que no se pueden distinguir a simple vista, dependiendo de la especie de planta. También pueden variar en tamaño, forma y accesorios, y a menudo presentan estípulas, que son pequeñas laminillas de aspecto foliar unidas al nudo. En ocasiones, el

pecíolo puede tener forma similar a un tallo o una hoja, lo que dificulta la distinción clara entre el pecíolo y la hoja, especialmente cuando el pecíolo se acerca al limbo y adquiere un aspecto más foliar. El pecíolo puede ser una característica importante para la identificación de una planta.

- La base foliar, también conocida como vaina, es la parte ensanchada donde el pecíolo se une al tallo.
- Las estípulas se encuentran en ambos lados del pecíolo, sobre la base foliar, y son apéndices con diversas formas, a veces similares a hojas.
- El limbo es la parte ancha de la hoja, es la parte más visible y la que la mayoría de las personas identifican como hoja. Es una porción delgada y plana de color verde, que tiene dos caras: la adaxial o superior que se dirige hacia el ápice de la planta, y la cara abaxial o inferior que se dirige hacia la base del tallo.

Cuando ambas caras de una hoja son del mismo color, se le denomina concolora. Cuando las caras son de colores distintos, generalmente el haz de la hoja es de un verde más oscuro, y se le llama discolora. En el limbo de la hoja, se pueden distinguir las nervaduras, que son arrugas o canales que recorren su superficie. Estas nervaduras son en realidad los vasos conductores que se encuentran a lo largo de la hoja. Además, en el limbo se puede observar el margen de la hoja, que puede tener diferentes formas y se utiliza para diferenciar las hojas entre sí.(16)

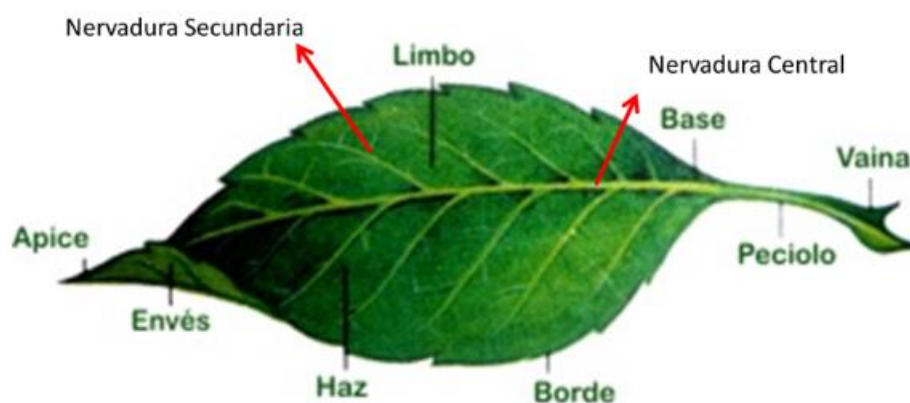


Figura 7. Estructura de la hoja. (10)

Clasificación de las hojas

Clasificación de las hojas según la división del limbo

La manera en que el limbo permite clasificar las hojas en dos categorías distintas:

- Las hojas simples tienen un limbo que puede estar completo o ligeramente dividido, pero sin llegar al nervio principal.
- Por otro lado, las hojas divididas o compuestas muestran un limbo totalmente dividido hasta el nervio principal, creando la apariencia de varios limbos unidos por un único pecíolo.

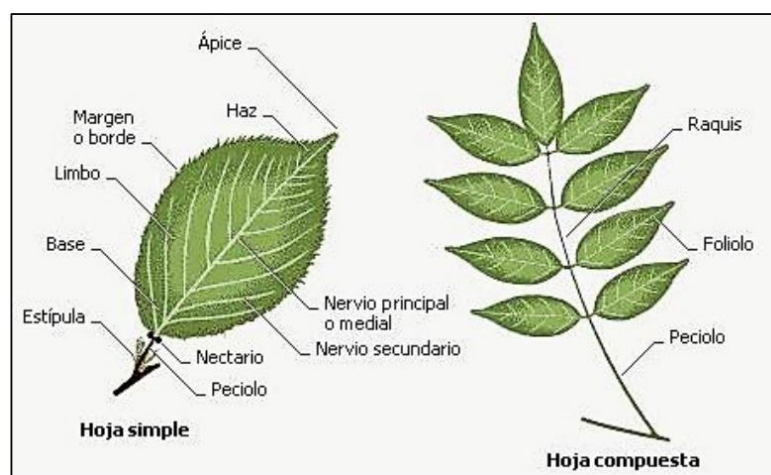


Figura 8. Hoja simple y hoja compuesta. (17)

Las hojas que están formadas por varias hojitas pueden ser clasificadas en: hojas imparipinnadas, hojas paripinnadas, hojas biimparipinnadas y hojas biparipinnadas.(16)

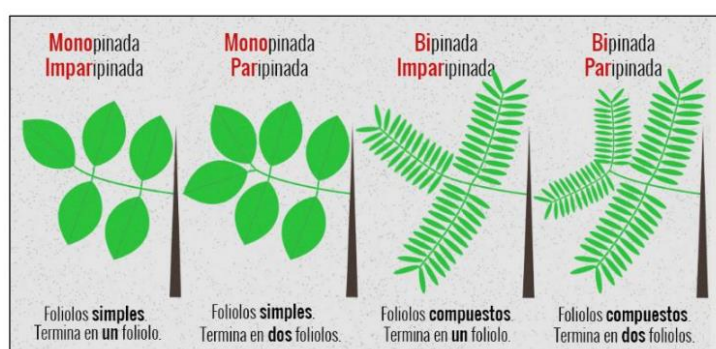


Figura 9. Tipos de hojas compuestas. (18)

Clasificación de las hojas según la nervadura

La estructura de las venas o nervios de las hojas puede variar según la especie, pero las más frecuentes son las que presentan una disposición paralela desde la base, llamadas venas paralelas, y aquellas que tienen nervios principales de los que se ramifican otros nervios secundarios formando una red, conocidas como venas reticulares.(16)

- Hojas paralelinervias: en estas hojas, todos los nervios son paralelos y se extienden longitudinalmente desde el pecíolo hasta el extremo de la hoja. Este tipo de nervadura se encuentra en las hojas de las plantas monocotiledóneas.
- Hojas penninervias o pinnatinervias: en estas hojas, hay un nervio central del cual parten todos los demás nervios a lo largo de su eje, similar a las barbas de una pluma de ave que se extienden desde el raquis. Un ejemplo de este tipo de hoja es la hoja del avellano.
- Hojas curvinervias: en este tipo de hoja, varios nervios que se originan en el pecíolo no se extienden paralelamente, sino que describen una curva suave a lo largo de toda la hoja hasta su ápice. Un ejemplo de hoja curvinervia es la hoja del llantén.
- Hojas palminervias: en estas hojas, hay más de un nervio principal ramificado que se origina desde el pecíolo, similar a los dedos de la mano.
- Nervadura radial: en este tipo de hoja, los nervios parten de un centro común en forma de radios.(16)

Clasificación de las hojas simples según su forma

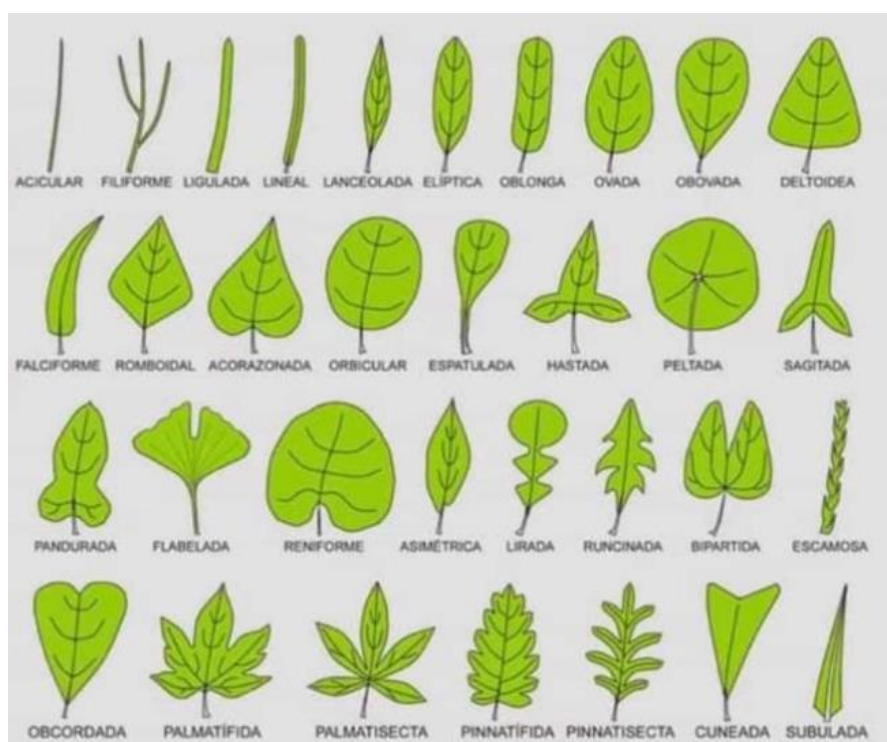


Figura 10. Clasificación de las hojas según su forma. (17)

Clasificación de las hojas simples según su borde

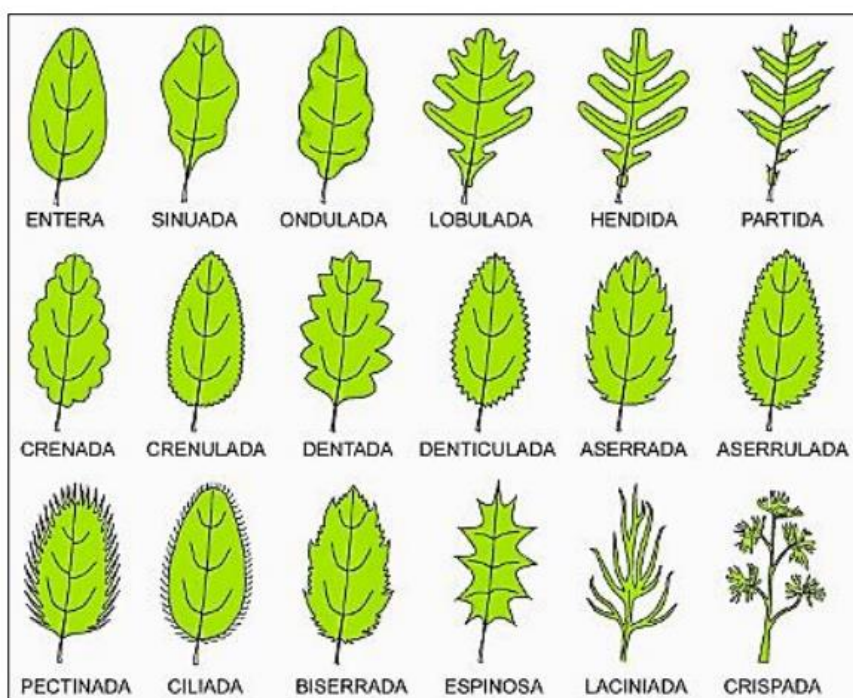


Figura 11. Clasificación de las hojas según su borde. (17)

Hojas con funciones especiales

Las plantas han desarrollado adaptaciones en sus hojas para cumplir con funciones específicas. Estas adaptaciones están dirigidas a reducir la pérdida de agua en hojas resistentes a la sequía. Las plantas que crecen en ambientes secos y desérticos son conocidas como xerófitos.

Algunas plantas del desierto solo producen hojas durante las estaciones lluviosas breves y otras desarrollan hojas o tallos gruesos y suculentos que retienen agua durante los períodos secos. Las hojas de las plantas del desierto suelen tener cutículas gruesas y estomas hundidos, que están protegidos del viento para minimizar la pérdida de agua. Algunas plantas también tienen densas capas de tricomas en sus hojas, lo que les da un aspecto lanoso y de color blanco. Estos tricomas ayudan a reducir la pérdida de agua y evitan que las hojas se sobrecalienten.

Algunas plantas trepadoras poseen zarcillos, que son estructuras largas y delgadas con la capacidad de enrollarse en espiral y adherirse a una estructura de apoyo. Por lo general, los zarcillos son hojas modificadas, tal como ocurre en el caso de las plantas de guisante.

Las plantas acuáticas como los nenúfares tienen hojas flotantes que contienen cámaras de aire adicionales entre las células del mesófilo esponjoso, lo que les permite flotar. Las brácteas son hojas modificadas que se encuentran en la base de las flores y no forman parte de la flor propiamente dicha. Por ejemplo, las flores de Pascua tienen brácteas de color rojo o blanco. En muchas plantas, las hojas pueden ser utilizadas como medio de reproducción asexual.(14)

1.5.3.4. La flor

Las Angiospermas se caracterizan por sus flores particulares, las cuales poseen semillas encerradas. Los meristemos apicales, que se convierten en órganos reproductores, generan flores masculinas, femeninas o hermafroditas, dependiendo de la especie. Diversos agentes como el viento,

insectos, aves y algunos mamíferos como los murciélagos, se encargan de transferir los granos de polen hacia las partes femeninas de las flores. Los polinizadores son atraídos hacia las flores gracias a sus colores llamativos, néctar dulce y otros elementos que los atraen involuntariamente, transportando polen de una planta a otra.(19)

La flor es un tallo de crecimiento definido con entrenudos cortos, donde se encuentran las hojas modificadas conocidas como antófilos o hojas florales. En la flor ocurren los procesos esenciales de reproducción sexual: la meiosis y la fecundación.

Generalmente, las flores se encuentran en la axila de las hojas. En ocasiones, las hojas se modifican al pasar al estado floral, dando lugar a las brácteas o hipsófilos, que suelen ser coloridas, como las brácteas amarillas de *Pachystachys lutea* y las de color rojo en *Euphorbia pulcherrima* (la Flor de pascua).

Las flores están acompañadas de bractéolas o profilos, una en posición dorsal en monocotiledóneas y dos en posición lateral en dicotiledóneas, generalmente.

Características morfológicas de la flor

Las flores tienen un eje de crecimiento limitado llamado pedúnculo floral, que se ensancha en el extremo superior para formar el cálamo o receptáculo. Este cálamo es donde se encuentran las partes de los verticilos florales, que son elementos florales dispuestos en el mismo plano.

En una flor completa, se pueden distinguir los siguientes verticilos de afuera hacia adentro:

- El cáliz, compuesto por los sépalos. Si los sépalos están separados, se llama cáliz dialisépalo. Si están unidos, se llama cáliz gamosépalo.
- La corola, formada por los pétalos. Si los pétalos están unidos, se denomina corola gamopétala, y si están separados, se llama corola dialipétala.

- El androceo, compuesto por los estambres, donde se forma el polen.
- El gineceo, formado por los carpelos, que contienen los óvulos.(19)

El perianto de la flor está formado por el cáliz y la corola, que son las partes estériles. Por otro lado, el androceo y el gineceo forman la parte fértil de la flor.

El androceo es la parte masculina y está compuesto por los estambres que tienen el filamento y la antera, esta última es donde se desarrollan los gametofitos masculinos o polen.

El gineceo, en cambio, está compuesto por los carpelos, que se dividen en estigma, estilo y ovario. Dentro de los ovarios se encuentran los gametofitos femeninos u óvulos. A veces, se usa el término pistilo para referirse a un solo carpelo, que se conoce como pistilo simple o carpelo simple, o a un grupo de carpelos soldados, que se llaman pistilo compuesto o carpelo compuesto, cada carpelo o grupo de carpelos soldados (pistilo) incluye un estigma, un estilo y un ovario, como se mencionó anteriormente.

El ovario alberga uno o varios óvulos, que se hinchan y se convierten en parte o en su totalidad del fruto. Cuando un grano de polen queda depositado en el estigma, germina y desarrolla un tubo polínico que crece hacia abajo a través del estilo hasta llegar al ovario. Al penetrar en el gametófito femenino, la célula espermática fertiliza la ovocélula, que posteriormente se convierte en cigoto.

Después de la fertilización, el óvulo se transforma en una semilla. Una segunda célula de esperma del grano de polen se une a dos o más núcleos producidos por el gametófito femenino para formar un núcleo endospermico poliploide, que se divide y produce nutrientes para el embrión en desarrollo.

La estructura de una flor puede variar considerablemente. Por ejemplo, las flores pueden tener diferentes tipos de estructuras. Se considera que una flor es completa cuando tiene los cuatro tipos de estructuras florales: sépalos, pétalos, estambres y carpelos.

Una flor se considera incompleta si le falta uno o más de estos tipos de hojas modificadas. Las flores también se pueden clasificar según si tienen ambos tipos de hojas modificadas fértiles o no. Una flor hermafrodita o bisexual, también conocida como flor perfecta, tiene tanto estambres como carpelos. Una flor unisexual, también conocida como flor imperfecta, solo tiene estambres o carpelos, pero no ambos.(14,15)

Si la planta tiene flores unisexuales, existen diferentes tipos según su distribución:

- Plantas monoicas: tienen flores masculinas y femeninas en la misma planta (ejemplo: *Zea mays*).
- Plantas dioicas: tienen dos tipos de individuos, plantas masculinas y plantas femeninas (ejemplo: *Carica papaya*).

Existen variaciones en la simetría de las flores. Aquellas con una simetría radial se consideran regulares, también conocidas como flores actinomorfas o radiales. En este tipo de simetría, las partes florales se extienden desde el centro hacia afuera. Ejemplos de este tipo son las flores de manzano y tulipanes. Por otro lado, algunas flores tienen una simetría bilateral, lo que significa que solo se pueden dividir a lo largo de una línea imaginaria que produce dos partes exactamente iguales. Estas flores se denominan irregulares o zigomorfas. Ejemplos de este tipo son la boca de dragón y varias especies de orquídeas. También existen flores secundariamente asimétricas, que han perdido piezas o han experimentado cambios de posición, lo que resulta en la pérdida de planos de simetría.(10)

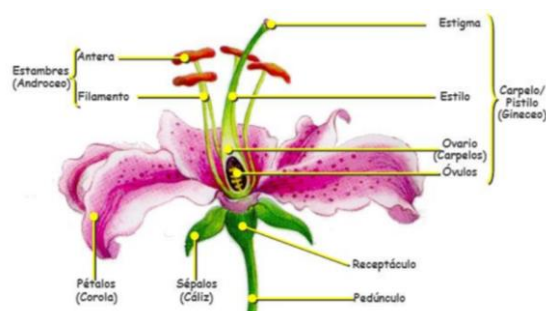


Figura 12. Morfología básica de una flor. (20)

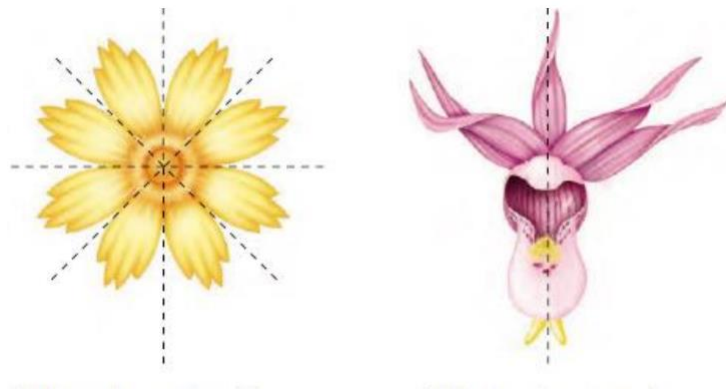


Figura 13. Flor regular, Flor irregular. (7)

Inflorescencia, definición, estructuras y clasificación de las inflorescencias

La inflorescencia se refiere a la disposición de las flores en una planta. Es un término que engloba diferentes características de la estructura floral y su organización.

La estructura de una inflorescencia puede variar según diferentes factores, como el tipo de planta, la especie y las condiciones ambientales. Sin embargo, existen algunas estructuras básicas que pueden ser identificadas:

- **Pedúnculo:** es el tallo largo que sostiene a la inflorescencia.
- **Pedicelo:** es el tallo más corto que sostiene a cada flor en la inflorescencia.
- **Eje:** es la parte central de la inflorescencia donde se encuentran los pedicelos y las flores.
- **Brácteas:** son hojas modificadas que se encuentran en la base de la inflorescencia.

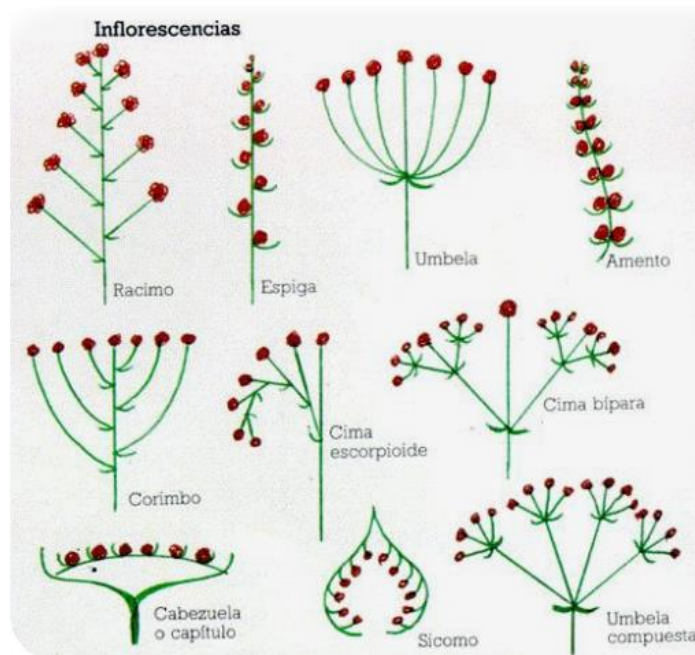


Figura 14. Inflorescencia. (10)

La clasificación de las inflorescencias puede ser basada en diferentes características:

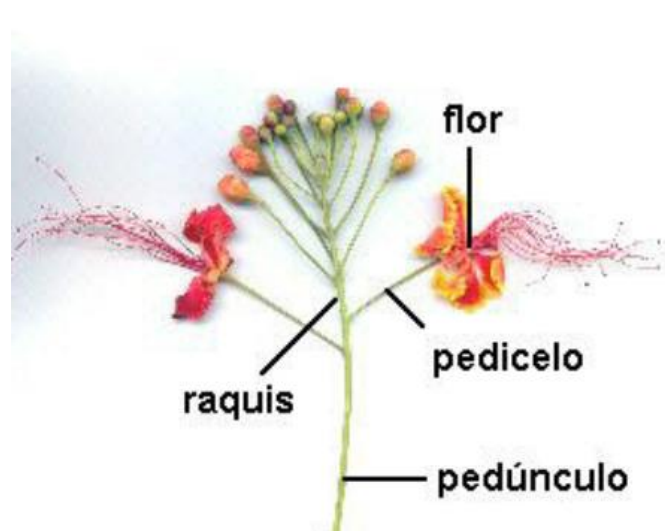


Figura 15. Características de las inflorescencias. (17)

- **Inflorescencia racimosa:** se caracteriza por tener un eje alargado con flores que se distribuyen en pedicelos más cortos, como en el caso de las uvas o los racimos de uvas.

- **Inflorescencia cimosa:** se caracteriza por tener un eje corto con una flor en la punta, seguida de otras flores más abajo en pedicelos más cortos, como en el caso de las margaritas.
- **Inflorescencia umbelada:** se caracteriza por tener todas las flores en el mismo nivel, sostenidas por pedicelos de igual longitud que se originan en un punto central, como en el caso de algunas especies de umbelíferas.
- **Inflorescencia espiga:** se caracteriza por tener flores sésiles dispuestas verticalmente en el eje, como en el caso del trigo.
- **Inflorescencia capitulada:** se caracteriza por tener flores muy agrupadas y comprimidas en una estructura cerrada, como en el caso de las flores del girasol.(21)

Función de las flores

Las flores juegan un papel crucial en el proceso reproductivo de las plantas, ya que su principal objetivo es facilitar la fecundación y la producción de semillas, lo cual lleva a la propagación de la especie.(19)

Formas de polinización y proceso de fecundación

La **polinización** se refiere al movimiento del polen desde la parte masculina de la flor (antera) hasta la parte femenina (estigma). Puede ocurrir de dos formas: directa o indirecta.

La polinización directa ocurre cuando el polen cae en el estigma de la misma flor, lo cual solo es posible en las flores hermafroditas, que tienen órganos reproductores masculinos y femeninos. Aunque las flores hermafroditas son comunes, la polinización directa no es la más frecuente. Esto se debe a que, en ocasiones, los órganos masculinos y femeninos de la flor no maduran al mismo tiempo, o el estigma se encuentra fuera del alcance del polen debido a diferencias en la longitud de los órganos.

En las flores que no se abren, la polinización debe ser directa ya que no hay posibilidad de que el polen llegue a otras flores.

Muchas flores, incluso las hermafroditas, se benefician al ser fecundadas por polen proveniente de otras plantas. Esto se debe a que la fecundación cruzada promueve el desarrollo de plantas más fuertes y que conservan mejor sus características.(19)

En la polinización indirecta o cruzada, que es la más común, el polen de una flor se deposita en el estigma de otra flor de la misma especie. Solo las plantas monoicas y dioicas pueden ser fertilizadas de esta manera. Para que el polen de una flor llegue al estigma de otra flor, están involucrados diferentes agentes externos, como el viento, los insectos, los pájaros, el agua y el ser humano. Estos agentes ocasionan diferentes tipos de polinización: anemófila (por el viento), entomófila (por los insectos), ornitófila (por los pájaros), hidrófila (por el agua) y artificial (realizada por el hombre).

La fecundación implica la unión de los espermatozoides o gametos masculinos con los gametos femeninos presentes en el ovario. Para que ocurra esta fusión, se llevan a cabo tres etapas: (19)

- Proceso de germinación y desarrollo del grano de polen: Después de la polinización, el líquido en el estigma determina si el grano de polen pertenece a la misma especie. Si es así, el grano de polen germina y forma un tubo polínico. Dentro del tubo, la célula vegetativa se convierte en el núcleo del tubo polínico.
- Proceso de crecimiento y desarrollo del tubo polínico: Una vez que se forma el tubo polínico, se dirige hacia la cavidad ovárica, atravesando el estigma y el estilo. Al llegar al estilo, se conecta con el tejido conductor, que proporcionará alimento al tubo polínico. Dentro del tubo, la célula generatriz experimenta una división celular y forma dos células haploides llamadas anterozoides, que son los gametos masculinos.

- Fecundación en sí misma: Una vez que el tubo polínico alcanza la cavidad ovárica, se dirige hacia el micrópilo del cuerpo ovular atraído por el líquido quimiotáctico liberado por las sinérgidas del saco embrionario. Si la penetración ocurre a través del micrópilo, se denomina porogamia, pero en algunos casos puede ingresar por la chalaza, siendo conocido este proceso como chalazogamia. Al entrar en contacto con el saco embrionario, el tubo polínico permite la fusión de los gametos masculinos y femeninos.(19)

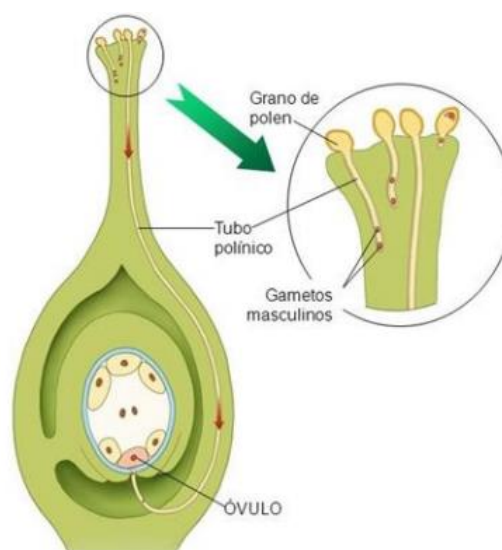
Figura 16. Proceso de fecundación en una planta con flores. (17)

1.5.3.5. El fruto

Desde la perspectiva botánica, un fruto está formado por un ovario maduro o varios ovarios que contienen las semillas. Su función principal es proteger las semillas y garantizar su dispersión. El fruto se forma a partir de la fertilización del ovario, que resulta en un engrosamiento de sus paredes. Sin embargo, algunos frutos pueden originarse a partir del engrosamiento del receptáculo floral o de otras partes de la flor.(22)

Función de los frutos

La principal función del fruto radica en esparcir las semillas hacia lugares nuevos donde la planta pueda crecer. Los frutos son atractivos y sabrosos para los animales, los cuales pueden comerlos directamente o depositar las semillas en sus heces. En la naturaleza, los frutos carnosos también pueden ayudar a nutrir la semilla en su proceso de germinación. En ocasiones, un fruto en descomposición provee suficiente “suelo inicial” para que



la plántula pueda establecerse y su raíz pueda penetrar en el suelo disponible.(23)

Características estructurales

El fruto presenta una estructura en la pared ovárica que se compone de tres capas: una capa interna llamada endocarpo, una capa intermedia llamada mesocarpo y una capa externa llamada exocarpo. Dependiendo del tipo de fruto, una o más de estas capas pueden tener un espesor variable, así como también pueden ser carnosas o secas.(24,25)

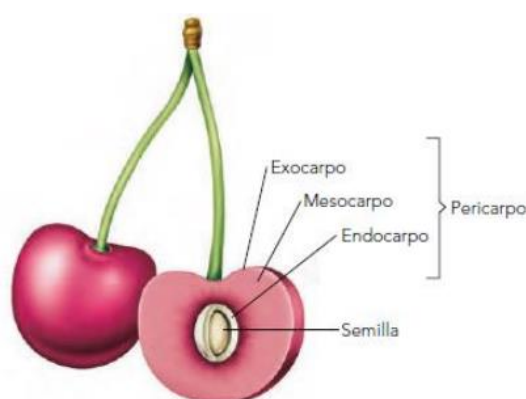


Figura 17. Estructura del fruto. (7)

Clasificación de los frutos

1. **Frutos carnosos** son aquellos cuyo pericarpio es suave. En otras palabras, son aquellos que poseen una cantidad suficiente de tejido carnoso alrededor del hueso.

Bayas que tienen una piel muy suave y una pulpa muy carnosa en su interior, como el tomate y plátano.



Figura 18. Bayas. (7)

Hesperidios son frutos que tienen una capa carnosita entre las semillas y la capa interna. Son similares a las bayas en términos botánicos, excepto por la presencia de una piel dura y coriácea que produce aceites picantes o ácidos. Además, los carpelos de estos frutos están completamente cerrados, por ejemplo, limón y naranja.



Figura 19. Hesperidios. (7)

Pepónides son frutas que se originan a partir de un ovario ínfero con una capa externa del pericarpio endurecida, y tienen una cáscara o exocarpo de grosor considerable, por ejemplo, sandia y calabaza.



Figura 20. Pepónides. (7)

Drupas son frutos con el mesocarpio carnoso y el endocarpio endurecido en forma de hueso, dentro del cual se encuentra la semilla por ejemplo el melocotón, almendra y aceituna.



Figura 21. Drupas. (7)

Polidrupas son frutos que integran múltiples drupas simultáneamente, por ejemplo, frambuesa y mora.



Figura 22. Polidrupas. (7)

Pomos son frutas con una pulpa carnosa y una capa dura en el interior. Se desarrollan a partir de un ovario que se encuentra en la base de la flor, por ejemplo, manzana y pera.(24)



Figura 23. Pomos. (24)

2. **Frutos secos** son aquellos que, al madurar, no presentan una textura suave. Su apariencia es similar a la madera y al presionarlos no se sienten blandos. Existen dos formas de clasificar los frutos secos.(5)

a. Frutos indehiscentes



Figura 24. Frutos indehiscentes. (24)

Aquenio es un tipo de fruto seco y monocárpico que no se abre para liberar la semilla y cuyo pericarpo no está unido a la semilla. Proviene de un ovario de una cámara y se encuentra en la parte superior de la planta. El pericarpo puede ser de textura coriácea o leñosa, en cuyo caso se clasifica como nuez o calibio.

Calibio es un término utilizado por algunos escritores para referirse a los frutos de las fagáceas, ya que todos ellos están protegidos por formaciones de naturaleza axial. Estos frutos, como las bellotas, hayucos y castañas, tienen estructuras diferentes entre sí.

Cariopsis o cariósipide se origina de un ovario compuesto que contiene una sola semilla y tiene un pericarpo delgado que está estrechamente unido al tegumento seminal.

Cipsela es el nombre que se le da a los aquenios que se originan de un ovario inferior y están formados por más de un locus.

Nuez o núcula es similar al aquenio, pero su pericarpo es duro y pétreo. En general, son uniloculares y contienen una sola semilla.

Sámara es un tipo especial de fruto con alas que permite su dispersión por el viento. Se origina a partir de un ovario monocarpelar.

Utrículo es el fruto de las cárices, seco, que contiene una sola semilla y no se abre al madurar. Está encerrado en una vesícula hinchada formada por la fusión de dos prófilos.(23)

b. Frutos dehiscentes

Suelen ser frutos secos que tienen un mecanismo que les permite abrirse. Este mecanismo se encuentra en áreas específicas, que suelen coincidir con la unión de las hojas carpelares que contienen los carpelos o pistilos, o en el nervio central de estas hojas carpelares. En algunos casos, también pueden abrirse por la parte superior.

Folículos son frutos que se forman a partir de un solo carpelo y se abren por un único lado cuando están maduros.

Legumbres o vainas también son frutos que se originan a partir de un solo carpelo, pero a diferencia de los folículos, se abren por ambos lados.

Silicuas son frutos que se forman a partir de dos carpelos unidos y se abren cuando maduran.

Cápsulas son frutos derivados de ovarios compuestos, formados por dos o más hojas carpelares, y tienen una amplia variedad de formas de apertura.

Pixidios son cápsulas que se abren de manera transversal.(23)

Funciones de los frutos

El uso de gran variedad de frutas es común en la alimentación diaria, ya sea en su forma fresca o procesada en conserva. Además, muchas de ellas son

empleadas con propósitos terapéuticos.

La industria también aprovecha estas frutas para la elaboración de productos como dulces, bebidas alcohólicas o sin alcohol, extracción de aceite y obtención de frutas desecadas. Esta actividad económica es de gran importancia en el país.

Las frutas son alimentos agradables al paladar, nutritivos y fáciles de digerir, y tienen múltiples aplicaciones en diversos contextos.(24)

1.5.3.6. La semilla

La semilla desempeña un papel fundamental en la perpetuación de la mayoría de las plantas y muchas especies leñosas, ya que representa la forma en que se transmiten de generación en generación. Es un proceso biológico que comienza con la floración de los árboles y culmina con la germinación de la semilla madura. Las semillas son esenciales para que las plantas puedan resistir períodos difíciles, como cambios extremos de temperatura o la falta de humedad, que pueden dificultar o incluso poner en peligro su crecimiento y supervivencia. Las semillas de plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas se distinguen no solo por la cantidad de cotiledones que poseen, sino también por su estructura.

En el caso de las dicotiledóneas, las semillas contienen un embrión con cotiledones prominentes y carnosos, que al germinar se descomponen y utilizan como fuente de almidón, proteínas y lípidos. Estos cotiledones están conectados a un tallo corto que culmina en la raíz embrionaria llamada radícula. El embrión puede torcerse dependiendo del crecimiento específico de cada especie. También pueden presentar diferentes cantidades de endospermo nutritivo que rodea al embrión y está a su vez protegido por una cubierta llamada testa.

Las semillas de Monocotiledóneas, como los cereales y otras plantas de la familia de las gramíneas, tienen un pequeño embrión en un extremo y un gran endospermo con almidón, que ocupa la mayor parte de la semilla. El embrión

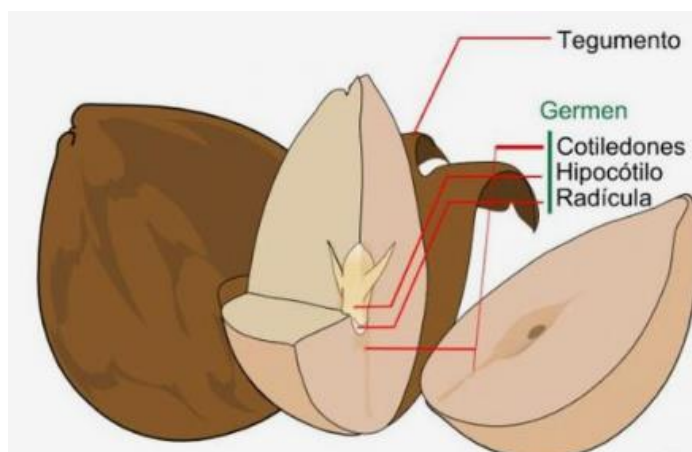
tiene un cotiledón llamado escutelo, que está unido al eje embrionario que lleva los meristemos de la raíz y el tallo. El endospermo está rodeado por una capa proteínica llamada capa de aleurona, que responde a las señales del escutelo produciendo enzimas que descomponen el almidón. Una capa externa llamada testa rodea la capa de aleurona y el embrión. Una vez que el embrión se ha formado completamente y en respuesta a las hormonas, la mayoría de las semillas pierden una gran cantidad de agua y entran en un estado de inactividad o latencia.(26)

Partes de la semilla

Un típico embrión de una planta con semillas tiene los siguientes órganos embrionarios que se desarrollan en la raíz y el tallo:

Figura 25. Partes de una semilla (17)

- Uno o más cotiledones, que son hojas embrionarias y suelen ser la parte más grande y visible del embrión. Las plantas con flores tienen uno o dos cotiledones, mientras que las gimnospermas tienen dos o más. En muchas plantas, los cotiledones almacenan nutrientes para la semilla en desarrollo, lo que puede hacer que parezcan hinchados o carnosos.
- Una protuberancia embrionaria llamada radícula (derivada del término latino radix, que significa “raíz”) que siempre se muestra destacada.
- Un brote embrionario denominado plúmula (derivado del término latino plúmula, que significa “pluma suave”), que apenas se desarrolla. La plúmula se convierte en un



epicótilo, una parte del embrión que se encuentra por encima del cotiledón y que recibe su nombre de ahí. En algunas semillas, no se puede distinguir la plúmula, mientras que en otras es una estructura claramente diferenciada. La plúmula se transforma en un epicótilo a medida que la semilla germina.

- Parte del embrión conocida como hipocótilo, localizada entre el cotiledón y la radícula, con posibilidad de tener una longitud amplia o reducida.

Embrión

Es la etapa temprana de una planta donde se encuentra la pequeña planta en desarrollo. Cuando las condiciones ambientales son óptimas, como por ejemplo adecuada humedad, calor y oxígeno, el embrión comienza a crecer y se convierte en una nueva planta.

El embrión consta de varias partes:

- **Radícula**, que es la primera parte que emerge del embrión y se convierte en una raíz completa que produce pelos absorbentes y raíces secundarias.
- **Plúmula**, por otro lado, es una yema que se encuentra en el lado opuesto de la radícula.
- **El hipocótilo** es el espacio que separa la radícula y la plúmula, y se divide en el eje hipocotíleo, que está debajo de la radícula, y el eje epicotíleo, que está por encima de los cotiledones. El hipocótilo se convierte en un tallo.
- **Los cotiledones** son parte del embrión y pueden funcionar como las primeras hojas de la planta o como reserva de nutrientes, a veces cumpliendo ambas funciones al mismo tiempo.(25)

Según el número de cotiledones, aunque no es la única característica considerada, clasificamos las plantas en dos grupos: las monocotiledóneas, que tienen un solo cotiledón, y las dicotiledóneas, que tienen dos cotiledones.

En el grupo de las monocotiledóneas se encuentran plantas importantes como los cereales, palmeras, lirios, tulipanes y orquídeas. El segundo grupo, que es más numeroso, incluye la mayoría de las angiospermas.

Endospermo o albumen

Es la sustancia almacenadora de nutrientes presente dentro de la semilla. En las plantas monocotiledóneas, está compuesto principalmente por almidón, siendo la mayor parte de la semilla. En ocasiones, esta reserva se encuentra dentro de los cotiledones, como sucede siempre en las plantas dicotiledóneas.

Epispermo

Se refiere a la capa externa que cubre a la semilla.

- Esta capa consiste en la testa y en el caso de las plantas con flores, también incluye una cubierta adicional llamada tegmen. La testa puede ser delgada en algunas semillas que están protegidas por el endocarpio leñoso, pero en casos donde esta protección falta, la testa actúa como una defensa contra el medio ambiente y evita la pérdida de agua de la semilla.
- En la superficie del epispermo se encuentra el micrópilo, que es un pequeño poro a través del cual el polen puede ingresar al óvulo y por donde la radícula se dirige durante la germinación.

Germinación de la semilla

La germinación de la semilla es el proceso a través del cual una semilla se desarrolla y se convierte en una plántula. Este proceso ocurre cuando una semilla se coloca en condiciones favorables para su crecimiento, como la humedad, la temperatura y la luz adecuadas.

La germinación de una semilla comienza cuando esta absorbe agua, lo que provoca que se active el proceso de crecimiento. A medida que la semilla absorbe agua, comienza a hincharse y se rompe la cubierta protectora

externa, permitiendo que la raíz emerja y penetre en el suelo.

A medida que la raíz crece, emerge el tallo y comienzan a formarse las hojas. La plántula continúa su crecimiento, desarrollando raíces más fuertes y ramificadas, así como un tallo más alto y hojas más grandes.

Durante la germinación, las semillas también utilizan sus reservas de nutrientes para proporcionar energía a la plántula en crecimiento hasta que pueda producir su propio alimento a través de la fotosíntesis.(14)

El proceso de germinación puede variar según el tipo de planta y las condiciones ambientales. Algunas semillas requieren de un periodo de frío o de una exposición a ciertos estímulos, como la luz, para germinar. Además, algunas semillas pueden permanecer en estado de dormancia durante largos periodos de tiempo hasta que las condiciones sean las adecuadas para germinar.

Existen diferentes condiciones que pueden afectar la germinación de las semillas:

- **Temperatura:** Cada tipo de semilla tiene una temperatura óptima de germinación. Si la temperatura es muy alta o muy baja, puede inhibir o retrasar la germinación.
- **Humedad:** La falta de humedad puede evitar que las semillas se hidraten y germinen adecuadamente. También el exceso de humedad puede llevar al desarrollo de hongos y bacterias que pueden dañar o pudrir las semillas.
- **Luz:** Algunas semillas requieren luz para germinar, mientras que otras necesitan estar en la oscuridad. Dependiendo del tipo de semilla, la luz puede ser un factor determinante para su germinación.
- **Oxígeno:** Las semillas necesitan oxígeno para metabolizar y desarrollarse adecuadamente. Si no hay suficiente oxígeno en el suelo o en el medio de germinación, puede afectar la germinación de las semillas.

- **pH del suelo:** El pH del suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las semillas y para las plántulas en desarrollo. Si el pH es demasiado ácido o alcalino, puede inhibir la germinación.
- **Competencia:** La presencia de otras plantas, malezas o incluso semillas de la misma especie puede competir por los recursos, como luz, agua y nutrientes, y afectar la germinación de las semillas.
- **Tratamientos pregerminativos:** Algunas semillas necesitan ciertos tratamientos previos a la germinación, como la estratificación en frío o la escarificación, para romper la dormancia y facilitar la germinación.(2,8)

Dispersión de semillas y frutos

La dispersión de semillas y frutos es un proceso fundamental para la reproducción y supervivencia de las plantas. Este proceso consiste en la dispersión de las semillas y los frutos lejos de la planta madre, lo que les permite colonizar nuevos territorios y evitar la competencia por recursos con otras plantas de la misma especie.

Existen diferentes mecanismos de dispersión de semillas y frutos, los cuales pueden ser llevados a cabo por el viento, el agua, los animales y la gravedad.

- La dispersión por el viento es común en especies con semillas pequeñas y ligeras, como las del diente de león. Estas semillas están equipadas con estructuras como pelos o alas que les permiten ser transportadas por el viento a largas distancias.
- La dispersión por el agua ocurre en plantas acuáticas o cercanas a cuerpos de agua. Las semillas y frutos flotan y son llevados por las corrientes de agua, permitiendo su dispersión a través de ríos, lagos y océanos.
- La dispersión por animales es muy común y puede ocurrir a través de diferentes mecanismos. Algunas plantas producen frutos carnosos y atractivos para los animales, los cuales consumen los

frutos y luego eliminan las semillas a través de sus heces en diferentes lugares, lo que permite la dispersión de las semillas lejos de la planta madre. Otro mecanismo es la adherencia de las semillas a los pelos o plumas de los animales, quienes las transportan y las liberan en diferentes lugares.

- La dispersión por gravedad ocurre en plantas cuyos frutos son pesados y caen al suelo cuando maduran, como ocurre en las nueces o las semillas de algarrobo. Estas semillas son dispersadas cerca de la planta madre, pero aun así pueden colonizar áreas cercanas.(22)

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

Realice un esquema gráfico de los órganos de la planta vascular y sus funciones.

UNIDAD 2

BOTÁNICA SISTEMÁTICA



2. Botánica sistemática

Introducción

La botánica sistemática es la rama de la botánica que se encarga de estudiar y clasificar a las plantas de manera sistemática, con el objetivo de organizar y catalogar la increíble diversidad de especies vegetales que existen en el mundo.

A través del estudio de características morfológicas, anatómicas, fisiológicas, genéticas y de distribución geográfica, la botánica sistemática se encarga de identificar y agrupar a las plantas en diferentes categorías, como familias, géneros y especies.

Esta disciplina juega un papel fundamental en la comprensión de la evolución y relaciones entre las

diferentes plantas. Además, aporta conocimientos importantes para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos vegetales, así como para el diseño de estrategias de manejo y protección de la biodiversidad.

La botánica sistemática nos permite entender la enorme variedad de plantas que existen en nuestro planeta y nos brinda herramientas para su correcta identificación, clasificación, estudio y conservación. Es una disciplina esencial para la comprensión de la naturaleza y su importancia en nuestro entorno.

Objetivo

Identificar las plantas por su estructura y morfología para conocer las principales partes y características botánicas de uso común, concienciando sobre la importancia y el uso de estas en su entorno natural.

2.1. Nomenclatura y taxonomía

Dado que es probable que los estudiantes de un curso básico de ciencia de las plantas no estén familiarizados con los conceptos básicos de la taxonomía y las nomenclaturas botánicas, es necesario explicar algunos términos y presentar un resumen breve de la clasificación de los grupos taxonómicos principales entre las plantas con semillas (también conocidas como fanerógamas).

En la mayoría de los casos, el uso de nombres comunes solo es útil en un contexto local y puede llevar a confusiones, ya que diferentes plantas pueden tener el mismo nombre común. También es posible que varias especies botánicas reciban diferentes nombres comunes, y es muy común que muchas especies no tengan un nombre común.(22)

Categorías taxonómicas más comunes

Sistema de Clasificación con 5 reinos (1969)	Sistema de Clasificación con 6 reinos (1977)	Sistema de Clasificación de 3 dominios (1990)
ANIMAL	ANIMAL	EUKARYA
PLANTA	PLANTA	
HONGO	HONGO	
PROTISTA	PROTISTA	
MONERA	EUBACTERIA	BACTERIA
	ARCHAEBACTERIA	ARCHAE

Tabla 1. Categorías taxonómicas más comunes. (22)

En el lenguaje universal utilizado para denominar a todas las formas de vida, tanto animales como vegetales, se utiliza desde hace mucho tiempo la nomenclatura binaria. Esta nomenclatura fue establecida manera definitiva por Linneo cuando publicó su libro "Species Plantarum" en 1753. Consiste en emplear dos términos latinos para designar a los diferentes organismos. El primero, siempre escrito en mayúscula, indica el género al que pertenecen (por ejemplo, Mammillaria), mientras que el segundo, escrito en minúscula y

siempre precedido por el primero, designa el nombre específico (por ejemplo, *Mammillaria prolifera*). Por ejemplo, el álamo blanco, también conocido como *Populus alba*, sigue esta nomenclatura binaria. La palabra "álamo" indica el género al que pertenecen todos los álamos.

El término "blanco" se refiere a un nombre específico. Aunque es difícil encontrar una definición simple de especie que considere toda la variabilidad posible, se puede decir que una especie compuesta por individuos similares que, al reproducirse entre sí, producen descendencia fértil y similar a sus progenitores.

Las plantas se agrupan en géneros según su afinidad. Por ejemplo, el duraznero, el almendro y el cerezo pertenecen al género *Prunus*. Los géneros relacionados se agrupan en familias. El duraznero, la rosa y la frutilla pertenecen a la familia *Rosaceae*. Por lo general, el nombre de la familia se toma del género tipo, como en el caso de *Rosaceae* derivado de *Rosa*, o *Cactaceae* derivado de *Cactus*. En la mayoría de los casos, el nombre de la familia lleva el sufijo "aceae" cuando se castellaniza. Sin embargo, hay algunas familias que no siguen esta regla (como las gramíneas, palmeras, labiadas, compuestas y leguminosas), pero su designación se ha establecido por el uso. Aun así, el Código de Nomenclatura propone seguir la regla basada en el género tipo para mantener la uniformidad.

Las familias se agrupan en órdenes, que son conjuntos de jerarquía superior. Por ejemplo, diferentes familias como las rosáceas, leguminosas y platanáceas se agrupan en el orden rosales. Estos órdenes se nombran generalmente usando un nombre derivado de un género o familia, seguido del sufijo "ales".

En resumen, los diferentes taxones se organizan jerárquicamente de la siguiente manera: **Reino-División-Subdivisión-Clase-Orden-Familia-Género-Especie.**(22)

2.1.1. Reino Plantae

El Reino Plantae se compone de organismos que tienen las características siguientes:

- Son capaces de llevar a cabo la fotosíntesis, lo que les permite producir sustancias nutritivas utilizando dióxido de carbono, agua y luz solar. Estos organismos son autótrofos.
- Son organismos sésiles, lo que significa que viven sujetos a un sustrato. Como resultado, han desarrollado mecanismos de defensa, como la producción de sustancias tóxicas en sus hojas, flores o frutos.
- Algunas plantas han evolucionado y han adquirido otras formas de obtener nutrientes que no dependen de la fotosíntesis. Algunas especies son parásitas y obtienen nutrientes de otras plantas.
- Los vegetales eucariotas tienen células con una estructura especial que incluye una pared celular compuesta de pectina y celulosa, además de una vacuola central de gran tamaño.
- Las células vegetales cuentan con orgánulos llamados cloroplastos, que contienen clorofila, un pigmento fotosintético donde ocurre la fotosíntesis.
- Las plantas son las principales productoras de oxígeno y regulan la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera.
- Las plantas ocupan la base de la cadena alimentaria en la mayoría de los ecosistemas y juegan un papel crucial en diversos ciclos químicos.
- Las plantas se reproducen tanto de forma sexual como asexual, aunque la reproducción sexual es más común. Sus órganos reproductivos generan embriones formados por múltiples células.

Importancia del reino plantae

Las plantas son la principal fuente de oxígeno en la atmósfera debido a su capacidad de realizar la fotosíntesis. Esto es crucial para mantener los niveles de oxígeno en el aire. Además, controlan y regulan los niveles de dióxido de carbono en el ambiente.

Junto con otros organismos fotosintéticos, las plantas forman la base de las cadenas alimenticias en los ecosistemas. Ellas convierten el carbono inorgánico en carbono orgánico, que sirve como alimento y fuente de energía para los organismos heterótrofos que dependen de la producción de materia orgánica de las plantas.

Las plantas también desempeñan un papel importante en diversos ciclos ecológicos, como el ciclo del nitrógeno, al regenerarlo en el suelo y dispersarlo, y también en el ciclo del azufre.

Además, las plantas son de gran utilidad para los seres humanos. Son una fuente fundamental de alimentos en la agricultura, ya que cultivamos plantas como arroz, verduras y frutas para nuestro consumo. También se utilizan en la industria para la fabricación de aceites, pigmentos, papel, textiles, entre otros productos. Muchas plantas también poseen propiedades medicinales y han sido utilizadas con ese propósito desde tiempos antiguos.(22)

2.1.2. Características generales

El reino Plantae, también conocido como reino vegetal, es uno de los cinco reinos biológicos en los que se clasifican los seres vivos.

Presenta las siguientes características generales:

- Organismos autótrofos: Las plantas son capaces de producir su propio alimento a través de la fotosíntesis. Utilizan la energía solar para convertir el dióxido de carbono y el agua en glucosa y oxígeno.
- Estructura multicelular: Las plantas están formadas por células eucariotas, es decir, con núcleo definido y orgánulos especializados. Muchas plantas tienen tejidos diferenciados, como tejidos vasculares que les permiten conducir agua y nutrientes a diferentes partes del organismo.
- Pared celular: Todas las células de las plantas tienen una pared celular compuesta principalmente de celulosa. Esta pared celular proporciona soporte y protección a la planta.

- **Reproducción sexual y asexual:** Las plantas pueden reproducirse tanto por medio de esporas como por semillas. La reproducción sexual implica la formación de gametos y la fertilización, mientras que la reproducción asexual ocurre mediante la producción de clones genéticamente idénticos.
- **Crecimiento indeterminado:** A diferencia de los animales, las plantas pueden crecer durante toda su vida. Tienen tejidos especializados, llamados meristemos, que se encuentran en las puntas de las raíces y los brotes, y que les permiten crecer de manera continua.
- **Importancia ecológica:** Las plantas desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas terrestres. Son los productores primarios que brindan alimento y refugio a otros organismos. También son esenciales en la producción de oxígeno y en la absorción de dióxido de carbono, ayudando a regular el clima de nuestro planeta.(22)

2.1.3. Importancia

- **Producción de oxígeno:** Las plantas son capaces de realizar la fotosíntesis, un proceso en el cual convierten la energía solar en alimentos y liberan oxígeno como producto secundario. Esta es una de las principales fuentes de oxígeno en la Tierra y resulta vital para la vida de otros organismos.
- **Alimentación:** Muchas plantas proporcionan alimentos para los seres humanos y animales. Cereales, frutas, verduras y legumbres son algunos ejemplos de plantas que son consumidas diariamente por las personas. Además, las plantas también son fundamentales en la cadena alimentaria, siendo la base de la alimentación de muchos animales herbívoros.
- **Medicina:** Numerosas plantas son utilizadas en medicina tradicional y moderna. Muchos fármacos y tratamientos provienen de compuestos químicos presentes en diferentes especies vegetales. Además, diversas

plantas medicinales se emplean en la preparación de infusiones, tés y remedios caseros para el alivio de enfermedades y malestares.

- Regulación del clima: Las plantas juegan un papel importante en la regulación del clima global. A través de la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono y liberan oxígeno, ayudando a mitigar el calentamiento global y reducir los niveles de CO₂ en la atmósfera.
- Prevención de la erosión del suelo: Las raíces de las plantas ayudan a mantener la estructura del suelo y evitan la erosión. Además, las plantas aportan materia orgánica al suelo a través de sus hojas y ramas caídas, enriqueciendo el sustrato y mejorando su calidad.
- Hábitat y biodiversidad: Las plantas son esenciales para la preservación del medio ambiente y la biodiversidad. Forman hábitats naturales para un gran número de especies animales y facilitan la supervivencia de numerosas comunidades biológicas.(22)

2.1.4. Divisiones de interés para la naturopatía

2.1.4.1. División Bryophyta

Consiste en plantasótrofas verdes que actúan como indicadores de calidad ambiental.

- Estas plantas son pequeñas y adaptadas a ambientes húmedos.
- Aunque pueden tener una estructura talosa generalmente están diferenciadas en caulidio y filidio, y se sostienen en el suelo mediante estructuras llamadas rizoides que pueden absorber agua.
- Son consideradas los primeros vegetales que conectan el mundo acuático con el terrestre.
- Se dividen en dos clases principales: Hepáticas y Musgos.
- Estos organismos viven en ambientes húmedos y tienen una organización intermedia entre los talófitos y las plantas vasculares.
- Presentan una zona de unión con el suelo llamada ricidio, un tallo denominado caulidio y hojas conocidas como filidios.(25)

2.1.4.2. División Psilotophyta

Incluye plantas del género *Psilotum* que carecen de clorofila, lo que les da un color blanquesino.

- Estas plantas son simples y crecen a partir de un rizoma subterráneo.
- Tienen tallos erectos que se dividen en pares a medida que crecen, y sus hojas son muy pequeñas.

2.1.4.3. División Lycopodiophyta

Incluye plantas del género *Lycopodium*, también conocidas como licopodios y huperzias.

- Estas plantas son fibrovasculares y tienen raíz, tallos y hojas, pero no tienen flores ni frutos.
- En el pasado, los licopodios formaron bosques hace más de 300 millones de años en el periodo conocido como Carbonífero, cuando tenían un tamaño de grandes árboles.
- En la actualidad, son plantas pequeñas que se encuentran en páramos y matorrales húmedos.

2.1.4.4. División Equisetophyta

Es identificada por el género *Equisetum*, también conocido como cola de caballo.

- Estas plantas son de gran importancia en el pasado, cuando existían en formas gigantes, pero en la actualidad son plantas pequeñas que tienen troncos similares a cañas debido a los numerosos entrenudos.
- Estos troncos crecen a partir de rizomas o raíces subterráneas.
- Se caracterizan por tener estróbilos en forma de capucha en las puntas, donde se producen las esporas.
- Algunas especies, como la cola de caballo *Equisetum bogotense* y *Equisetum arvense*, tienen un valor significativo como plantas medicinales.
- Poseen raíces, tallos y hojas, pero no tienen flores ni frutos.

2.1.4.5. División Pteridophyta

Se refiere a los helechos, que son plantas vasculares con raíz, tallo y hojas definidos.

- Su tallo es subterráneo en forma de rizoma y sus raíces son pequeños hilos.
- Las hojas de los helechos se llaman frondes.
- A diferencia de otras plantas vasculares, los helechos tienen un ciclo de vida dividido en dos generaciones (sexuada y asexuada) y se reproducen mediante esporas.
- La mayoría de los helechos viven en zonas húmedas y sombreadas, aunque algunos pueden sobrevivir en zonas secas y soleadas.
- Se encuentran principalmente como epifitos, pero también hay variedades terrestres y hemiepifitas.

2.1.4.6. División Pinophyta

Se refiere a las plantas con semillas desnudas.

- Estas plantas tienen semillas que no están encerradas en frutos, sino que se encuentran en unas escamas dispuestas en un eje, formando conos o piñas.
- Hay alrededor de 850 especies en esta división.
- A diferencia de las plantas con flores, la polinización en las plantas de esta división es realizada por el viento.
- Las flores son unisexuales, de ahí el nombre de la división Pinus.
- Algunas plantas conocidas de esta división son los pinos, cipreses, cicas, ginkgos y romerillos.
- Siempre poseen un tallo leñoso y carecen de vasos en su sistema vascular.
- Los óvulos no se encuentran protegidos dentro de ovarios, sino que reciben directamente la acción del polen.

- No presentan flores llamativas, sino que pueden ser plantas monoicas o dioicas.
- Los frutos son en forma de conos o estróbilos de consistencia leñosa.

2.1.4.7. División Magnoliophyta

Plantas cuyas semillas están encerradas en sus frutos cuando maduran. Tienen flores muy llamativas. Hay alrededor de 224,000 especies conocidas. El nombre de la división Magnolia se deriva del género.

Según el sistema de Cronquist, se dividen en dos clases:

- Liliopsida (monocotiledóneas), que tienen aproximadamente 56,000 especies, casi una cuarta parte de todas las angiospermas
- Magnoliopsida (dicotiledóneas), que cuentan con unas 170,000 especies, representando las tres cuartas partes de Magnoliophyta.(22)

En esta asignatura de la carrera de Naturopatía, se profundizará en las familias botánicas pertenecientes a estas dos últimas divisiones, aunque esto no significa que las otras divisiones no tengan especies de interés terapéutico para la carrera.

2.1.4.8. División Pinophyta

- Son siempre unisexuales, lo que significa que cada flor puede ser exclusivamente masculina o femenina.
- En las flores femeninas, los óvulos no se encuentran dentro de ovarios, sino que reciben directamente el polen para la fecundación, no tienen estilo ni estigma.
- Las flores masculinas y femeninas se agrupan en estructuras llamadas conos femeninos y masculinos, que pueden estar en la misma rama o en ramas diferentes de la misma planta.
- Estas plantas no poseen vasos en su leño secundario, en su lugar, los radios medulares se disponen en una sola hilada de células alargadas y

delgadas. Además, el leño de estas plantas está compuesto por fibras lignificadas y contiene frecuentes secreciones de resina.

- Las semillas en los conos de estas plantas no están en cavidades cerradas, sino que simplemente se encuentran entre las escamas. Estas semillas están formadas por numerosos cotiledones.

Familia Pinaceae

Los árboles de la familia Pinaceae son altamente valorados en el ámbito forestal y se caracterizan por lo siguiente:

- Tienen tubos resiníferos en los tallos y ramas viejas.
- Sus hojas son aciculares y se disponen en espiral. La forma de inserción, número y tamaño de las hojas son aspectos importantes en la clasificación de esta familia.
- Los conos masculinos están compuestos por numerosos microsporófilos, cada uno con dos sacos polínicos. Los conos o estróbilos femeninos están formados por muchos macrosporófilos pequeños sostenidos por escamas protectoras externas. En cada macrosporófilo se encuentran dos óvulos.
- Las semillas en esta familia son aladas y cada embrión tiene varios cotiledones.

Los géneros que comprenden esta familia son: *Abies*, *Picea*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Laris*, *Cedrus*, *Pinus*.

Especies de interés: *Pinus patula* y *Pinus radiata*, ambos tipos de pinos.



Figura 26. *Pinus patula*. (17)

Familia Podocarpaceae

Es la única familia de coníferas que se encuentra en los trópicos.

- Sus árboles pueden alcanzar alturas de hasta 30 metros y tienen una corteza pardo-oscura muy agrietada que siempre está verde.
- Sus hojas son alternas, sésiles o brevemente pecioladas, y pueden ser lineares, lanceoladas u ovaladas con una nervadura central bien visible.
- Estas plantas son dioicas, aunque en raras ocasiones pueden ser monoicas. Los conos masculinos se encuentran en espigas en ramas laterales o en las axilas de las hojas, mientras que los conos femeninos son solitarios y se encuentran en ramas cortas.
- Sus semillas son drupas fusionadas al epimaceo, que se vuelve coriáceo o carnososo.

La madera de los árboles de esta familia es de excelente calidad y fácil de trabajar, lo que la hace muy demandada. Una especie de interés es el *Podocarpus oleifolius*, conocido como Romerillo blanco, *Podocarpus sprucei* como Romerillo, *Prumnopitys montana* como Romerillo colorado, *Retrophyllum rospigliosii* como Romerillo azuceno.



Figura 27. *Podocarpus oleifolius*. (17)

Familia Cupressaceae

Está conformada por árboles y arbustos que han sido introducidos en Ecuador con fines de madera y ornamentación.

Estos se caracterizan por:

- Tener hojas simples, opuestas o verticiladas, generalmente en forma de escamas o agujas, y siempre verdes.
- Los conos masculinos son alargados y están formados por microsporofilos con peciol cortos y escamas terminales alargadas.
- Los conos femeninos son redondeados y tienen pocas escamas fértiles con numerosos óvulos. Los conos maduros son coriáceos y leñosos, permanecen cerrados, pero se abren por fendas en los márgenes de las escamas, liberando abundantes semillas cafés.

Los géneros que componen esta familia son Juniperus, Thuja, Biota, Libocedrus y Cupressus, siendo este último el más importante en Ecuador.

Se han introducido diversas especies de Cupressus, entre las cuales se encuentran:

- *Cupressus funebris*, ciprés
- *Cupressus lindleyi*, ciprés plateado
- *Cupressus lucitanica*, ciprés
- *Cupressus macrocarpa*, ciprés
- *Cupressus sempervirens*, ciprés
- *Thuja occidentalis*, tuya

Figura 28. *Cupressus macrocarpa*. (17)



Familia Ginkgoaceae

Está formada por árboles grandes de corteza gruesa y rajada que son caducifolios y dioicos.

- Tienen ramas largas y ramas cortas.
- Las hojas son en forma de abanico, con nervaduras paralelas, y están dispuestas alternadamente en las ramas largas y en grupos de 3-5 en las ramas cortas.
- En otoño, las hojas adquieren colores amarillos muy decorativos antes de caer.
- Las flores se encuentran en las ramas cortas. Las flores masculinas están agrupadas en amentos de unos 4 cm de largo, mientras que las femeninas son solitarias y se encuentran en pedicelos largos, en cuyo extremo hay dos óvulos, de los cuales solo uno madura.
- La semilla se asemeja a una drupa redonda de 2-3 cm de diámetro, con una cubierta carnososa que desprende un olor desagradable cuando madura.

Una especie de interés de esta familia es el *Ginkgo biloba*, también conocido como el Árbol de los 40 escudos.



Figura 29. *Ginkgo biloba*. (17)

División Magnoliophyta

- Pueden ser leñosas, semileñosas o herbáceas.
- Tienen vasos de conducción.
- Se reproducen sexualmente mediante estambres y carpelos que se convierten en semillas.
- Tienen flores con cuatro órganos florales: cáliz, corola, estambres y pistilo.
- Los óvulos están protegidos dentro de un ovario y son fecundados por el polen a través del estigma y estilo.
- Los frutos tienen una amplia variedad de formas.

A continuación, se presentan las principales diferencias entre las dos clases en las que se subdividen las Magnoliophytas: Magnoliopsida y Liliopsida.

Parte de la planta	Magnoliopsida	Liliopsida
Hábito	Son árboles, arbustos y hierbas	Generalmente hierbas
Raíz	Primaria, secundaria, adventicias y pelos absorbentes	Raíz fibrosa, sin raíz principal
Hojas	Tamaño y forma muy variable. Alternas, opuestas o verticiladas. Nerviación central, Penninervada	Angostas y enteras. Generalmente alternas. Nervadura paralela. Vainas en la base Tallos
Tallo	Con haz vascular en cilindro simple, crecimiento secundario con xilema y floema. Se diferencian anillos de crecimiento	El tallo con haces vasculares esparcidos. Sin cambium y crecimiento secundario. No se diferencian anillos de crecimiento
Flor	Las partes florales se arreglan en número de 4 y 5.	Partes florales en número de tres (trímeras)
Semilla	Semilla con dos cotiledones	Semilla constituida por un solo cotiledón

Tabla 2. Clases de Magnoliophyta. (22)

Clases Magnoliopsida

Familia Annonaceae

Comprende 80 géneros y 850 especies de árboles, arbustos y bejucos leñosos, a menudo aromáticos de las regiones tropicales y pocas especies de regiones templadas.

Se caracteriza por lo siguiente:

- Hojas simples, alternas en dos hileras, enteras.
- La corteza del tallo y ramas se descascarán con facilidad, es fibrosa.
- Todas las partes de la planta son aromáticas.
- Flores solitarias en la base de las hojas u opuestas a éstas, de color verduzcas o blanquecinas, a veces grandes regulares, por lo general pegadas a los tallos.
- Fruto un grupo de bayas (polibayas) carnosas, en un solo pedúnculo, posee muchas semillas negras.

Especies de interés: *Annona cherimola* como chirimoya, *Annona muricata* como guanábana, *Rollinia sp.*, como chirimoyo silvestre y *Xylopia nitida*.



Figura 30. *Annona cherimola*. (17)

Familia lauraceae

Es de gran importancia en las áreas tropicales húmedas, tanto por la cantidad de especies que contiene como por el valor económico de su madera.

Sus características principales son:

- Los árboles y arbustos de esta familia tienen una corteza, ramitas y hojas que desprende un olor y sabor aromáticos, similares a la

canela. Las ramitas suelen ser de color verde claro o amarillento, con frecuencia presentan ángulos y yemas desnudas.

- Las hojas son simples, alternas, elípticas, con bordes lisos y textura coriácea. Tienen pocos nervios laterales curvos y pequeños puntos translúcidos.
- Los brotes jóvenes son de color verde amarillento, a veces rojizos, lo que los hace distinguibles a cierta distancia.
- Las flores pequeñas, de color amarillento o blanco y desprenden un aroma a. Se agrupan en racimos laterales.
- El fruto de estas plantas es una baya elíptica o redondeada, generalmente de color negro o verde. Las semillas suelen ser grandes y vienen acompañadas de una estructura basal en forma de copa y un pedúnculo ensanchado.

Especies de interés incluyen:

- *Beilschmiedia sp.* curiquiro
- *Cinnamomun verum*, también conocido como canela.
- *Laurus nobilis*, conocido como laurel real.
- *Ocotea quixos*, también conocido como ishpingo.
- *Nectandra turbacensis*, conocida como canelo.
- *Nectandra laurel*, también conocido como canelón o curiquiro.
- *Ocotea sp*, también conocida como canelón.
- *Persea americana*, conocida como aguacate.
- *Persea brevipes*, también conocida como pacarcar.
- *Persea sp*, conocida como paltón.

Figura 31. *Cinnamomun verum*. (17)



Familia Piperaceae

Incluye plantas herbáceas, bejucos y arbustos que se encuentran ampliamente distribuidos en los trópicos húmedos de América.

Se caracterizan por:

- Tener tallos articulados con anillos en los nudos, que se ensanchan y ramifican.
- Sus hojas son simples y enteras, dispuestas en espiral, aunque ocasionalmente pueden ser opuestas o verticiladas.
- Las flores son muy pequeñas y se agrupan en espigas largas, insertadas en los mismos nudos junto con algunas hojas.
- Pueden ser hermafroditas o unisexuales, sin cáliz o corola, con estambres y un pistilo que tiene un ovario superior de una sola celda y un óvulo, así como de 1 a 5 estigmas.
- El fruto tiene forma de baya pequeña y las semillas son pequeñas y tienen poco endospermo.
- Tanto las hojas, los tallos, las flores y los frutos de estas plantas son muy aromáticos.

La mayoría de las especies de esta familia pertenecen a dos géneros principales:

- Peperomia, que son pequeñas hierbas suculentas que pueden vivir en la tierra o epífitas, con hojas carnosas y gruesas dispuestas en ocasiones en verticilos.
- Piper, que son arbustos o pequeños árboles leñosos con hojas no carnosas. Estas plantas proliferan en el sotobosque y claros de los bosques.

Entre los ejemplos de especies de interés se encuentran la Peperomia blanda o congona, *Peperomia galioides* o sacha-congona, *Piper aduncum* o matico/cordoncillo, *Piper bogotense* o cordoncillo, *Piper carpunya* o guaviduca dulce y *Piper crassinervium* o guaviduca de sal, entre otros.(22)

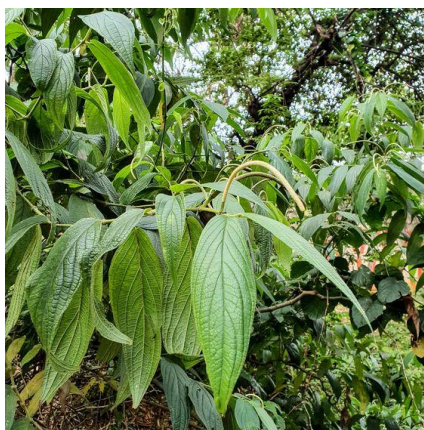


Figura 32. *Piper aduncum*. (17)

Familia Papaveraceae

Incluye 28 géneros y alrededor de 250 especies, siendo la mayoría pertenecientes al género *Papaver*, conocidas comúnmente como amapolas.

Estas plantas se caracterizan por:

- Ser arbustos y hierbas pequeñas y ramificadas.
- En su parte leñosa, el tallo tiene un color café-blانquecino y presenta fisuras longitudinales.
- Las hojas son alternas, con un limbo largo y pueden tener bordes enteros o dentados muy marcados.
- Las flores son perfectas y se encuentran en densas panículas laterales o terminales, con brácteas en la base de los pedicelos.
- El cáliz está formado por dos sépalos libres que envuelven a los estambres, no tienen pétalos y cuentan con 9-10 estambres.
- El ovario es superior, unilocular y la placentación es parietal. El fruto es carnoso y se abre en dos valvas.
- Una característica distintiva de estas plantas es la presencia de savia anaranjada en todas sus partes.

Algunas especies de interés dentro de esta familia son *Bocconia integrifolia*, conocida como platanillo, y *Papaver rhoeas* (amapola).



Figura 33. *Papaver rhoeas* (17)

Familia Cannabaceae

- Las plantas de esta familia son hierbas o arbustos con hojas simples o compuestas con bordes muy dentados.
- También tienen tallos fibrosos, flores pequeñas de color verde y frutos en forma de cápsulas que se abren para liberar numerosas semillas de color negro.
- Una especie importante de esta familia es el *Cannabis sativa*, conocido como marihuana.



Figura 34. *Cannabis sativa* (17)

Familia Moraceae

Se compone de árboles y arbustos, y es la familia más numerosa en términos de especies e individuos en los bosques tropicales.

Sus características principales son las siguientes:

- Suelen tener raíces grandes y en forma de mesa.
- Presentan látex blanco abundante en todas las partes de su cuerpo.
- Sus hojas son simples, alternas, enteras, dentadas o lobuladas, brillantes y con apariencia carnosa. Además, presentan brochidroma, lo que significa que forman arcos en los bordes de la lámina foliar.
- Tienen una estípula terminal grande, de color cafés-amarillentas y con pubescencia. Al caer, deja cicatrices en los nudos.
- Las flores son diminutas y suelen agruparse en espigas o cabezuelas.
- El fruto puede ser una drupa o un aquenio, y a menudo es múltiple o carnoso.
- Un gran número de especies pertenecientes a esta familia son parásitas y semiparásitas por medio del estrangulamiento.

Algunas especies de interés incluyen el árbol del pan (*Artocarpus altitis*), caucho ornamental (*Castilla elastica*), pituca (*Clarisia racemosa*), higo (*Ficus carica*), higo de oso (*Ficus insipida*), guambo (*Ficus maxima*), morera (*Morus alba*) y el chine (*Pseudolmedia laevis*).



Figura 35. *Ficus carica*. (17)

Familia Urticaceae

Es una familia de plantas con distribución en la región andina, en áreas y en zonas de clima tropical húmedo.

Esta familia se caracteriza por:

- Tener árboles o arbustos pequeños, así como hierbas.
- Presenta pelos urticantes en todas las partes de la planta, los cuales son de color blanco y muy visibles.
- Las hojas pueden ser alternas u opuestas, simples y enteras, dentadas o aserradas, y en ocasiones lobuladas.
- Su nerviación puede ser palmatinervada o trinervada desde la base, con nerviación terciaria paralela y perpendicular al nervio central.
- Los pecioloos a veces pueden tener un tono rojizo.
- Además, presenta estípulas delgadas y persistentes, que pueden encontrarse en posición lateral o en las axilas.
- Las inflorescencias se presentan en forma de espigas, cimas o fascículos axilares, y son de color verde a café.
- Los frutos de esta familia son aquenios o drupas, con un perianto carnoso o membranáceo, y las semillas son únicas y pequeñas, con un endospermo rico en aceite y un embrión recto.

Algunas especies de interés de esta familia son: ramio (*Boehmeria nivea*), ortiguilla (*Myriocarpa stipitata*), *Phenax hirtus*, *Phenax laevigatuns*, *Pilea multiflora*, ortiga caracasana (*Urera caracasana*), ortiga menor o común (*Urtica urens*) y ortiga mayor (*Urtica dioica*).



Figura 36. *Urtica urens*. (17)

Familia Juglandaceae

Incluye árboles resinosos y aromáticos que poseen una valiosa madera de color negro con vetas blancas. Estos árboles se encuentran en la zona templada del hemisferio norte y comprenden varios géneros como Alforoa, Carya, Enngelhardtia, Juglans, Orgomunnnea, Platycarya y Pterocarpus.

Los árboles de esta familia son de gran tamaño y se caracterizan por:

- Tener un tronco recto con corteza fisurada de color gris oscuro.
- Sus hojas son compuestas, alternas y rara vez opuestas, con forma de abanico y de color verde-rojizo en los extremos, lo que las hace fácilmente reconocibles a distancia.
- Las flores son unisexuales y se encuentran separadas en la misma planta, las masculinas a menudo formando racimos colgantes y las femeninas en espigas erectas.
- El fruto de estas plantas es una drupa con un endocarpo duro, que contiene una única semilla con cotiledones retorcidos.
- Sus hojas, ramas jóvenes y corteza tienen un agradable aroma y contienen taninos que se utilizan para teñir lana de borrego.

El nogal, también conocido como tocte, es una especie única de árbol que se encuentra en Ecuador.



Figura 37. Cultivo de nogal. (17)

Familia acanthaceae

- Los tallos son cilíndricos y ramificados, con nudos abultados.
- Las hojas son simples, se ubican de forma opuesta y presentan una disposición cruzada. Pueden ser enteras o hendidas, algunas veces con espinas.
- También pueden tener nervaduras coloreadas y cistolitos en las células de la epidermis.
- Las hojas nacen de los nudos abultados y al caer dejan marcas visibles.
- Las flores son perfectas, pequeñas o grandes, irregulares. Poseen brácteas y a menudo bractéolas conspicuas y similares a los pétalos.
- El cáliz está compuesto por 5 segmentos unidos en la base, y la corola es simpétala, con un tubo estrecho o ancho y un limbo de 5 lóbulos o bilabiado.
- El ovario se encuentra en la parte superior de la flor. Las inflorescencias pueden tener una estructura cimosa o racimosa.
- Los frutos son cápsulas biloculares, generalmente con un pedicelo, y se abren de forma explosiva al madurar. (25)

Especies destacadas *Justicia chlorostachya*, una planta conocida como insulina vegetal.



Figura 38. *Justicia chlorostachya*. (17)

Familia Adoxaceae

Comprende plantas perennes, tanto hierbas delicadas de olor a almizcle como arbustos a pequeños árboles.

- Poseen hojas opuestas, simples o compuestas, pinnadas o trifoliadas, con estípulas que caen o sin estas, con venación palmada a pinnada y pelos glandulares.
- Sus flores son gamopétalas, perfectas, generalmente agrupadas en cimas plurifloras o a veces en cabezas, y son polinizadas por insectos.
- El perianto está formado por un cáliz gamosépalo, con un hipanto corto y casi siempre dentado. La corola suele tener 5 pétalos, aunque en raras ocasiones puede tener 3 o 4, y puede ser actinomorfa o zigomorfa, con forma rotada o acampanada.
- El androceo está formado por 3-5 estambres adheridos al tubo de la corola, con anteras que generalmente se abren hacia el interior de la flor (introrsas), pero en algunas especies pueden abrirse hacia afuera (extrorsas), como en el caso del género *Sambucus*.
- El gineceo tiene un ovario inferior o semiinferior, con 2-5 carpelos y lóculos, y contiene un óvulo péndulo. El estilo es corto y filiforme, y el estigma es lobulado.
- El fruto puede ser una drupa, una baya o en raras ocasiones una cápsula. ✓ Las semillas suelen presentar una estructura ruminada y tienen endosperma. El embrión es pequeño.

Una especie de interés dentro de la familia Adoxaceae es el *Sambucus nigra*, conocido como sauco.(25)

Familia Apiaceae

- Es una familia de plantas herbáceas que se caracterizan por tener hierbas de forma variable, algunas veces formando cojines y almohadillas.

- Sus tallos presentan nudos manifiestos y entrenudos huecos, pudiendo ser ramificados o no.
- Las hojas son compuestas, alternas, profundamente divididas, aunque también pueden ser simples en algunos casos, y tienen una vaina larga amplexicaule.
- El limbo de las hojas puede ser variable, hendido, partido o filiforme.
- Las inflorescencias de las plantas de esta familia son umbelas, pueden ser compuestas o simples, a veces también pueden ser capitadas y presentan brácteas tectrices.
- Las flores son hermafroditas, actinomorfas, aunque en los bordes de las umbelas pueden ser zigomorfas. Son pequeñas, pentámeras y pueden tener diferentes colores como blanco, rosa y amarillo.
- El cáliz está reducido, con 5 dientes o es vestigial, y los pétalos son 5. El ovario es ínfero.
- Los frutos de las plantas de la familia Apiaceae son diaquenios, es decir, tienen dos mericarpos que se separan en la madurez y quedan sostenidos por el carpóforo.

Algunas especies de interés de la familia Apiaceae son: *Foeniculum vulgare* (hinojo), *Pimpinella anisum* (anís verde), *Angelica archangelica* (angélica), *Coriandrum sativum* (cilantro), *Anethum graveolens* (eneldo), *Centella asiatica* (centella asiática), *Apium graveolens* (apio), *Arracacia xanthorrhiza* (zanahoria blanca), *Daucus montanus* (sacha zanahoria), *Daucus carota* (zanahoria naranja) y *Petroselinum crispum* (perejil).



Figura 39. *Petroselinum crispum*. (17)

Familia Aquifoliaceae

- Compuesta por arbustos y árboles que se encuentran en las regiones andinas, premontanas y amazónicas.
- Sus hojas son simples, alternas, de textura coriácea y margen liso, aserrado-crenado u ondulado.
- En general, tienen un color verde oscuro y brillante. Las ramas crecen horizontalmente o a veces erectas, pero siempre separadas del eje central.
- Las flores se agrupan en inflorescencias cimosas o racimosas, a veces se pueden encontrar también flores solitarias. Cada flor está sostenida por dos bractéolas y tiene un cáliz y corola formados por 4 a 9 pétalos de color blanco, verde o amarillo.
- El androceo (parte reproductiva masculina) tiene la misma cantidad de elementos que la corola, y el gineceo (parte reproductiva femenina) es súpero (por encima de las demás partes florales).
- El fruto de estas plantas es una drupa.

Una especie de interés dentro de esta familia es el *Ilex guayusa*, conocida como guayusa. (25)



Figura 40. *Ilex guayusa*. (17)

Familia Araliaceae

- Pueden ser leñosas o herbáceas, a menudo se presentan como enredaderas.
- Las hojas pueden ser simples o divididas y se distribuyen de forma alterna en el tallo.
- Las flores son poco llamativas, regulares y generalmente bisexuales, con cinco pétalos y tienen estambres que se alternan con los pétalos.
- El gineceo es ínfero y consta de cinco estilos, que es una característica distintiva de esta familia.
- Las inflorescencias se presentan en forma de umbela.
- El fruto puede ser una baya o una drupa.
- Esta familia cuenta con 49 géneros y aproximadamente 700 especies que son originarias de zonas tropicales y subtropicales.

Especies de interés: *Hedera helix*, conocida popularmente como hiedra, *Panax ginseng*, también conocido como ginseng.



Figura 41. *Hedera helix*. (17)

Familia Asteraceae

Es una de las más grandes del mundo, comprendiendo alrededor de 960 géneros y 20000 especies de plantas como hierbas, plantas ornamentales, hortalizas, arbustos y árboles.

Sus características distintivas son las siguientes:

- Los tallos son rectos, con una corteza semi lisa y una médula corchosa.
- Las hojas son simples, alternas u opuestas, generalmente delgadas y con formas y bordes muy variables. Algunas especies tienen un látex blanco poco abundante.
- Las flores están agrupadas en cabezuelas o capítulos, y en ocasiones la flor externa tiene una bráctea grande en forma de lengüeta. Cada flor está compuesta por una corola tubular regular con cinco lóbulos o dientes, y a veces una lígula larga.
- Hay cinco estambres unidos por las anteras angostas y un pistilo con un ovario ínfero de una sola celda y óvulo. Algunas flores son femeninas y masculinas.
- El fruto es un aquenio seco y persistente, y la semilla pequeña está sostenida por un ápice que tiene pelos o escamas similares al cáliz.

Algunas especies de interés de esta familia son la *Matricaria recutita* (manzanilla común), *Chamaemelum nobile* (manzanilla romana o amarga), *Cichorium intybus* (achicoria), *Cynara scolymus* (alcachofa), *Taraxacum officinale* (diente de león) y *Silybum marianum* (cardo mariano), *Sonchus oleraceus*, también conocida como cerraja o canayuyo, *Arnica montana* (árnica) y finalmente *Calendula officinalis* conocida como caléndula.



Figura 42. *Matricaria recutita*. (17)

Familia Boraginaceae

Son generalmente herbáceas y tienen frecuentemente una cubierta de pelos más o menos rígidos.

- Sus hojas no poseen estípulas.
- Las flores de estas plantas tienen 5 sépalos y 5 pétalos fusionados, a menudo formando una corola en forma de rueda; pueden ser solitarias o estar agrupadas en inflorescencias en forma de cimas escorpiodeas (semejante al escorpión).
- El androceo está formado por 5 estambres insertos en la corola, mientras que el gineceo es súpero y consta de dos carpelos, generalmente biloculares.
- Fruto seco, en tetranúcula, muchas veces ornamentado con estructuras que facilitan su dispersión.

Especie de interés: *Borago officinalis* conocido como borraja.(25)



Figura 43. *Borago officinalis*. (17)

Familia Caprifoliaceae

Compuesta por un conjunto de 15 categorías y 400 variedades, que se encuentran principalmente en regiones templadas.

En Ecuador, hay dos categorías autóctonas. Se distinguen por las siguientes características:

- Son árboles, arbustos y plantas herbáceas.
- En el caso de las especies leñosas, presentan un tronco recto con una corteza ligeramente agrietada de color marrón claro.
- Las hojas pueden ser simples o pinnadas, dispuestas en pares o en verticilos, con estípulas o a veces sin ellas. Estas estípulas pueden ser apéndices delgados o glandulares ubicados en la base del pecíolo.
- Flores perfectas, que pueden ser regulares o irregulares y tienen un agradable aroma. El tubo del cáliz está unido al ovario y la corola es gamopétala, lo que significa que sus pétalos están fusionados en forma de tubo o se encuentran en forma de rueda. Tiene cinco estambres que están insertos en el tubo de la corola.
- El ovario es ínfero y puede tener de 1 a 5 compartimentos. Las flores se agrupan en una inflorescencia llamada dicasio.
- El fruto de *Valeriana officinalis* puede ser una cápsula, una baya o una drupa plurilocular, lo que significa que tiene varios compartimentos.
- Las semillas de esta planta tienen un albumen carnososo.

Entre las especies de interés, se encuentra *Valeriana officinalis*.(25)

Figura 44. *Valeriana officinalis*. (17)



Familia Clusiaceae

Está compuesta por 45 géneros y aproximadamente 100 especies de plantas, incluyendo árboles, arbustos, bejucos y hierbas, mayormente encontrados en regiones tropicales.

Se caracterizan por tener atributos particulares:

- Hojas simples que pueden estar dispuestas en forma opuesta o en verticilos, sin pecíolo, con bordes lisos y a menudo presentando nervaduras laterales delgadas y paralelas o con pocos nervios. En su mayoría, las hojas son lustrosas y tienen una consistencia carnosa y coriácea.
- Las flores pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas y están formadas por el perianto, generalmente compuesto por 4 a 5 pétalos superpuestos, numerosos estambres y un pistilo con un ovario superior de una o varias cavidades, cada una de ellas con uno o varios óvulos, además de tantos estilos como cavidades.
- El fruto es una cápsula o baya que puede presentar un color blanco-amarillento y contiene pocas o muchas semillas.
- Estas plantas se caracterizan por tener una savia resinosa de color blanco, amarillo o anaranjado en cualquier parte de su cuerpo.

Algunas especies de interés son el *Hypericum perforatum*, también conocido como hipérico o hierba de San Juan, y la *Vismia graciles*, comúnmente llamada achotillo.



Figura 45. *Hypericum perforatum*. (17)

Familia Cucurbitaceae

Es importante debido a que contiene especies cultivadas que son útiles para el ser humano.

Estas especies son herbáceas trepadoras o semileñosas y se caracterizan por:

- Tener hojas palminervadas, palmilobuladas o compuestas, con zarcillos enrollados extra-axilares y pelos tiesos en el envés y haz.
- Las inflorescencias pueden ser racimosas, paniculadas o tener flores solitarias. Las flores son tubulares o campanuladas, unisexuales y pueden ser monoicas o dioicas.
- Tienen un hipantio que se prolonga más allá del ovario y los sépalos están connados.
- Los pétalos también están connados y el ovario es inferior, generalmente de color amarillo o anaranjado.
- Los frutos pueden ser bayas o, en ocasiones, cápsulas carnosas.

Algunas especies de interés en esta familia incluyen la sandía (*Citrullus vulgaris*), zapallo (*Cucurbita maxima*), zambo (*Cucurbita ficifolia*), melón (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativus*) y la calabaza (*Cucurbita pepo*).⁽²⁵⁾



Figura 46. *Citrullus vulgaris*. (17)

Familia Fabaceae

Se caracteriza por tener árboles, arbustos, hierbas y lianas que se encuentran principalmente en los trópicos secos y húmedos, aunque también pueden estar presentes en los bosques andinos, aunque en menor cantidad.

- Sus hojas son compuestas, pinnadas o a veces trifoliadas, y se ubican de forma alterna, aunque en ocasiones son simples.
- Sus flores son muy irregulares y tienen forma de mariposas compuestas por dos alas, una o más quillas y un estandarte, que son de colores muy vistosos y llamativos.
- Cuando no están completamente abiertas, su forma es exactamente igual a la de una mariposa.
- El fruto de esta familia puede variar, y puede ser una legumbre, una samará o una legumbre drupácea de gran tamaño. Sus semillas son brillantes y pueden ser rojizas o negras.

Algunas especies de interés de la familia Fabaceae son el *Cajanus cajan*, conocido como poroto de palo, el *Cassia angustifolia*, también conocido como sen, el *Cassia fistula*, llamado caña fistula, el *Ceratonia siliqua*, conocido como algarrobo, el *Phaseolus vulgaris*, conocido como frejol, el *Trigonella foenum*, conocido como fenogreco, el *Medicago sativa*, conocido como alfalfa, y la *Glycine max*, conocida como soya.

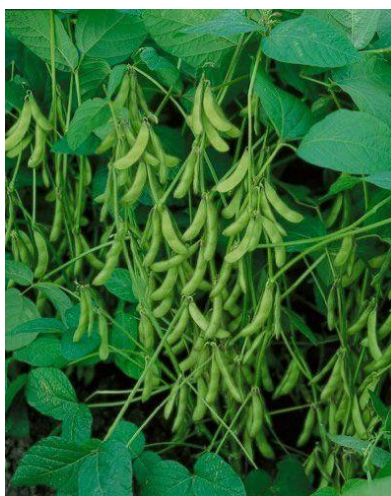


Figura 47. *Glycine max*. (17)

Familia Lamiaceae

Incluye plantas herbáceas y arbustos con tallos cuadrangulares, a menudo cubiertos de pelos y con aceites aromáticos.

- Las hojas pueden ser simples, opuestas o verticiladas, y algunas incluso pueden ser compuestas y ligeramente ásperas al tacto.
- Todas las partes de las plantas de esta familia son aromáticas, aunque algunas tienen un aroma suave, mientras que otras son muy fuertes.
- Las flores son zigomorfas, con un cáliz de 5 lóbulos, a menudo bilabiado, y una corola de 5 lóbulos, que también puede ser bilabiada o parecer unilabiada debido a la reducción del labio superior.
- Los estambres suelen ser 4 y el ovario es súpero.
- Las inflorescencias se encuentran en cimas axilares y forman tirso axilares.
- En general, los pétalos juntos se asemejan a los labios femeninos.
- El fruto es un esquizocarpo que se separa en cuatro nueces pequeñas y cada una contiene una sola semilla.

Algunas especies de interés en esta familia incluyen la *Minthostachys mollis* (muña), así como el *Origanum vulgare* (orégano), *Thymus vulgaris* (tomillo), *Mentha piperita* (menta), *Mentha spicata* (hierbabuena), *Lavandula angustifolia* (lavanda) y *Melissa officinalis* (toronjil).



Figura 48. *Lavandula angustifolia*. (17)

Familia Malvaceae

Una familia que cuenta con 88 géneros y alrededor de 2300 especies, que se encuentran distribuidas en las zonas templadas, subtropicales y tropicales. En Ecuador, se pueden encontrar aproximadamente 31 géneros y 105 especies, incluyendo algunas que han sido introducidas.

Esta familia se caracteriza por lo siguiente:

- Las plantas pueden ser hierbas, arbustos o árboles, y su corteza se desprende con facilidad. Al presionar cualquier parte de la planta, se obtiene un mucílago.
- Las hojas son simples, alternas, obovadas y con bordes aserrados. Tienen un peciolo con pulvínulo y están cubiertas de pelos estrellados, además de contar con estípulas.
- Las flores son hermafroditas y tienen simetría actinomorfa.
- El cáliz está sostenido por un involucre formado por brácteas connatas.
- Las flores tienen 5 sépalos, 5 pétalos que pueden ser libres o estar unidos en la base al androceo, y numerosos estambres.
- El ovario es superior, con 2 o múltiples lóculos, y cada lóculo contiene de 1 a varios óvulos.
- El fruto es una cápsula loculicida que, con frecuencia, se separa en mericarpos.

Algunas especies de interés dentro de esta familia son: *Althea officinalis*, conocida como malva blanca o altea, *Malva sylvestris*, conocida como malva, *Tilia cordata*, conocida como tilo.



Figura 49. *Tilia cordata*. (17)

Familia Myrtaceae

Incluye un total de 80 géneros y 3000 especies de árboles y arbustos, en su mayoría tropicales.

Se distinguen por características:

- Corteza lisa con pedazos que se desprenden, hojas simples opuestas (aunque en algunos géneros como *Eucalyptus*, *Callistemon* y *Malaleuca* son alternas), hojas coriáceas y pequeñas, a menudo aromáticas, y puntos translúcidos en las hojas jóvenes.
- Las flores son generalmente blancas, grandes, vistosas y fragantes, con un cáliz formado por 4 a 5 pétalos redondeados o elípticos que se caen rápidamente.
- Los estambres son delgados y muy numerosos, mientras que el pistilo tiene un ovario inferior de 2 a 5 celdas, con un óvulo y estilo pequeños.
- Los frutos son bayas con una o varias semillas, y el cáliz suele persistir en el ápice. En especies introducidas, el fruto puede ser una cápsula.

Algunas especies de interés dentro de esta familia son el *Eucalyptus globulus*, conocido como eucalipto, la *Psidium guajava* L., conocida como guayaba, y el k, conocido como arrayán aromático. (25)



Figura 50. *Eucalyptus globulus*. (17)

Familia Monimiaceae

Incluye 32 géneros y 400 especies en todo el mundo. En América Latina, hay 8 géneros y casi 200 especies. La mayoría de estas plantas son arbustos o árboles.

- Tienen hojas simples, opuestas, ásperas y muy aromáticas cuando se aplastan.
- El tallo es de color café claro con manchas blancas alargadas y pequeñas lenticelas.
- Las flores son unisexuales, amarillentas y se agrupan en cimas o racimos. Los frutos son similares a drupas, de color verde amarillento, carnosos y con espigas.
- Una especie de interés es el *Peumus boldus*, conocido como boldo.



Figura 51. *Peumus boldus*. (17)

Familia Oleaceae

Se caracteriza principalmente por englobar árboles, arbustos o trepadoras que suelen tener pelos glandulares peltados.

- Sus hojas pueden ser simples, opuestas o compuestas, con bordes enteros o dentados, y a veces cuentan con nectarios extraflorales formados por grupos de pelos secretores.
- Las inflorescencias son fascículos, cimas o panículas, y pueden estar posicionadas en la terminación o axilas de la planta.

- Las flores son hermafroditas o unisexuales, y las plantas pueden ser dioicas o polígamas.
- El cáliz de las flores tiene 4 o 15 lóbulos, es persistente (a excepción de *Fraxinus*), y los pétalos están unidos formando una corola pequeña hasta grande (generalmente ausente en *Fraxinus*).
- El ovario es súpero. Los frutos de esta familia pueden ser cápsulas, bayas, drupas o sámaras.

Algunas especies destacadas de la familia Oleaceae son el *Chionanthus pubescens*, conocido como arupo; el *Fraxinus chinensis*, también llamado fresno; y el *Olea europea*, conocido comúnmente como olivo.



Figura 52. *Fraxinus chinensis*. (17)

Familia Passifloraceae

Perteneciente a las fanerógamas, se encuentra en zonas tropicales, semitropicales y templadas.

Las principales características de esta familia incluyen la forma de lianas o hierbas trepadoras, poco comúnmente arbustos.

- Sus hojas son simples, alternas, enteras o con lóbulos, y tienen glándulas peciolares y/o laminares, estípulas y zarcillos axilares grandes.

- Sus flores son solitarias o en pares, vistosas, carnosas y axilares, a menudo con un involucro de brácteas largas.
- Los sépalos son 4-5 y los pétalos 4-5. También poseen una corona agregada en el borde del hipantio, compuesta por numerosos pisos carnosos, a menudo brillantemente coloreados.
- El ovario es superior.
- Los frutos de esta familia son bayas o cápsulas indehiscentes.
- Sus semillas son comprimidas, rodeadas por un arilo pulposo y contienen un endospermo carnoso y un embrión largo y recto.

Algunas especies destacadas de la familia son *Passiflora incarnata*, *Passiflora edulis*, *Passiflora ligularis*, *Passiflora quadrangularis*, *Passiflora tripartita* y *Passiflora indecora*.



Figura 53. *Passiflora incarnata*. (17)

Familia Plantaginaceae

Es un grupo de plantas dicotiledóneas que se encuentra dentro del orden Lamiales y consta de cerca de 2000 especies en unos 90 géneros.

- Estas plantas son mayormente herbáceas y pueden ser anuales o perennes, adaptándose a diferentes climas desde regiones frías hasta tropicales.

- Sus características principales incluyen ser hierbas, con algunos ejemplares que tienen tallos leñosos persistentes.
- Tienen hojas simples, alternas, enteras o divididas, que forman rosetas basales o en ocasiones se disponen de manera opuesta, con una vaina basal. Sus inflorescencias son en forma de espigas o cabezuelas terminales.
- Las flores son pequeñas, bisexuales y polinizadas por el viento, encontrándose en pocas o muchas en espigas axilares.
- Su cáliz cuenta con cuatro lóbulos imbricados y sépalos libres o unidos. La corola tiene cuatro lóbulos y un tubo corto, escarioso y pequeño.
- Poseen cuatro estambres y su ovario es superior.
- Los frutos de esta familia son cápsulas circuncisas, con dehiscencia transversal (excepto en *Bougueria*, donde son indehiscentes).

Algunas especies destacadas de la familia Plantaginaceae incluyen *Plantago lanceolata* (llantén menor), *Plantago major* (llantén mayor), *Plantago psyllium* (zaragatona) y *Plantago ovata* (ispágula). (25)



Figura 54. *Plantago major*. (17)

Familia Rosaceae

Es una familia que se encuentra ampliamente distribuida en diferentes climas del mundo, incluyendo regiones templadas, frías y tropicales. Esta familia

está compuesta por 115 géneros y 3200 especies de hierbas, arbustos y árboles.

Sus características son muy diversas, pero se puede destacar lo siguiente:

- Los miembros de esta familia pueden ser árboles, arbustos o hierbas, tienen hojas simples, aunque en ocasiones pueden ser compuestas, y presentan estípulas pareadas.
- Sus flores suelen ser regulares y tienen una base en forma de copa, además se pueden encontrar en una variedad de colores llamativos como blanco, rosado y lila. Los frutos de esta familia son muy variables, siendo principalmente carnosos y pueden ser del tipo drupa o pomo en los árboles.
- Algunos géneros, como *Rubus* y *Rosa*, tienen acúleos que se desprenden con facilidad.

Esta familia incluye árboles frutales como el durazno, ciruelo, albaricoque, manzana, capulí, membrillo y fresas, así como también plantas ornamentales como las rosas. Algunas especies destacadas dentro de esta familia son *Rosa rubiginosa* (conocida como rosa mosqueta), *Malus domestica* (manzana), *Fragaria chiloensis* (frutilla), *Prunus domestica* (ciruela), *Prunus serotina* (capulí) y *Pyrus communis* (pera).



Figura 55. *Malus domestica*. (17)

Familia Rubiaceae

Es una de las más grandes, con alrededor de 400 géneros y 6000 especies diferentes. Estas especies incluyen árboles, arbustos y hierbas, y se pueden identificar por varias características distintivas. Por ejemplo, sus hojas son simples, opuestas decusadas y enteras, con estípulas pareadas interpeciolares que son conspicuas y persistentes.

- Estas estípulas forman la yema y anillos en los nudos de las plantas.
- Las flores de la familia Rubiaceae son vistosas y generalmente blancas.
- El cáliz de la flor consta de 4-5 sépalos que están soldados en la base, mientras que la corola tiene de 4 a 5 (o hasta 10) lóbulos y un tubo largo o corto.
- Los estambres, que son los órganos reproductivos masculinos, están adnatos al tubo de la corola y suelen ser de 4-5 (o hasta 10).
- El ovario es ínfero y suele tener dos celdas con muchos óvulos, y el estilo cuenta con dos ramas.
- La disposición de las flores en la familia Rubiaceae es comúnmente en panículas y cimas dicasicas.
- El fruto de estas plantas puede ser una drupa, una cápsula o una baya, y presenta el cáliz persistente en el ápice. Las semillas son abundantes y tienen un endosperma bien desarrollado.

Algunas especies destacadas en la familia Rubiaceae incluyen el *Coffea arabica*, que es el café, *Uncaria tomentosa*, conocida como uña de gato, y *Cinchona officinalis*, que es la quina. (25)

Figura 56. *Coffea arabica*. (17)



Familia Salicaceae

Incluye dos géneros importantes: *Populus* y *Salix*, que son originarios de las zonas templadas. Son árboles y arbustos que se caracterizan por tener un fuste recto y una corteza de color gris claro que se agrieta verticalmente.

- Estas plantas son ampliamente utilizadas en ornamentación debido a su arquitectura particular.
- Tienen hojas simples, alternas y deciduas, con estípulas libres.
- En el género *Populus*, las hojas son orbiculares, mientras que en *Salix* son lanceoladas.
- El follaje en general es de color verde claro y en algunas especies es perenne. Las flores son unisexuales, dioicas, y se encuentran dispuestas en amentos, que pueden ser erectos o colgantes.
- El fruto de estas plantas es una cápsula que contiene muchas semillas pequeñas. Algunas especies destacadas de esta familia son el sauce blanco (*Salix alba*), el álamo temblón (*Populus tremula*) y el mimbre (*Salix viminalis*).



Figura 57. *Salix alba*. (17)

Familia Schisandraceae

Se caracteriza por

- Incluir árboles pequeños, arbustos y plantas trepadoras, que pueden alcanzar hasta 25 metros de altura.
- Son aromáticas y sin vellosidades en su superficie.
- Sus hojas son simples, ovaladas u oval-oblongas, dispuestas alternadamente en forma espiral (a veces también en forma distinta), con peciolo y sin estípulas.
- Tienen un aspecto coriáceo o cartilaginoso, con bordes dentados o sinuosos, y en ocasiones enteros.
- Las inflorescencias se encuentran en las axilas, sobre las axilas o en puntas laterales, y contienen flores solitarias, en pares o en racimos compactos.
- Las plantas son monoicas o dioicas, con flores unisexuales o hermafroditas y con forma actinomorfa.
- Los frutos tienen forma de baya o múltiples folículos, cada una de las bayas es subglobosa o elipsoidal, y su piel es carnosa, roja o de un color morado oscuro.
- En cada fruto pueden encontrarse de 1 a 5 semillas, que son subglobosas, ovoides o reniformes, aplanadas, con una cáscara dura o quebradiza, lisa, rugosa o tuberculada.
- Además, tienen abundante endospermo oleoso y un embrión de pequeño tamaño.

Una especie destacada dentro de esta familia es el *Illicium verum*, conocido como anís estrellado.



Figura 58. *Illicium verum*. (17)

Familia Solanaceae

Incluye una gran variedad de plantas, con 80 géneros y alrededor de 2000 especies, que pueden ser hierbas trepadoras, arbustos o árboles. En América Latina, se encuentran unas 500 especies leñosas de esta familia.

Estas plantas se caracterizan por:

- Tener hojas simples, alternas, y en ocasiones tienen pelos.
- Al aplastarlas, sueltan un olor desagradable y astringente.
- Sus flores suelen estar dispuestas en cimas regulares, con un cáliz de 5 lóbulos persistentes.
- La corola puede tener forma tubular o en rueda, con 5 lóbulos, y hay 5 estambres insertos en ella, alternando con los lóbulos.
- El pistilo está compuesto por un ovario súpero, generalmente de 2 celdas, con muchos óvulos, y un estilo y estigma de 2 lóbulos.
- El fruto de estas plantas es una baya, que es verde cuando está tierna y se colorea al madurar.
- Suelen tener muchas semillas, aunque en algunas especies del género *Nicotiana*, el fruto puede ser una cápsula.
- Algunas especies del género *Solanum* tienen espinas.

Algunas especies destacadas de esta familia son *Datura stramonium* (chamico), *Solanum betaceum* (tomate de árbol), *Solanum quitoense* (naranjilla), *Physalis peruviana* (uvilla) y *Nicotiana tabacum* (tabaco).

Figura 59. *Solanum quitoense*.

(17)



Familia Verbenaceae

Cuenta con 760 especies que se encuentran en manglares y bosques secos de los trópicos.

Sus características principales son:

- Tallos cuadrangulares, hojas simples opuestas, hojas y flores con olor agradable, flores que pueden ser levemente actinomorfas o claramente zigomorfas, y frutos drupas carnosas con una única semilla dura.

Algunas especies destacadas son el cedrón (*Lippia citriodora*), la verbena (*Verbena officinalis*) y el pechiche (*Vitex gigantea*).⁽²⁵⁾



Figura 60. *Lippia citriodora*. (17)

Familia Violaceae

Se distingue por las siguientes características:

- Comprende arbustos, arbustos trepadores y hierbas.
- Las hojas son simples, alternas, dispuestas en dos filas o raramente opuestas, a veces formando rosetas en el caso de la Viola. Además, suelen tener puntos translúcidos.
- Las inflorescencias pueden encontrarse en las axilas, terminales o caulinares. Las flores son agrupadas o solitarias, y los pedicelos suelen tener articulaciones con brácteas o bractéolas.

- Las flores son hermafroditas, tienen simetría actinomorfa o zigomorfa, son pequeñas y tienen pedicelos. Poseen cinco sépalos y cinco pétalos libres, los cuales pueden ser iguales o desiguales. En el caso de ser desiguales, el pétalo anterior es más grande y muy diferenciado de los demás, a menudo con un espolón.
- Los frutos son cápsulas coriáceas, aunque en algunas ocasiones pueden ser leñosas y presentar tres valvas.

Algunas especies destacadas de esta familia son la *Viola arguta*, conocida como la violeta de campo, la *Viola odorata*, conocida como la violeta, y la *Viola tricolor*, conocida como el pensamiento.



Figura 61. *Viola tricolor*. (17)

Subfamilia de Asphodeloideae

Las características principales de esta subfamilia son:

- Comprende plantas que van desde hierbas rizomatosas hasta árboles o arbustos.
- Los tallos a menudo presentan un crecimiento secundario anómalo.
- Las hojas son simples, alternas, dispuestas en rosetas en la base o extremidades de las ramas.
- Suelen ser suculentas, enteras o con bordes espinosos o aserrados. Presentan venación paralela y se organizan alrededor de un tejido

parenquimatoso mucilaginoso en el centro, con una capa de células gelatinosas en el polo del floema de la mayoría de los haces vasculares.

- Estas hojas contienen secreciones coloreadas y acumulan antraquinonas, no son fibrosas y se extienden hasta la base sin estipulas.
- Las inflorescencias son indeterminadas y suelen encontrarse en la punta del tallo, aunque a veces también pueden aparecer en los laterales.
- Las flores suelen ser hermafroditas, radiales o bilaterales, y a menudo son vistosas. Tienen seis tépalos distintivos y el ovario se encuentra en posición superior.
- Los frutos se desarrollan en forma de cápsula loculicida.

Algunas especies destacadas de esta subfamilia son la sábila (*Aloe vera*), la sábila amarga (*Aloe ferox*) y la margarita de hamorthia (*Hamorthia margaritifera*).⁽²⁵⁾



Figura 62. *Aloe ferox*. (17)

Clase liliopsida

Familia Zingiberaceae se compone principalmente de hierbas perennes con rizomas, que suelen ser grandes y aromáticos.

- Sus hojas son dispuestas en forma dística, con una lígula y una vaina abierta.
- Las inflorescencias, en forma de panícula terminal, se encuentran principalmente en un vástago floral sin hojas.
- Las flores de esta familia son zigomórficas, irregulares y bisexuales, con tres sépalos, pétalos y ovario inferior.
- Los frutos son cápsulas loculicidas y las semillas son ariladas, de forma larga, redonda o angulosa, con abundante endospermo.

Algunas especies destacadas de esta familia son el jengibre (*Zingiber officinale*), la cúrcuma (*Curcuma longa*) y el cardamomo (*Elettaria cardamomum*).



Figura 63. *Zingiber officinale*. (17)

Familia Poaceae

También conocida como gramíneas, es un grupo de plantas herbáceas, aunque algunas pueden ser leñosas, que pertenecen al orden Poales de las monocotiledóneas. La mayoría de los alimentos que consumen los cerezos provienen de las gramíneas, ya sea directamente en forma de granos cereales y sus derivados como harinas y aceites, o indirectamente a través de la carne, la leche y los huevos que provienen del ganado y las aves de corral que se alimentan de pastos o granos.

Algunas de sus características principales son:

- Los tallos son cilíndricos, las raíces son fibrosas y algunas pueden ser adventicias.
- Las hojas tienen forma de lámina lineal a ovada, con nerviación paralela, dispuestas de manera dística o, en algunos casos, en espiral, pero nunca en tres filas.
- La vaina de las hojas puede estar abierta o cerrada, y presentan una estructura llamada lígula.
- Las inflorescencias de las gramíneas están compuestas por espiguillas que se agrupan en panículas, espigas o racimos, y pueden ser terminales o axilares.
- Las flores son pequeñas e inconspicuas, y pueden ser hermafroditas o unisexuales. El perianto se reduce a dos escamas hialinas llamadas lodículas, y el ovario es supero. Los frutos son del tipo cariopse, generalmente encerrados por la lemma y la pálea.

Algunas especies destacadas de la familia Poaceae incluyen el *Bromus catharticus*, conocido como hierba de perro, el *Zea mays* o maíz, el *Triticum aestivum* o trigo, el *Oryza sativa* o arroz, la *Avena sativa* o avena, y el *Arundo donax* o carrizo.(25)



Figura 64. *Zea mays*. (17)

Familia Amaryllidaceae

- Es una familia de plantas que incluye hierbas con bulbos y raíces contráctiles, aunque en Tulbaghia también se puede encontrar un rizoma.
- Tienen tallos pequeños y elementos basales con perforaciones simples. Además, presentan laticíferos y contienen saponinas esteroidales.
- Estas plantas tienen un olor característico a cebolla o ajo debido a la presencia de compuestos de sulfuros allisulfuro.
- Las hojas de estas plantas son alternas y se encuentran mayormente en la base. Son simples y pueden ser cilíndricas, angulares o planas.
- Tienen una estructura venosa paralela y se envainan en la base, pero no presentan estípulas.
- La inflorescencia de la familia Amaryllidaceae está formada por una o más cimas helicoidales y contraídas, dando la apariencia de una umbela.

- Las flores son hermafroditas, con simetría radial o bilateral. A menudo son vistosas y no están asociadas con brácteas.
- Los tépalos, que son los elementos florales protectores, están formados por 6 piezas. El ovario se encuentra en la parte superior de la flor.
- El fruto de estas plantas es una cápsula.

Algunas especies de interés incluyen *Allium cepa* L. (cebolla), *Allium fistulosum* L. (cebolla de rama), *Allium sativum* L. (ajo) y *Allium porrum* L. (puerro).(25)



Figura 65. *Allium sativum* L. (17)

Familia Arecaceae

Se encuentra ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo, y está compuesta por 235 géneros y 4000 especies de plantas leñosas. Estas plantas se caracterizan por:

- Tener diferentes hábitos de crecimiento, ya sea solitarias o agrupadas, espinosas o sin espinas, y pueden ser árboles, arbustos o trepadoras.
- Sus troncos son gruesos, sin ramificaciones y no crecen en diámetro, y tienen hojas agrupadas en la parte superior.

- Las hojas pueden tener diferentes formas, como palmadas, pinnadas o bífidas. Las inflorescencias pueden ser axiales, solitarias o múltiples, y los frutos son drupas con diferentes tipos de cubierta.
- La Familia Arecaceae es muy importante y valiosa para los seres humanos, ya que en los trópicos proporcionan alimentos, bebidas, materiales para la construcción, fibras, aceites y otros productos útiles.

Algunas especies de interés de esta familia son el chontaduro, la palma de ramos y el sabal.



Figura 66. Palma de ramos. (17)

Familia Bromeliaceae

Son herbáceas y crecen en forma de roseta con tallos cortos.

- Pueden ser terrestres o epifitas, pero también se pueden encontrar arbustos o árboles, como en el caso de la especie Puya.
- Muchas de estas plantas tienen rizomas o estolones. Sus hojas están dispuestas en una roseta basal y a menudo forman "tanques" especializados en almacenar agua y humus.
- Estas hojas pueden ser lineares o lanceoladas, suculentas y pueden tener fuertes espinas o ser inermes. También pueden ser glabras, sin

una nervadura conspicua, y a menudo están coloreadas o esclerificadas en la base.

- Las inflorescencias de esta familia son espigas, racimos o panículas y se encuentran en la punta de los tallos.
- Estas inflorescencias están insertas en las axilas de brácteas de colores vivos. Las flores son hermafroditas y actinomorfas, con 3 sépalos verdes y 3 pétalos que pueden ser libres o unidos, a menudo de colores vivos.
- El ovario puede ser ínfero o súpero. Los frutos de estas plantas son bayas carnosas con 3 lóculos o cápsulas de 3 valvas.
- En algunos géneros, las semillas tienen alas o apéndices plumosos o colas largas para facilitar su dispersión.

Algunas especies de interés de esta familia incluyen la *Guzmania conifera*, *Guzmania gloriosa*, *Pitcairnia pungens* y *Tillandsia straminea*.(25)



Figura 67. *Guzmania conifera*. (17)

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

Realice un esquema el cual contenga la clasificación de las plantas revisadas dentro de esta unidad.

UNIDAD 3

BOTÁNICA APLICADA



3. Botánica aplicada

Introducción

La botánica aplicada es un campo de estudios que se dedica a la aplicación práctica de los conocimientos de la botánica en diferentes áreas. Esta disciplina busca utilizar los principios y conceptos de la botánica para resolver problemas o mejorar procesos en campos como la agricultura, la silvicultura, la jardinería, la medicina, la biotecnología y la conservación del medio ambiente, además proporciona una base sólida para comprender las plantas y su relación con el entorno; mediante el estudio de la anatomía vegetal, la fisiología vegetal, la taxonomía, la ecología y la genética de las plantas, se puede explorar cómo las plantas interactúan con su entorno, cómo crecen y se desarrollan, cómo se reproducen y cómo se adaptan a diferentes condiciones ambientales.

En la agricultura, la botánica aplicada juega un papel fundamental en el mejoramiento

de las variedades de cultivos, en el control de las plagas y enfermedades de las plantas, en la optimización de los sistemas de riego y en la conservación de los recursos naturales, en la medicina, la botánica aplicada se ocupa de la investigación y desarrollo de medicamentos a base de plantas, así como de la identificación y conservación de plantas medicinales.

En la biotecnología, la botánica aplicada se utiliza para la producción de alimentos transgénicos, para la mejora de la calidad y resistencia de las plantas, y para la conservación de recursos genéticos vegetales.

En la conservación del medio ambiente, la botánica aplicada se enfoca en la protección y restauración de hábitats naturales, en la conservación de especies en peligro de extinción y en la mitigación del cambio climático, una rama de la botánica aplicada de

interés para el naturópata es la farmacobotánica.

Este conocimiento permite comprender el efecto

farmacológico de las plantas medicinales y las condiciones necesarias para su uso seguro y eficaz.

Objetivo

Identificar las especies botánicas según la jerarquía establecida para clasificar en los diferentes niveles taxonómicos las especies botánicas, valorando el entorno biodiverso y la relación existente entre las especies.

3.1. Conceptos básicos

- Agricultura y horticultura: aplicación de conocimientos botánicos para el cultivo y manejo de plantas con fines alimentarios, ornamentales y medicinales.
- Ecología de las plantas: estudio de las relaciones entre las plantas y su entorno, incluyendo interacciones con otros organismos, adaptaciones y dinámica de los ecosistemas.
- Farmacognosia: por otro lado, se centra en la descripción de las drogas vegetales y sus propiedades farmacológicas. Esta ciencia se enfoca en los principales principios activos presentes en las plantas, su química, origen, mecanismo de acción, en qué familias botánicas se encuentran, y cómo identificarlos y cuantificarlos.
- Farmacopea: tiene su origen en el término griego "farmakopoiia", que se refiere a la preparación de medicamentos, tanto remedios como venenos. Una farmacopea es un libro que recopila información sobre materias primas y sustancias medicinales, incluyendo aspectos como especificaciones de calidad. Las farmacopeas son compilaciones de plantas medicinales utilizadas ampliamente en todo el mundo o en regiones específicas, y contienen información detallada sobre sus propiedades, formas de administración, precauciones y otros detalles relevantes. Estos libros se crean a partir de la recopilación de información tradicional sobre el uso de plantas medicinales, así como de estudios científicos que respaldan el conocimiento ancestral mediante técnicas modernas de experimentación. El objetivo de las farmacopeas es garantizar un uso racional de estos productos, asegurando su eficacia y seguridad.
- Fitofarmacia: se refiere al estudio y uso terapéutico de las plantas y vegetales que poseen propiedades medicinales. Esta disciplina no solo se enfoca en la investigación de los efectos de estos productos en el organismo, sino también en la elaboración de medicamentos a partir de ellos y en la comprensión de su acción química y biológica en los

seres vivos. La palabra fitofarmacia deriva de los términos griegos "phyton", que significa planta o vegetal, y "pharmakon", que hace referencia a una sustancia venenosa o que altera el cuerpo.

- Fitoterapia: es el estudio y uso de productos de origen vegetal con fines terapéuticos, ya sea para prevenir, aliviar o curar condiciones patológicas. Es una práctica basada en los conocimientos de la fitofarmacia. La fitoterapia nos proporciona información sobre qué plantas medicinales utilizar para trastornos de salud específicos, así como su forma de administración y las contraindicaciones.
- Fitopatología: estudio de las enfermedades de las plantas, incluyendo su identificación, causas y métodos de control.
- Fisiología de las plantas: estudio de los procesos y funciones vitales de las plantas, como la fotosíntesis, la transpiración, la respiración y la reproducción.
- Mejoramiento de plantas: aplicación de técnicas genéticas para mejorar características deseables de las plantas, como resistencia a enfermedades o aumento de rendimiento.
- Morfología de las plantas: estudio de las estructuras externas e internas de las plantas, como las hojas, tallos, raíces, flores y frutos.
- Taxonomía de las plantas: clasificación y categorización de las plantas en grupos basados en sus características comunes.
- Silvicultura: gestión y manejo de los bosques y las plantaciones forestales, incluyendo la conservación de la biodiversidad y la producción sostenible de madera.(20)

3.1.1. Bases de farmacología

En el caso de la farmacología, la botánica aplicada se encarga de buscar y estudiar plantas con propiedades medicinales para su uso en el desarrollo de fármacos.

La base farmacológica de la botánica aplicada se fundamenta en el estudio de las diferentes sustancias quíicas presentes en las plantas, conocidas como

fitoquímicos, que sonables de sus propiedades terapéuticas. Estos fitoquímicos pueden tener diversos mecanismos de acción en el organismo humano, como la inhibición de enzimas, la regulación de la función celular o la modulación de la respuesta inmune.

La farmacología es el estudio de las sustancias que interactúan con organismos vivos a través de procesos químicos, como la unión a moléculas reguladoras, y que pueden activar o inhibir procesos corporales normales. Estas sustancias pueden ser administradas con fines terapéuticos beneficiosos o con efectos tóxicos contra agentes infecciosos como parásitos, bacterias, virus y hongos.

La farmacología se encuentra dentro del campo de la biomedicina, ya que se centra en los efectos biológicos y la efectividad de los medicamentos en el tratamiento de problemas médicos específicos. También se encarga de evaluar la toxicidad y el potencial terapéutico de los fármacos.

En la fitoterapia, se considera que el efecto de las plantas medicinales es de naturaleza farmacológica, ya que los principios activos que contienen ingresan al organismo e interactúan con procesos celulares y moleculares para lograr el efecto deseado. Sin embargo, dependiendo de la terapia y la forma de utilizar las plantas, también pueden tener efectos a nivel energético (en el caso de la homeopatía y la medicina andina), emocional (Flores de Bach, aromaterapia), o por mecanismos orgánicos no completamente comprendidos (microdosis).

Aunque no es necesario que los naturópatas tengan un conocimiento profundo de esta ciencia como se requiere en otras profesiones, es importante que al menos entiendan los conceptos y procesos básicos mencionados aquí.

3.1.2. Formas farmacéuticas y vías de administración

La forma farmacéutica, también conocida como forma galénica, se refiere a la manera en la que se preparan los principios activos y excipientes para crear un medicamento.

El propósito de una forma farmacéutica es:

- Adaptar la dosis de un producto terapéutico a necesidades individuales.
- Salvaguardar los activos de influencias externas que puedan dañarlos.
- Facilitar su ingreso al cuerpo.
- Controlar la absorción de los componentes activos.
- Orientar los componentes activos hacia los tejidos afectados.
- Prevenir daños causados por interacciones químicas.
- Mejorar aspectos del producto, como su sabor, aroma, entre otros.

Las principales formas farmacéuticas son:

- 4. Comprimidos:** Son formas sólidas que contienen la sustancia activa en forma de polvo o gránulos comprimidos en una matriz sólida.
- 5. Cápsulas:** Son formas sólidas que contienen la sustancia activa en forma de polvo o gránulos, encapsulados en una cubierta gelatinosa.
- 6. Soluciones:** Son formas líquidas que contienen la sustancia activa disuelta en un solvente.
- 7. Suspensiones:** Son formas líquidas que contienen partículas sólidas finamente dispersas en un líquido.
- 8. Emulsiones:** Son formas líquidas que contienen una mezcla de líquidos no miscibles, donde uno de ellos es dispersado en el otro en forma de gotitas finamente divididas y estabilizadas por un emulsionante.
- 9. Geles:** Son formas semisólidas que contienen una matriz sólida dispersa en un líquido.

10. Ungüentos: Son formas semisólidas que contienen la sustancia activa disuelta o dispersa en un vehículo graso.

11. Supositorios: Son formas sólidas que se introducen por vía rectal y se disuelven o se dispersan dentro del recto.

La **vía de administración oral o enteral** es la más conveniente, común, sencilla y económica para la aplicación de medicamentos. El producto se ingiere como si fuera alimento, ya sea en forma líquida, como jarabe o solución oral, o en forma sólida, como comprimidos o cápsulas.

Los principios activos se liberan en el estómago, se disuelven y se absorben a lo largo del tracto gastrointestinal, principalmente en el intestino delgado. Luego, pasan a la sangre en cantidades controladas y a una velocidad moderada, distribuyéndose por todo el organismo a través de la circulación sanguínea.

Estas moléculas absorbidas pasan directamente al hígado, donde pueden ser metabolizadas, es decir, transformadas. Esto puede activar o desactivar su efecto, y se conoce como metabolismo de primer paso.

En esta vía de administración, las moléculas están expuestas a cambios debido al pH del estómago, al metabolismo hepático y a la acción del microbiota intestinal. La velocidad de absorción puede variar según la presencia o ausencia de alimentos en el estómago, e incluso pueden ocurrir interacciones entre los alimentos y los principios activos. Además, ciertas sustancias pueden irritar el tracto gastrointestinal o causar molestias.

Esta vía es ampliamente empleada en fitoterapia, para administrar preparaciones como infusiones, decocciones, tinturas, extractos fluidos, jarabes, elixires, jugos, comprimidos y cápsulas naturales, entre otros.

La **vía de administración sublingual** el medicamento se coloca debajo de la lengua en forma de comprimido o solución. Los principios activos se disuelven en la saliva y se absorben a través del epitelio de la cavidad bucal, pasando directamente a la sangre y distribuyéndose por todo el cuerpo. Esta

vía proporciona un efecto rápido y evita el metabolismo hepático inicial. Sin embargo, no todas las moléculas pueden ser absorbidas por esta vía ni en grandes cantidades. Puede causar irritación de la mucosa oral. Esta vía se utiliza en ocasiones para administrar aceites esenciales, microdosis y preparaciones energéticas como soluciones y grageas homeopáticas y esencias florales.

La **vía de administración parenteral** la forma de administración de los productos medicinales es a través de soluciones o dispersiones inyectables utilizando jeringas y sueros. Sin embargo, esta modalidad de administración es incómoda y dolorosa. Generalmente, estos productos se administran en el músculo, la vena o el tejido subcutáneo.

Al ser administrados de esta manera, los principios activos son absorbidos completamente en la sangre, evitando el metabolismo de primer paso, lo que resulta en efectos rápidos y potentes en todo el cuerpo. Sin embargo, algunas sustancias deben ser administradas a una velocidad baja para evitar reacciones en el organismo.

La vía de administración parenteral no se utiliza frecuentemente en fitoterapia, ya que muy pocos fitomedicamentos son preparados siguiendo estrictas normas en industrias farmacéuticas.(27)

La **vía de administración rectal** se refiere a la introducción de productos medicinales en el cuerpo a través del recto, ya sea en forma de supositorios o enemas. Los componentes activos de estos productos se absorben a través del revestimiento del recto, que tiene una gran cantidad de vasos sanguíneos, y se distribuyen por todo el cuerpo. Aunque tiene un efecto rápido, esta vía de administración sufre del metabolismo de primer paso. Aunque es una forma incómoda y limitada en su uso para algunas sustancias, todavía se utiliza en la fitoterapia para el tratamiento de trastornos rectales e intestinales, como las hemorroides y el estreñimiento. Además de los supositorios, también existen infusiones y decocciones que se pueden aplicar como enemas, como es el caso de la hidroterapia colónica.

La **vía de administración tópica** se refiere a la aplicación de productos medicinales en la piel o mucosas, como los ojos, oídos, nariz o vagina, en forma de soluciones, sólidos o semisólidos. Los ingredientes activos atraviesan las diferentes capas de la piel dependiendo de la forma en que se formulan y sus características químicas.

En general, estos ingredientes no llegan al torrente sanguíneo en cantidades significativas ni sufren metabolismo hepático, ya que tienen una acción local. Esta vía de administración también es utilizada frecuentemente en la fitoterapia, a través de cremas, ungüentos, lociones, baños, emplastos, cataplasmas, aceites, entre otros.

La **vía de administración inhalatoria** consiste en la administración de productos medicinales en forma de gases, vapores o aerosoles a través de la inhalación. Estos productos pueden ser gases como el oxígeno o los anestésicos, vapores como los aceites esenciales, o aerosoles como los broncodilatadores que contienen partículas muy pequeñas. Se absorben a través del revestimiento de los bronquios y los pulmones. Dependiendo de las características del producto, pueden llegar a la sangre y otros tejidos, como el sistema nervioso, o pueden tener acción únicamente en el área local. Esta vía de administración solo es adecuada para moléculas que sean gases, volátiles o de tamaño muy pequeño. En la fitoterapia, se utiliza ampliamente para aplicaciones de aromaterapia y vaporizaciones.(27)

3.1.3. Fases del efecto farmacológico

Los componentes activos presentes en las plantas medicinales deben llegar a células y órganos específicos para producir su acción. Esto es conocido como efecto farmacológico. Como resultado de estas acciones a nivel celular y molecular, las funciones biológicas del paciente se equilibrarán para desarrollarse dentro de rangos considerados normales, lo que se manifestará como bienestar. A esto se le conoce como efecto clínico. Para que esto ocurra, las sustancias medicinales atraviesan dos etapas, que son la farmacocinética y la farmacodinamia.

La **farmacocinética** se refiere al proceso que experimenta una sustancia medicinal desde que entra en el cuerpo hasta que se elimina. Esta división consta de dos etapas principales:

- **Liberación:** es el proceso en el cual las moléculas del principio activo se liberan de su forma farmacéutica. Por ejemplo, una pastilla que se disuelve en el líquido estomacal o una cápsula que se rompe y libera su contenido en el estómago. Para que los principios activos puedan ser absorbidos, deben estar disueltos en el medio en el que se encuentren, como el contenido estomacal o la piel.
- **Absorción:** en esta fase, los principios activos disueltos atraviesan las membranas biológicas, como las membranas celulares, para llegar a la sangre u otros tejidos. En la administración oral, la absorción ocurre en el estómago al atravesar su mucosa y epitelio, pero es más notable en el intestino delgado, mediante las microvellosidades, donde los principios activos llegan al torrente sanguíneo. En la administración tópica, las moléculas alcanzan diferentes profundidades dependiendo de sus características y los excipientes utilizados.
- **Distribución:** Después de ingresar a la sangre, las moléculas viajan a través del cuerpo y se distribuyen por todo el organismo. A continuación, pasan al líquido intersticial y llegan a las células de todos los órganos. La distribución está regulada por la unión a proteínas plasmáticas, la polaridad de las moléculas, la irrigación sanguínea de cada tejido u órgano, y características específicas de algunos tejidos. Por ejemplo, el paso de moléculas al tejido nervioso está restringido por la barrera hematoencefálica, lo que significa que solo algunas moléculas pueden tener efectos en el sistema nervioso.
- **Metabolismo:** Nuestro cuerpo reconoce los principios activos como sustancias extrañas, por lo que busca transformarlos mediante enzimas para poder eliminarlos. Las enzimas convierten los principios activos en moléculas cada vez más polares (hidrosolubles). En este proceso, algunas moléculas se desactivan, perdiendo sus propiedades

farmacológicas, mientras que otras se activan, ganando propiedades farmacológicas. El metabolismo de los principios activos ocurre principalmente en el hígado, pero también dentro de cada célula.

- **Excreción** es el proceso mediante el cual las moléculas, tanto en su forma original como transformadas, son eliminadas del cuerpo a través de diferentes vías: la orina para la eliminación renal, las heces para la eliminación fecal, la espiración para la eliminación pulmonar y el sudor para la eliminación cutánea.

La **farmacodinámica** es el proceso mediante el cual las moléculas de principios activos ejercen su acción y producen un efecto farmacológico. El objetivo de esta fase es comprender las interacciones que ocurren a nivel celular entre estas moléculas y las consecuencias que resultan de estas interacciones.

Para que un principio activo tenga efecto, es necesario que se una a un receptor. Un receptor es una estructura o molécula celular a la cual el fármaco se adhiere para ejercer su acción. Estos receptores se encuentran en las membranas celulares o en el interior de las células. La unión entre el principio activo y el receptor ocurre a través de enlaces químicos y suele ser reversible, lo que significa que el principio activo se separa del receptor al finalizar su acción.

La unión entre un principio activo y un receptor presenta las siguientes características:

- Puede ser selectiva, es decir, tener afinidad solo por ciertos tipos de receptores y no por otros. Esto permite que un principio activo pueda tener efectos específicos en determinados órganos o sistemas del cuerpo.
- Puede tener una duración de acción limitada. Algunos principios activos pueden tener una vida media corta en el organismo, lo que significa que su efecto será temporal y requerirá de dosis repetidas para mantener su acción.

- Puede ser afectada por diferentes factores, como la concentración del principio activo en el organismo, la presencia de otros fármacos o sustancias que compitan por el mismo receptor, o la presencia de cambios fisiológicos en el organismo (por ejemplo, en el caso de mujeres embarazadas o personas con enfermedades hepáticas).
- Puede tener efectos adversos. Aunque los principios activos están diseñados para ejercer un efecto terapéutico específico, en algunos casos pueden producir efectos secundarios no deseados, especialmente si se utilizan en dosis altas o durante un período prolongado de tiempo.

Después de que se produce la unión entre un principio activo y un receptor, se desencadena una serie de respuestas bioquímicas que resultan en la acción farmacológica esperada. Algunos de estos efectos incluyen:

- Alteración en la entrada y salida de iones en la célula, como el sodio, calcio y potasio, lo cual regula diversos procesos como la conducción de señales nerviosas y el tono muscular. Esto es producido por ciertos analgésicos y antihipertensivos.
- Cambios en la producción de enzimas o proteínas. Por ejemplo, algunos medicamentos estimulan las glándulas para que produzcan más hormonas, como en el caso de los antidiabéticos, o bloquean la producción de ciertos compuestos, como los antiinflamatorios.
- Modificaciones en la actividad de las enzimas, aumentando o disminuyendo sus efectos, como sucede con algunos hepatoprotectores.
- Alteraciones en la afinidad de ciertos receptores a las moléculas del cuerpo, aumentando su capacidad de unión, como los sedantes, o bloqueándolos para evitar la unión, como los antiandrogénicos, entre otros efectos.

Según el efecto que causan, se pueden clasificar los principios activos en dos tipos: agonistas y antagonistas. Un agonista es una sustancia que al

unirse a un receptor inicia una respuesta, imitando la acción de moléculas que se encuentran de forma natural en el cuerpo. Por otro lado, un antagonista es una sustancia que al unirse a un receptor bloquea su actividad, impidiendo que se unan las moléculas que podrían activarlo, ya sea que estas sean endógenas o administradas externamente.(27)

3.1.4. Dosis respuesta

En términos simples, la dosis se refiere a la cantidad de una sustancia que se administra a una persona en un determinado período de tiempo. En general, se cree que mayores dosis de una sustancia producen un efecto más potente. Para entender esto, es importante comprender los conceptos de dosis mínima, dosis máxima y dosis terapéutica.

- La dosis mínima es la cantidad necesaria de una sustancia para que se comience a observar un efecto clínico o terapéutico. Dosis menores a esta no se consideran suficientes para generar efectos notables.
- Por otro lado, la dosis máxima es la mayor cantidad de un principio activo que se puede administrar a una persona antes de que aparezcan efectos adversos significativos. Dosis superiores a esta cantidad se consideran tóxicas y pueden poner en peligro la vida.
- La dosis terapéutica, también conocida como margen terapéutico, rango terapéutico o ventana terapéutica, es el rango de dosis entre la dosis mínima y la dosis máxima. Se considera que las dosis dentro de este rango son efectivas y seguras para el tratamiento de una enfermedad.(27)

Desde la perspectiva de la naturopatía, analizamos los diferentes medios a través de los cuales las sustancias medicinales pueden generar efectos. Observamos que la interacción entre las moléculas y los receptores no es únicamente física, sino que también involucra mecanismos energéticos que surgen de las fuerzas entre las moléculas y los átomos. Estos mecanismos pueden ser utilizados mediante diversas técnicas y terapias alternativas y complementarias. Por ejemplo, en la homeopatía se considera el efecto de la

"huella energética" de ciertos productos en los vehículos en los que son administrados, como el agua, el alcohol y la lactosa, en dosis tan bajas que no pueden ser cuantificadas. Asimismo, en la terapia con microdosis se utilizan cantidades mucho menores a las dosis mínimas de algunos productos, pero su eficacia se basa en la vía sensorial hipotálamo-cortical. En la fitoterapia clásica, utilizamos principios similares a los de la farmacología convencional, ya que se emplean dosis considerables de productos medicinales cuya acción se explica mediante mecanismos bioquímicos. Sin embargo, también se consideran los principios de la medicina tradicional china, ayurvédica, andina y otras, obteniendo resultados igualmente satisfactorios.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

Explique en qué consiste es la farmacodinamia y la farmacocinética relacionada en la botánica.

UNIDAD 4

METABOLISMO VEGETAL



4. Metabolismo vegetal

Introducción

El metabolismo vegetal es un conjunto de procesos químicos y bioquímicos que ocurren en las plantas. Estos procesos son vitales para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de las plantas, ya que, a través del metabolismo vegetal, las plantas obtienen los nutrientes y energía necesarios para llevar a cabo sus funciones biológicas.

El metabolismo vegetal se puede dividir en dos grandes categorías: anabolismo y catabolismo. El anabolismo comprende los procesos de síntesis y construcción, en los cuales las plantas utilizan la energía y los nutrientes para construir moléculas más complejas, como carbohidratos, proteínas y lípidos. Estas moléculas son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otro lado, el catabolismo se refiere a los procesos de

degradación y destrucción de moléculas en las plantas. Durante el catabolismo, las plantas liberan energía almacenada en moléculas complejas, como glucosa, mediante la oxidación y descomposición de estas moléculas. Esta energía liberada permite a las plantas llevar a cabo sus funciones metabólicas.

El metabolismo vegetal también incluye procesos importantes como la fotosíntesis y la respiración celular. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas utilizan la energía de la luz solar para convertir el dióxido de carbono y el agua en glucosa y oxígeno, liberando energía en el proceso. Por otro lado, la respiración celular es el proceso en el cual las plantas utilizan la glucosa y el oxígeno para obtener energía, liberando dióxido de carbono y agua como subproductos.

Objetivo

Identificar los principios activos de las plantas para conocer los procesos fisiológicos y metabólicos de las especies vegetales promoviendo un uso racional de los recursos naturales.

4.1. Metabolitos primarios

4.1.3. Carbohidratos

Los carbohidratos son una parte fundamental de la biomasa vegetal y desempeñan funciones tanto estructurales como energéticas en las plantas. La celulosa es el componente estructural principal de los vegetales y se encuentra en tallos leñosos, fibras y paredes celulares.

El almidón, que es el producto visible de la fotosíntesis, es utilizado por las plantas para almacenar energía solar en forma de energía química. Además, es la principal fuente de carbono y energía tanto para las plantas como para los animales.

Algunos derivados de los carbohidratos son moléculas de interés biológico y se utilizan como principios activos en el campo terapéutico.

Los carbohidratos, también conocidos como glúcidos, son compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Se dividen en tres grupos: monosacáridos, que consisten en una sola molécula; oligosacáridos, formados por unas pocas unidades de monosacáridos enlazados; y polisacáridos, que son polímeros de alto peso molecular compuestos por monosacáridos y sus derivados.

Monosacáridos y sus derivados

Los monosacáridos y sus derivados tienen un papel importante en el campo de la terapéutica. Muchos monosacáridos se encuentran naturalmente en la composición de otras moléculas medicinales, conocidas como glucósidos. En un glucósido, la parte de azúcar se llama glicona, mientras que la otra parte del compuesto se conoce como aglicona o genina.

La presencia del azúcar en el glucósido altera las propiedades físico-químicas de la aglicona, como por ejemplo aumentar su polaridad, lo que la hace más soluble en agua. Por lo general, el enlace que une estas dos partes puede ser roto por la acción enzimática de la planta misma, pero también puede ser

descompuesto durante la digestión y metabolismo cuando es consumido por otro organismo.

- La glucosa, aunque se utiliza principalmente como alimento, también se encuentra en forma de preparados medicinales. Se formula en solución acuosa a varias concentraciones para su administración parenteral en casos de deshidratación extrema o como medida preventiva, así como en la profilaxis y tratamiento de la cetosis en casos de desnutrición.
- Las maltodextrinas, derivadas del almidón, se utilizan tanto en la nutrición infantil como en la formación de granulados.
- La fructosa puede ser utilizada en la nutrición parenteral, como sustituto de la glucosa en la dieta para personas con diabetes y como edulcorante.
- El sorbitol, un monosacárido, tiene propiedades colagogas y se utiliza en el tratamiento de la dispepsia y el estreñimiento, así como sustituto de la sacarosa para personas con diabetes.
- El manitol, otro monosacárido derivado, promueve la contracción de la vesícula biliar y se utiliza como laxante. También es administrado por vía parenteral como diurético en casos de oliguria y anuria.
- La vitamina C, o ácido ascórbico, es sintetizada por las plantas a partir de la glucosa. Todos los monosacáridos son altamente solubles en agua.

Los oligosacáridos y sus derivados

- La sacarosa, que es el principal oligosacárido consumido por los seres humanos, proporciona una parte importante de la energía celular.
- La lactulosa y el lactitol son oligosacáridos sintéticos utilizados en casos de estreñimiento y encefalopatías hepáticas.

Polisacáridos y sus derivados en terapéutica

Fibra alimentaria

La fibra alimentaria, también conocida como fibra dietética, se refiere a la parte comestible de las plantas que no puede ser digerida ni absorbida en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso. Aunque no es considerada un nutriente esencial, la fibra alimentaria desempeña funciones fisiológicas importantes, como estimular la peristalsis intestinal.

El motivo por el cual el cuerpo humano no puede procesar la fibra alimentaria es porque el sistema digestivo carece de las enzimas necesarias para descomponerla. Sin embargo, esto no significa que la fibra pase a través del sistema digestivo sin cambios. Aunque el intestino no puede digerirla, las enzimas presentes en la microbiota intestinal fermentan parcialmente la fibra, descomponiéndola en compuestos químicos como gases (hidrógeno, dióxido de carbono y metano) y ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato).

La fibra dietética se encuentra principalmente en alimentos de origen vegetal poco procesados, como cereales, frutas, verduras y legumbres. La fibra alimentaria está compuesta por diferentes componentes, entre ellos:

- Celulosa: un polímero de glucosa que no se disuelve en agua y es insoluble.
- Pectina y lignina: características específicas de estos componentes se abordarán más adelante.
- Otros elementos, como glicoproteínas y minerales.

La fibra alimentaria se encuentra en la mayoría de las frutas y verduras, como frijoles, zanahorias, manzanas, etc. Los suplementos de fibra suelen contener salvado de trigo y otros cereales.

La fibra alimentaria desempeña principalmente dos funciones importantes. En primer lugar, tiene una acción reguladora del tránsito intestinal, ya que forma la mayor parte del bolo fecal, lo que ayuda a mantener un adecuado funcionamiento del sistema digestivo. Además, tiene una acción metabólica al regular la absorción de glucosa, colesterol, triglicéridos y minerales en el organismo.

Tipos de fibra alimentaria

La fibra alimentaria, que se considera tradicionalmente como un carbohidrato complejo, se ha dividido en dos grupos principales según sus características químicas y sus efectos en el cuerpo humano.

Fibra insoluble está compuesta por sustancias como la celulosa, la hemicelulosa, la lignina y el almidón resistente. Estas sustancias retienen poca agua y se hinchan poco. Este tipo de fibra se encuentra principalmente en alimentos como el salvado de trigo, los granos enteros, algunas verduras y en general en todos los cereales. Los componentes de esta fibra son poco fermentables y resisten la acción de los microorganismos en el intestino. El principal efecto de esta fibra en el cuerpo es limpiar las paredes del intestino al desprender los desechos adheridos a ellas. Además, aumenta el volumen de las heces, disminuye su consistencia y acelera su tiempo de tránsito a través del sistema digestivo. Como resultado, el consumo diario de este tipo de fibra facilita las deposiciones y previene el estreñimiento.

Fibra soluble está compuesta por componentes como la inulina, las pectinas, las gomas y los fructooligosacáridos. Estos componentes tienen la capacidad de retener una gran cantidad de agua y formar geles viscosos. Además, son altamente fermentables por los microorganismos presentes en el intestino, lo que produce una gran

cantidad de gas. Al ser fácilmente fermentada, fomenta el crecimiento de la flora bacteriana que constituye aproximadamente 1/3 del volumen fecal. Como resultado, este tipo de fibra también aumenta el volumen de las heces y disminuye su consistencia.

La fibra soluble se encuentra principalmente en legumbres, cereales como la avena y la cebada, y algunas frutas. Además de su capacidad de retener agua, la fibra soluble es capaz de reducir y ralentizar la absorción de grasas y azúcares de los alimentos. Esto contribuye a regular los niveles de colesterol y glucosa en la sangre.

- **Inulina**

La inulina es un tipo de polímero de fructosa, también conocido como fructanos. Se encuentra comúnmente en las raíces, tubérculos y rizomas de ciertas plantas fanerógamas, como la achicoria, el diente de león y la jícama. A diferencia de la fibra insoluble, la inulina no es soluble en agua, sino que forma geles cuando se combina con ella.

Algunas de las propiedades de la inulina son las siguientes:

- Es considerada un prebiótico, ya que sirve como alimento para la microbiota intestinal, promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino.
- Participa en la regulación de la glucosa, los lípidos y los minerales en el intestino.
- Se ha utilizado en el tratamiento de trastornos intestinales como el síndrome de Crohn y el estreñimiento.
- Se le atribuyen propiedades diuréticas, lo que significa que puede ayudar a aumentar la producción de orina y la eliminación de líquidos del cuerpo.

- **Gomas o exudados**

Las gomas o exudados son polisacáridos complejos y heterogéneos, compuestos por moléculas de diferentes tipos de azúcares. Estas sustancias se liberan o fluyen desde diversas estructuras de algunas plantas como respuesta a un corte o trauma. Cuando se secan, forman

estructuras duras que no se disuelven en solventes orgánicos, lo que las distingue de las resinas.

La mayoría de las gomas son solubles en agua y forman soluciones viscosas, mientras que algunas, menos solubles, pueden formar geles. Las soluciones diluidas de estas gomas tienden a precipitar cuando se les añade etanol.

Algunos ejemplos de gomas incluyen la goma esterculia (*Sterculia urens*, *Sterculia tomentosa*), la goma arábica obtenida de ciertas especies de acacia, la goma tragacanto obtenida de especies del género *Astragalus*, y los glucomananos y galactomananos como el konjac y la goma guar.

Las gomas tienen diversos usos, como laxantes, saciantes, emolientes, béquicos, reguladores de la absorción de azúcares y grasas, y como espesantes y emulsionantes en la industria farmacéutica y de alimentos.

- **Mucílagos**

Los mucílagos son componentes celulares que se encuentran comúnmente en las estructuras de las semillas, conocidas como tegumento. Estos constituyentes celulares son un tipo de fibra soluble y tienen la capacidad de retener agua, lo que desempeña un papel importante en la germinación de las semillas. Se encuentran especialmente en los órdenes Malvales, Fabales y en el género *Plantago*.

Los mucílagos se pueden extraer fácilmente utilizando solventes polares, incluyendo agua fría. En general, presentan las siguientes propiedades: actúan como laxantes formadores de volumen, reguladores de la absorción de azúcares y grasas, saciantes, béquicos, demulcentes y protectores gástricos.

Algunas plantas que son ricas en mucílagos incluyen la chía, ispágula, zaragatona, llantén, malva, altea, tilo, linaza, amapola, pitahaya, aloe, nopal y cacao.

- **Pectinas**

Las pectinas son componentes naturales que se encuentran en las células vegetales, específicamente en las paredes celulares. Son polímeros que contienen ácido galacturónico, arabinosa y galactosa. Se encuentran principalmente en frutas y plantas herbáceas, donde contribuyen a dar rigidez a la textura y desempeñan un papel en el control del movimiento del agua dentro de las células.

La mayoría de las pectinas se extraen mediante la aplicación de calor a pulpas y residuos de frutas, como limones y manzanas. Al hervir estos materiales en agua caliente, se obtiene una solución coloidal, especialmente cuando se añade azúcar y se encuentra en medios ácidos.

Las pectinas se utilizan ampliamente para formar soluciones viscosas en preparaciones medicinales y alimenticias, especialmente para regular el tránsito intestinal. También se emplean en el tratamiento sintomático del vómito y la diarrea en niños. Debido a que son un componente de la fibra alimentaria, las pectinas también ayudan a regular la absorción de azúcares y grasas en el intestino.

4.1.4. Lípidos

Los lípidos son una amplia categoría de compuestos con características químicas diversas, pero comparten la propiedad de ser solubles en solventes no polares e insolubles en agua. Desde un punto de vista biológico, los lípidos se pueden clasificar en compuestos simples, como ácidos grasos y esteroides, y en compuestos complejos formados a partir de ellos, como triglicéridos, ceras, fosfolípidos, entre otros.

Desde el punto de vista farmacológico, los ácidos grasos son los lípidos más importantes. Son cadenas carbonadas que contienen un número par de carbonos, con un extremo que tiene un grupo carboxilo. Por lo general, no se

encuentran en forma libre en la naturaleza, ya que tienden a formar parte de la estructura de triglicéridos y otras grasas complejas.

Dentro de los ácidos grasos, los más relevantes son los de tipo omega, como los omegas 3, 6 y 9. Aunque se estudian principalmente desde una perspectiva nutricional, estos compuestos tienen propiedades terapéuticas importantes debido a su esencialidad para la salud.

Omega 3			
Ácido graso	Fuente	Función	Implicación
ALA (ácido alfa linolénico)	Linaza, kiwi, chía, canola, soya, nuez	Antiinflamatorio, antioxidante, hipocolesterolémico, hipolipidémico, hipotensor, vasoconstrictor	Reduce el estrés oxidativo, inflamación y agregación plaquetaria
EPA (ácido eicosapentaenoico)	Pescados grasos, aceites de pescados, algunas semillas, leche materna	Antioxidante, antiinflamatorio, hipotensor, aumenta la sensibilidad a la insulina	Reduce el estrés oxidativo y la inflamación
DHA (ácido docosahexaenoico)	Peces de agua fría, se sintetiza desde el EPA	Antiinflamatorio, hipolipidémico	Reduce el deterioro mental en Alzheimer, aumenta la capacidad

			cognitiva y visual. Previene el cáncer de colon
Omega 6			
Ácido graso	Fuente	Función	Implicación
LA (ácido linoleico)	Maíz, maní, soya, semilla de algodón, otros aceites	Aumenta la oxidación y la expresión de moléculas inflamatorias	Incrementa la inflamación
AA (ácido araquidónico)	Carne, huevos, lácteos	Aumenta la agregación plaquetaria, la vasoconstricción y la síntesis de proinflamatorios	Incrementa oxidación y el estrés oxidativo
Omega 9			
Ácido graso	Fuente	Función	Implicación
OA (ácido oleico)	Aceite de oliva, aceite de macadamia	Hipolipidémico, hipotensor, antiaterogénico	Reduce el LDL, reduce su oxidación y mejora el perfil lipídico

Ácido nervónico	Salmón, semilla de mostaza, linaza	Mejora la síntesis de mielina en células nerviosas	Reduce los factores de riesgo relacionados a la obesidad en enfermedades cardiovasculares
------------------------	---	--	---

Tabla 3. Ácidos grasos (28,29)

4.1.5. Proteínas

Hay alrededor de 300 aminoácidos que se encuentran en las plantas, pero solo se utilizan 20 de ellos para formar proteínas, especialmente enzimas que son necesarias para catalizar las reacciones bioquímicas. Algunos aminoácidos también actúan como precursores de metabolitos secundarios, como los alcaloides, y hay otros compuestos peptídicos que son de interés farmacológico.

- **Lectinas**

Las lectinas son proteínas o glicoproteínas que tienen la capacidad de unirse a azúcares específicos en la membrana celular, pero no tienen actividad enzimática. En las plantas superiores, se encuentran principalmente en las semillas. Muchas lectinas tienen la capacidad de aglutinar los glóbulos rojos, y algunas incluso lo hacen de manera específica para un grupo sanguíneo particular. Además, tienen la propiedad de estimular la división celular en los linfocitos.

Algunas lectinas son tóxicas y pueden causar síntomas como vómitos, diarrea hemorrágica y shock. Sin embargo, otras tienen propiedades farmacológicas interesantes. Por ejemplo, se ha descubierto que las lectinas presentes en el muérdago tienen acción inmunoestimulante y pueden tener efectos citotóxicos o antitumorales, según estudios realizados.

- **Bromelaína**

Es una combinación de enzimas proteolíticas que se encuentran en diferentes especies de piñas. Estas enzimas tienen la capacidad de descomponer proteínas. La bromelaína posee propiedades antiinflamatorias y antiexudativas, lo que significa que puede reducir la inflamación y la acumulación de líquido en los tejidos. Además, también tiene propiedades antiagregantes plaquetarias y fibrinolíticas, lo que significa que puede prevenir la formación de coágulos y disolverlos.

La bromelaína se ha utilizado en el tratamiento de edemas causados por traumatismos, cirugías o procesos tromboembólicos.

- **Paipaína**

La papaína se extrae del látex del fruto inmaduro de la papaya y es una combinación de enzimas proteolíticas, siendo la quimopapaína una de las más destacadas.

La papaína se utiliza para tratar trastornos digestivos y mejorar la digestión, especialmente en casos de baja secreción de ácido gástrico. También se emplea de forma tópica para reducir la inflamación y promover la curación de heridas en la piel. Por otro lado, la quimopapaína se utiliza en el tratamiento de hernias discales.(28)

4.2. Metabolitos secundarios

El metabolismo vegetal secundario se refiere a las vías metabólicas que producen compuestos químicos no esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero que desempeñan importantes funciones biológicas en la planta, como la defensa contra depredadores, atracción de polinizadores, competencia con otras plantas, y adaptación al estrés ambiental.

Estos compuestos secundarios son producidos a través de diferentes vías metabólicas, como la biosíntesis de alcaloides, terpenoides, fenilpropanoides

y flavonoides. Estos metabolitos secundarios pueden tener actividades antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatorias, antitumorales, entre otras.

Las plantas producen metabolitos secundarios en respuesta a señales ambientales y también pueden regular su producción en función de las necesidades de la planta. Por ejemplo, cuando la planta está bajo estrés, como por herbivoría o sequía, puede aumentar la producción de metabolitos secundarios para protegerse.

Además, los metabolitos secundarios pueden ser utilizados con fines medicinales, nutricionales e industriales. Muchos medicamentos y productos naturales utilizados en la industria son derivados de compuestos secundarios de plantas.

Los metabolitos secundarios vegetales son compuestos químicos producidos por las plantas que no son esenciales para su crecimiento y desarrollo, pero que desempeñan funciones importantes en su interacción con el entorno. Estos compuestos se clasifican en diferentes grupos según su estructura química y las funciones que desempeñan.

Compuestos terpénicos

Los terpenos o terpenoides son compuestos que se encuentran principalmente en plantas aromáticas que son ricas en aceites esenciales. Estos compuestos se forman mediante la unión de moléculas relacionadas con el isopreno, por lo que también se conocen como isoprenoides. Dependiendo de la cantidad de moléculas que se unan, pueden formarse diferentes tipos de terpenoides, como monoterpenos (2 unidades), sesquiterpenos (3 unidades), diterpenos (4 unidades), triterpenos (6 unidades) y tetraterpenos o carotenoides (8 unidades).

Los terpenoides son un amplio grupo de moléculas presentes en las plantas, y desempeñan un papel importante en la interacción entre plantas, animales y microorganismos. Se han identificado alrededor de 20,000 compuestos diferentes con diversas características estructurales. En el campo de la salud

humana, se utilizan principalmente en trastornos del sistema respiratorio, gastrointestinal y nervioso.

A continuación, se presenta las características específicas de los terpenoides principales. Para un estudio más detallado de este tipo de compuestos, se recomienda la asignatura de aromaterapia.

- **Monoterpenos**

Los monoterpenos son los terpenoides más simples, compuestos por dos unidades de isoprenoides, lo que equivale a 10 carbonos. Se pueden identificar terpenos con estructuras regulares, que son los más comunes en los aceites esenciales, así como monoterpenos con estructuras irregulares, que son menos comunes, como en el caso de las piretrinas. También existen monoterpenos con estructuras cíclicas y rara vez se encuentran glicosilados.

Estas sustancias volátiles, de aroma intenso, son los principales componentes de los aceites esenciales y las oleorresinas, y son responsables del sabor y fragancia de muchas plantas aromáticas. Su función principal es facilitar la polinización y proteger a la planta de los ataques de insectos y microorganismos.

En el campo terapéutico, los usos de los monoterpenos varían dependiendo de cada molécula. Se utilizan como bálsamos, antisépticos, espasmolíticos, sedantes, entre otros. También se emplean como saborizantes y aromatizantes en medicamentos y alimentos, y en la perfumería.

En general, estos compuestos son poco solubles en agua, pero lo suficientemente solubles como para aromatizarla. Por otro lado, son muy solubles en solventes orgánicos, aceites vehiculares, grasas y etanol de alta pureza.

Algunos ejemplos de monoterpenos son el mirceno, ocimeno, terpinoleno, terpineno, pineno y limoneno. Además, según su grado de oxidación, se encuentran otros tipos, como alcoholes (geraniol,

linalool, citronelol, mentol, 1-terpinen-4-ol), aldehídos (geranial, neral, citronelal), cetonas (mentona, carvona, alcanfor, tujona), ésteres (1,8 cineol) y fenoles (timol, carvacrol).

- **Sesquiterpenos**

Los sesquiterpenos están compuestos por tres unidades de isoprenoides y contienen 15 carbonos. Son componentes comunes de los aceites esenciales y contribuyen a sus propiedades farmacológicas. Ejemplos de sesquiterpenos incluyen el bisabolol, presente en la manzanilla, y el gossipol, presente en el algodón. Otra molécula destacada es el β -cariofileno, que tiene importantes propiedades antiinflamatorias y se encuentra especialmente en la oleorresina de copaiba y en el aceite de pimienta.

Los sesquiterpenos presentan propiedades similares a las de los monoterpenos y también se encuentran formando alcoholes y cetonas. Un grupo de estos compuestos son las sesquiterpeno lactonas, que, junto con otras sustancias, son comúnmente conocidas como "principios amargos". Tradicionalmente, se han utilizado como tónicos gástricos, aperitivos y estimulantes de las secreciones digestivas.

- **Diterpenos**

Los diterpenos son terpenoides compuestos por cuatro unidades de isoprenoides, lo que significa que contienen 20 carbonos. Muchos de ellos presentan estructuras cíclicas. Mientras que la mayoría de los diterpenos no son reconocidos por sus propiedades terapéuticas, existen algunos que destacan por sus beneficios para la salud. Por ejemplo, la forskolina tiene propiedades antihipertensivas, el taxano se utiliza como antitumoral y el esteviósido, presente en la estevia, tiene propiedades edulcorantes y antidiabéticas.

- **Triterpenos**

Los triterpenos son terpenoides que están compuestos por 30 átomos de carbono. Se conocen alrededor de 4000 compuestos diferentes,

con casi 40 tipos de modificaciones del esqueleto básico, que se llama escualeno. Dentro de este grupo también se incluyen los esteroides. Entre los triterpenos, hay varios tipos, pero destacan las saponinas y los heterósidos cardiotónicos.

- **Saponinas**

Las saponinas son un amplio grupo de moléculas que se encuentran en muchas plantas. Se caracterizan por ser glucósidos, lo que significa que están formadas por la unión de un triterpeno con moléculas de azúcar. Esta composición les confiere solubilidad en agua y la capacidad de formar espuma cuando se agitan. Por esta razón, muchas plantas que contienen saponinas se han utilizado como "jabones naturales" desde hace siglos, como la quillaja y la saponaria. También se están probando como emulsionantes naturales en la fabricación de productos tópicos, como las saponinas de la quinua.

Cuando entran en contacto con la sangre, las saponinas provocan hemólisis, es decir, alteran la membrana plasmática de los glóbulos rojos, lo que resulta en la liberación de hemoglobina al plasma. Esta propiedad hace que muchas saponinas sean tóxicas, especialmente para los peces. Sin embargo, para los seres humanos, esta toxicidad solo se produce si se administran por vía parenteral, ya que por vía oral se absorben en cantidades bajas, insuficientes para causar un efecto tóxico importante, aunque pueden provocar trastornos gastrointestinales.

La parte no azucarada de las saponinas se conoce como sapogenina y puede ser un triterpeno, un esteroide o un glicoalcaloide. Los azúcares más comunes a los que se unen son la glucosa, galactosa, arabinosa, ramnosa y ácido glucurónico.

- Las saponinas son sustancias inodoras, de sabor amargo e irritantes si se inhalan.
- Dependiendo de su estructura, tienen una amplia variedad de acciones farmacológicas, entre las que se destacan su capacidad

adaptógena (como los ginsenósidos del ginseng y los eleuterósidos del eleuterococo)

- Su efecto antiinflamatorio (como la glicirrizina del regaliz, la escina del castaño de indias y el faradiol de la caléndula)
- Su acción antitusiva (como las saponinas de poligala e hiedra) y su efecto venotónico (como las saponinas del rusco y la centella asiática).
- Hipoglicemiantes e hipolipemiantes: saponinas de fenogreco

- **Heterósidos o glucósidos cardiotónicos**

Los heterósidos o glucósidos cardiotónicos son un grupo de compuestos químicos y estructurales homogéneos. La genina presente en estos compuestos es de tipo esteroide, mientras que los azúcares les confieren solubilidad en agua y afectan su absorción por vía oral.

Estos compuestos tienen una acción notable en el corazón, lo que los ha llevado a ser utilizados en el tratamiento de la insuficiencia cardíaca. Sin embargo, en la actualidad, su uso se limita a la base para la síntesis de fármacos a nivel industrial y no se emplean en la medicina tradicional. Esto se debe a que tienen un margen terapéutico estrecho y pueden causar intoxicaciones mortales.

Un ejemplo conocido de estos compuestos es la digoxina, que se encuentra en algunas especies del género *Digitalis* y se utiliza en la elaboración de medicamentos para condiciones cardíacas.

Otros esteroides con usos terapéuticos incluyen el β -sitosterol, presente en una amplia variedad de plantas. Se le atribuyen efectos en la regulación de hormonas, especialmente la testosterona y el estrógeno, lo que lo hace útil en trastornos menstruales, síntomas de la menopausia, infertilidad, calvicie masculina, inflamación de la próstata, entre otros. Se puede encontrar en semillas de calabaza, frutos de sabal, guayusa, entre otras plantas.

- **Carotenoides**

Los carotenoides son compuestos tetraterpenoides compuestos por 8 unidades de isopreno, lo que equivale a 40 átomos de carbono. Se presentan como cadenas largas de carbono con uno o dos ciclos. Muchos de ellos actúan como pigmentos amarillos, rojos y verdes, desempeñando un papel importante en la fotosíntesis de las plantas y protegiéndolas de la radiación dañina. Se acumulan principalmente en las hojas, pero también se encuentran en pétalos, frutos y raíces, y son poco solubles en agua.

Se pueden clasificar en carotenos, que son cadenas hidrocarbonadas, y xantofilas, que son derivados hidroxilados. Estos compuestos tienen diversas funciones biológicas, como la producción de retinol o vitamina A partir del β -caroteno, que es esencial para muchas funciones biológicas. Además, actúan como antioxidantes potentes, protegiendo al cuerpo contra los radicales libres y previniendo trastornos degenerativos, incluyendo el cáncer. También protegen contra los efectos nocivos de los rayos ultravioleta.

Algunos ejemplos de carotenoides son el β -caroteno, el licopeno, la luteína y la zeaxantina. Alimentos como la zanahoria, el tomate, el ají, el pimiento, la caléndula, el azafrán y el achiote son reconocidos por su alto contenido de carotenoides.

- **Iridoides**

Los iridoides son compuestos que se clasifican como monoterpenos y se caracterizan por tener una estructura cíclica básica conocida como iridano. Cuando esta estructura se encuentra abierta, se les denomina secoiridoides. Se conocen alrededor de 500 estructuras diferentes de iridoides, que incluyen iridoides glucosídicos, secoiridoides glucosídicos y iridoides no glucosídicos.

Estos compuestos están relacionados con los mecanismos de defensa de las plantas, y a menudo proporcionan un sabor amargo que evita la depredación por parte de herbívoros e insectos.

La solubilidad de los iridoides puede variar dependiendo de su estructura. Aquellas moléculas sin presencia de azúcares o sustituyentes de oxígeno serán menos polares, mientras que aquellas que contengan azúcares pueden disolverse en agua y etanol en diferentes proporciones.

Algunos iridoides destacados incluyen los valepotriatos, presentes en la valeriana y con propiedades sedantes; el harpagósido, presente en el harpagofito y con propiedades antiinflamatorias; la oleuropeína y el oleuropeósido, presentes en el olivo y utilizados como hipotensores; y el gentiopicrosido de la genciana, que posee propiedades digestivas.

4.2.3. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son un amplio grupo de sustancias que comparten la característica de tener al menos un anillo aromático que contiene al menos un grupo hidroxilo. Estos compuestos son sintetizados principalmente por plantas y microorganismos y también se conocen como fenilpropanoides.

Dentro de este grupo, encontramos diferentes subclases como ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos, quinonas, flavonoides, antocianos y taninos.

- **Ácidos fenólicos**

Los ácidos fenólicos son compuestos orgánicos que contienen al menos un grupo carboxilo (COOH) y un grupo fenol. Sin embargo, en el campo de la fitoquímica, este término se utiliza principalmente para referirse a los derivados del ácido benzoico y del ácido cinámico.

Estos compuestos son solubles en solventes polares, dependiendo de su estructura específica. Los derivados del ácido benzoico se encuentran comúnmente en forma libre, pero también pueden estar

presentes como ésteres y glucósidos. Además, se pueden encontrar aldehídos fenólicos como la vainillina y el anisaldehído.

Por otro lado, los derivados del ácido cinámico, como los ácidos cumárico, cafeico y ferúlico, están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Estos también pueden aparecer como ésteres, como los ácidos clorogénico y rosmarínico.

Se ha determinado que los ácidos fenólicos juegan un papel sinérgico junto con otros compuestos activos para potenciar el efecto terapéutico. Se destacan por sus propiedades antisépticas y antiinflamatorias. Se pueden encontrar en alimentos como la alcachofa, el romero, el ortosifón y el bálsamo de Perú, entre otros.

- **Cumarinas**

Las cumarinas son sustancias comunes en las plantas y pueden encontrarse tanto en forma libre como en forma de glicósidos. Se han descubierto alrededor de 700 cumarinas diferentes.

La cumarina tiene una estructura básica que ha sido identificada en 160 especies vegetales. Es una sustancia cristalina e incolora, con un olor similar al de la hierba recién cortada y un sabor amargo y aromático. Es soluble en alcohol. Aunque anteriormente se utilizaba para aromatizar bebidas alcohólicas y preparaciones farmacéuticas, su uso está prohibido actualmente debido a que se ha demostrado que puede ser hepatotóxica y cancerígena en altas dosis. Sin embargo, en las cantidades presentes en algunas preparaciones vegetales tradicionales, es segura.

Las cumarinas son solubles en alcohol y solventes apolares, mientras que sus glicósidos pueden ser más o menos solubles en agua.

La esculetina y la umbeliferona, dos tipos de cumarinas, tienen la capacidad de absorber radiaciones UV dañinas para la piel, por lo que se utilizan en algunos filtros solares. También tienen cierta actividad antiinflamatoria y antiasmática.

El dicumarol es un anticoagulante que se utiliza en la prevención y tratamiento de la trombosis venosa y la embolia pulmonar. Actúa bloqueando la acción de la vitamina K, que es necesaria para la coagulación.

El psolareno y sus compuestos análogos, como el bergaptano, pueden causar fotosensibilización. Su consumo o aplicación en la piel puede provocar quemaduras solares. Se utilizan en la fotoquimioterapia para el tratamiento de enfermedades como el vitíligo, la psoriasis, las micosis y la alopecia areata.

Algunas plantas en las que se pueden encontrar cumarinas incluyen el castaño, el meliloto, la angélica y los aceites esenciales de la cáscara de cítricos (que contienen psolareno).

- **Lignan**

Los lignanos son compuestos derivados del fenilpropano que se encuentran en el tejido leñoso de las plantas. Estos compuestos poseen propiedades antibacterianas, antifúngicas y antialimentarias contra insectos. Existen diferentes variedades estructurales, incluyendo lignanos, neolignanos, oligómeros y norlignanos. Los lignanos no son muy solubles en agua.

Desde el punto de vista farmacológico, los lignanos son compuestos interesantes. Algunos de ellos tienen propiedades citotóxicas, como la podofilotoxina, mientras que otros tienen propiedades hepatoprotectoras, como la silimarina presente en el cardo mariano, que es una mezcla de varios lignanos.

- **Quinonas**

Las quinonas son derivados de fenoles que presentan una estructura básica llamada diona, la cual contiene dos grupos carbonilo. Pueden ser clasificadas en benzoquinonas y naftoquinonas. Las quinonas en forma libre son insolubles en agua, pero solubles en solventes polares. Cuando se encuentran en forma de glicósidos, pueden ser extraídas

con agua o soluciones hidroalcohólicas. Un ejemplo de derivado de benzoquinona es la arbutina, que posee propiedades antisépticas urinarias. Por otro lado, muchas naftoquinonas tienen propiedades antibacterianas y fungicidas, y han sido utilizadas como antiparasitarios y antivirales. También son destacables las antraquinonas, que se encuentran unidas a glucosa o ramnosa. En el reino vegetal, suelen ser encontradas como 1,8-dihidroxiantraquinonas. Estas sustancias son poco solubles en agua fría pero más solubles en alcohol y otros solventes, y suelen presentar colores que van desde el rojo hasta el naranja. Las agliconas de estos compuestos tienen un efecto laxante, estimulando la motilidad intestinal, y además poseen propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, analgésicas y antitumorales. Algunas fuentes de estas sustancias son el aloe, el ruibarbo, el sen y la cáscara sagrada.

- **Flavonoides**

Los flavonoides son metabolitos que se encuentran en casi todas las plantas superiores y son responsables de dar color a las flores, frutas y algunas hojas. Pueden presentar tonalidades de amarillo, rojo, azul y violeta. Algunas moléculas son incoloras para el ojo humano, pero pueden absorber radiación UV que es percibida por insectos polinizadores, atrayéndolos hacia las flores. Los flavonoides desempeñan funciones importantes en las plantas, como proteger contra la radiación UV dañina, quelar metales pesados, tener propiedades antioxidantes y antienzimáticas, regular el crecimiento, la actividad hormonal, la respiración, la fotosíntesis y la defensa.

En la naturaleza, los flavonoides pueden encontrarse en forma libre (geninas) o en forma de glucósidos. Por lo tanto, la mayoría de ellos son solubles en agua, pero tienen baja solubilidad en solventes apolares. Sin embargo, las geninas tienen alta solubilidad en solventes apolares y baja solubilidad en solventes polares.

Se han identificado alrededor de 4000 estructuras de flavonoides, y este número continúa aumentando a medida que se realizan más investigaciones en plantas. Todos ellos tienen un esqueleto básico conocido como 2-fenilcromano. Las modificaciones en esta estructura dan lugar a la diversidad de moléculas. Según su estructura, los flavonoides se pueden clasificar en flavonas, flavanonas y chalconas. También se incluyen en este grupo los antocianos y los isoflavonoides.

Flavonas y flavonoles

Las flavonas constituyen aproximadamente el 80% de todos los flavonoides y se caracterizan por tener un tono amarillento. Algunos ejemplos de flavonas son la apigenina, que se encuentra en la manzanilla, y la luteolina, presente en la retama.

Por otro lado, los flavonoles son flavonoides que contienen varios grupos hidroxilos en su estructura. Estos compuestos pueden ser incoloros o tener un color amarillo. Algunos ejemplos de flavonoles son la quercetina, que se encuentra en el polen, la miricetina, presente en las uvas, y el kaempferol, que actúa como fotoprotector y se encuentra en muchas inflorescencias.

Flavanonas y dihidroflavonoles

Por otro lado, las flavanonas son compuestos que actúan como precursores de otros flavonoides más complejos y se encuentran principalmente en los cítricos. Un ejemplo de flavanona es la naringenina, la cual se encuentra en la naranja, el limón y la toronja, y es conocida por sus propiedades inhibitorias enzimáticas. Además, los dihidroflavonoles son precursores de los flavonoles y se encuentran en algunas plantas como las uvas blancas y la zarzaparrilla. Algunos ejemplos de dihidroflavonoles son la dihidroquercetina y el dihidrokaempferol, presentes en la naturaleza.

Chalconas y auronas

Las chalconas y auronas son tipos de flavonoides que desempeñan un papel importante en la polinización al generar colores que atraen a los polinizadores, incluso dentro del rango ultravioleta. Muchos flavonoides pueden encontrarse en forma de glucósidos, como es el caso de la rutina, que es un glicósido de quercetina. Los flavonoides se han utilizado especialmente por sus propiedades venotónicas, es decir, por su capacidad para mejorar la circulación al disminuir la permeabilidad y fragilidad capilar. Algunos ejemplos de flavonoides con propiedades venotónicas son la rutina y la diosmina. Además, se reconocen sus acciones antiinflamatorias, gastroprotectivas, antitrombóticas, antitumorales, antibacterianas y hepatoprotectoras. También tienen una importante capacidad antioxidante.

Los frutos cítricos, el eucalipto, el ginkgo biloba, la pasiflora, el tomillo, la manzanilla, la milenrama, el cardo mariano, la alcachofa, entre otros, son fuentes importantes de flavonoides.

Antocianos

Las antocianinas, también conocidas como antocianos, son un grupo de moléculas que se caracterizan por ser responsables de los colores rojo, rosa, malva, violeta, azul y sus tonalidades en flores, frutas y hojas. Estos pigmentos se encuentran en la naturaleza en forma de glicósidos, siendo llamados antocianinas, o en forma de agliconas, conocidas como antocianidinas. Se forman a partir de los flavonoides y son solubles en agua y alcohol, pero insolubles en solventes orgánicos. Además, su color tiende a ser más rojizo en un ambiente ácido y más azulado en un ambiente básico.

Gracias a sus colores vibrantes, las antocianinas atraen a las aves para la polinización y también para la dispersión de las semillas. Estas moléculas tienen importantes propiedades terapéuticas, como la disminución de la permeabilidad y fragilidad de los vasos sanguíneos,

la prevención de la degradación del colágeno, la reducción de los edemas y su capacidad antioxidante. Por esta razón, se utilizan en tratamientos para trastornos vasculares y oftalmológicos. Además, las antocianinas son pigmentos naturales utilizados en la industria textil, farmacéutica y cosmética.

Algunos ejemplos de plantas que contienen antocianos son el arándano, la uva roja y la col morada.

Isoflavonoides

Los isoflavonoides son compuestos que tienen una estructura básica muy similar a la de los flavonoides, con la única diferencia en la posición del grupo fenilo. Aunque no son muy comunes en el reino vegetal, se conocen alrededor de 700 estructuras diferentes. Aunque pueden presentar diversas modificaciones en su estructura central, las isoflavonas son destacadas por su actividad terapéutica. Estos compuestos suelen encontrarse en forma de glicósidos, lo que les confiere solubilidad en solventes polares.

Muchas isoflavonas tienen propiedades estrogénicas marcadas, lo que significa que imitan la acción del estrógeno en el cuerpo. Por esta razón, pueden ser utilizadas en el tratamiento de disfunciones hormonales femeninas, como trastornos menstruales y síntomas de la menopausia. Una de las isoflavonas más conocidas es la genisteína.

La soya y la alfalfa son plantas reconocidas por su contenido en isoflavonas.

Taninos

Los taninos son compuestos fenólicos que tienen la capacidad de formar polímeros, es decir, cadenas de moléculas unidas por enlaces químicos. Desde el punto de vista estructural, se pueden identificar tres tipos de taninos: taninos hidrolizables, taninos condensados y tanoides.

Los taninos hidrolizables son ésteres de ácidos fenólicos y azúcares. Los ácidos fenólicos más comunes en estos compuestos son el ácido gálico y el ácido elágico, mientras que el azúcar más común es la glucosa. Debido a esta estructura, los taninos hidrolizables pueden formar cadenas muy largas. Además, al estar unidos a azúcares, son solubles en solventes polares e incluso pueden formar soluciones coloidales. Sin embargo, cuando se encuentran en un medio ácido a altas temperaturas, se produce un proceso llamado hidrólisis ácida, en el cual los componentes de los taninos se separan.

Los taninos condensados son polímeros formados por flavanos o catecoles, que son la estructura básica de los flavonoides. A diferencia de los taninos hidrolizables, son menos solubles en agua y no se ven afectados por la hidrólisis ácida. Por otro lado, los tanoides son derivados del ácido clorogénico y, aunque no se consideran taninos propiamente dichos, comparten algunas de sus propiedades. Se pueden encontrar en alimentos como café, té, mate y tabaco.

Los taninos son conocidos por su uso en la curtiembre, ya que tienen la capacidad de transformar la piel al formar enlaces entre las fibras de colágeno y otras proteínas, lo que le brinda resistencia al agua, calor y abrasión, y evita su descomposición. Esto se debe a su capacidad de unirse a las proteínas.

Además, los taninos tienen propiedades astringentes. Cuando se aplican, disminuyen la permeabilidad celular y provocan vasoconstricción, lo que los hace excelentes para cicatrizar heridas y detener hemorragias. También se utilizan en el tratamiento de las hemorroides.

Algunas plantas reconocidas por su contenido en taninos son el ciprés, el pino, el roble, el guarango y el hamamelis.

4.2.4. Compuestos nitrogenados (alcaloides)

Los alcaloides son una amplia familia de compuestos nitrogenados que se encuentran en el reino vegetal, y se caracterizan por su diversidad tanto en estructura como en acciones biológicas. El átomo de nitrógeno presente en su estructura les confiere un carácter alcalino, de ahí su nombre.

Los alcaloides son conocidos por su notable actividad farmacológica y toxicológica. Muchas plantas que contienen alcaloides han sido utilizadas durante miles de años por sus propiedades alucinógenas y su capacidad para modificar el sistema nervioso. Estas plantas son consideradas sagradas en muchas culturas ancestrales, ya que facilitan la conexión espiritual de las personas en ceremonias religiosas y pueden inducir estados alterados de conciencia en los cuales los sanadores, curanderos, sacerdotes, chamanes, yachags, entre otros, pueden recibir mensajes de sus antepasados, divinidades o espíritus de la naturaleza. Estas prácticas todavía son comunes en diversas partes del mundo.

Por otro lado, algunos alcaloides se utilizan en la terapéutica moderna, como la morfina, la estricnina, la atropina, la pilocarpina y la efedrina. También se emplean en la hemisíntesis de fármacos o forman parte de bebidas comunes y la medicina tradicional.

Los alcaloides se encuentran en varias partes de la planta y aún no se conoce con certeza su papel en la biología vegetal. Sin embargo, se considera que actúan como mecanismo de defensa contra depredadores debido a su acción tóxica. Además, su efecto psicoactivo puede resultar atractivo para los mamíferos, quienes, al buscar y consumir la planta en cuestión, permiten su diseminación.

Las sales de los alcaloides tienen buena solubilidad en agua, mientras que su forma no salina es soluble en solventes orgánicos. El nombre de los alcaloides puede derivar de su actividad biológica, como la emetina;

del nombre de su descubridor, como la pelletierina; del nombre del género de la planta, como la atropina; o del nombre de la planta misma, como la cocaína. En general, muchos alcaloides tienen el sufijo "ina" en su nombre.

El principal criterio para clasificar los alcaloides es su estructura química o su origen químico. De esta manera, podemos identificar principalmente los siguientes grupos:

- Derivados de ornitina y lisina
- Derivados de tirosina y fenilalanina
- Derivados de triptófano
- Derivados purínicos

4.2.4.1. Alcaloides derivados de ornitina y lisina

La ornitina y la lisina son aminoácidos que son precursoras de una amplia variedad de alcaloides con estructuras diferentes. Algunos alcaloides importantes, como la atropina, la escopolamina y la nicotina, pertenecen a este grupo.

Alcaloides tropánicos

Son aquellos que tienen una estructura central conocida como tropano.

- **Atropina, la escopolamina y la hiosciamina:** los cuales se encuentran principalmente en plantas como la belladona, el estramonio (chamico), el guanto y el beleño. Estos alcaloides tienen efectos que incluyen la inhibición de las funciones parasimpáticas, la dilatación de la pupila, la reducción de la motilidad intestinal y de la vejiga, la broncodilatación, la reducción de las secreciones y la acción espasmolítica. En dosis bajas, producen sedación, mientras que en dosis altas pueden generar euforia. Sin embargo, también pueden provocar intoxicación, la cual se caracteriza por la presencia de alucinaciones.
- **Cocaína:** es un alcaloide que se encuentra en las hojas de coca. Históricamente, las personas en los pueblos andinos masticaban estas

hojas para reducir el hambre y la fatiga, y obtener una sensación energizante. Sin embargo, cuando se extrae el alcaloide de la planta, se obtiene una de las drogas ilegales más conocidas. Los efectos de la cocaína incluyen una sensación de bienestar, euforia, aumento de la frecuencia cardíaca, presión arterial alta y constricción de los vasos sanguíneos periféricos. Además, la cocaína genera una alta adicción física. En el pasado, la cocaína también se usó como el primer anestésico local en medicina, pero actualmente está en desuso debido a sus problemas legales.

Alcaloides pirrolizidínicos

Los alcaloides que tienen una estructura central conocida como pirrolizidina son conocidos por ser no tóxicos a dosis terapéuticas y se utilizan por sus propiedades espasmolíticas. Sin embargo, también se ha demostrado que son teratogénicos y mutagénicos, por lo que no se recomienda su uso durante el embarazo y la lactancia. Además, a dosis altas, estos alcaloides pueden ser hepatotóxicos.

Dentro de este grupo se encuentran la tusilagina, presente en el tusilago, y la lycopsamina, presente en la borraja. Ambas plantas se utilizan en el tratamiento de la tos y otros trastornos respiratorios.

Alcaloides piperidínicos

Los alcaloides más relevantes en este grupo tienen como núcleo principal la piperidina.

- La lobelina, que se encuentra en el "tabaco indio", es un estimulante respiratorio.
- La piperina, presente en la pimienta negra, se utiliza en la medicina ayurvédica y china para mejorar la absorción de sustancias en el intestino, además de tener propiedades como depresor del sistema nervioso central y anticonvulsivante.

- La coníina, presente en la cicuta, es una planta altamente tóxica que causa parálisis respiratoria. Es famosa por haber sido utilizada para ejecutar a Sócrates, el filósofo griego.
- La nicotina, presente en el tabaco, en dosis bajas actúa como estimulante y mejora la atención y el aprendizaje. Sin embargo, también produce efectos como aumento de la presión arterial, frecuencia cardíaca, peristaltismo y secreciones gástricas. En dosis altas, puede causar parálisis respiratoria e hipotensión.

4.2.4.2. Alcaloides derivados de fenilalanina y tirosina

Se sintetizan numerosos alcaloides con diversas estructuras a partir de los aminoácidos fenilalanina y tirosina. Los grupos más comunes de estos alcaloides son los fenilalquilamínicos e isoquinolínicos.

Alcaloides fenilalquilamínicos

Son conocidos por tener estructuras relativamente simples. Estos alcaloides están asociados a la noradrenalina y la dopamina, lo que les confiere una fuerte acción sobre el sistema nervioso central.

Dentro de este grupo se encuentran:

- Capsaicina se encuentra en el ají, paprika y pimienta, y aparte de proporcionar un sabor picante utilizado en la cocina, también tiene propiedades analgésicas y revulsivas cuando se aplica tópicamente. Es por esta razón que se utiliza en pomadas desinflamatorias y analgésicas.
- Efedrina y la pseudoefedrina se encuentran en la efedra. La efedrina es un simpaticomimético que actúa como broncodilatador y descongestionante nasal. También es un estimulante potente del sistema nervioso, que puede causar hipertensión y pérdida de apetito. Por otro lado, la pseudoefedrina tiene un efecto más suave y se utiliza como un descongestionante nasal más seguro.

Alcaloides isoquinolínicos

Se distinguen por tener una estructura central llamada isoquinolina, a partir de la cual se derivan diversas moléculas con efectos variados. Entre los alcaloides más representativos de este grupo se encuentran:

- **Mescalina** se encuentra en el peyote y el cactus de San Pedro, plantas sagradas en México y Centroamérica, respectivamente. Estas plantas se utilizan principalmente con fines rituales por sacerdotes y curanderos indígenas para facilitar la conexión con el mundo espiritual. La mescalina tiene un efecto psicotrópico que afecta el aspecto psíquico, cognitivo y físico. Produce distorsiones en la percepción de formas, colores y tiempo, así como alucinaciones visuales, auditivas y olfativas que varían según el entorno del consumidor. A nivel físico, provoca dilatación de las pupilas, taquicardia, respiración lenta, cambios de temperatura, náuseas, agitación y ansiedad. En dosis altas, puede ser mortal.
- **Tubocurarina** se encuentra en el curare, una preparación utilizada por las etnias de la selva amazónica para la cacería. Esta preparación se aplica en dardos, flechas y lanzas. La tubocurarina produce una parálisis muscular y respiratoria rápida cuando entra directamente en el torrente sanguíneo, sin pérdida de la conciencia o sensibilidad.
- **Boldina** se encuentra en el boldo, una planta ampliamente utilizada para el tratamiento de trastornos hepatobiliares, gástricos e intestinales, así como diurético. La boldina y sus derivados tienen un efecto colerético. Sin embargo, debido a su contenido de alcaloides, se desaconseja su uso durante el embarazo y la lactancia.
- **Morfina y sus derivados** se encuentran en el opio, que es el látex obtenido al incisar la cápsula de la amapola blanca. El opio es una de las primeras drogas psicotrópicas documentadas en la historia.

Contiene una variedad de alcaloides, siendo la morfina la más destacada por sus propiedades analgésicas y narcóticas, pero también generando una fuerte dependencia. Además, la morfina causa estreñimiento y depresión del sistema respiratorio. Otros alcaloides presentes son la codeína, con efectos antitusígenos, y la papaverina, con propiedades espasmolíticas intestinales.

- **Colchicina** se encuentra en el colchico y se utiliza como un antiinflamatorio específico para la gota. Sin embargo, dosis excesivas de este alcaloide son tóxicas y pueden causar la muerte. Los síntomas de una intoxicación por colchicina incluyen dificultades para tragar, dolor abdominal, diarrea, hipotensión, dificultad respiratoria y colapso cardiovascular.
- **Emetina** se encuentra en la ipecacuana y los preparados de esta planta tienen una fuerte acción emética, es decir, inducen al vómito. Estos preparados se utilizan especialmente en casos de intoxicaciones por vía oral.

Alcaloides derivados de triptófano

A partir del aminoácido triptófano, muchas plantas sintetizan una amplia variedad de alcaloides, destacando aquellos de estructura indólica. Muchos de estos alcaloides tienen efectos alucinógenos. Algunos de los más importantes son:

- **Psilocina y psilocibina**, presentes en varios géneros de hongos, especialmente en el género *Psilocybe*. Los aztecas utilizaban estos hongos en rituales. La ingestión de estos alcaloides provoca dilatación de las pupilas, relajación muscular y un fuerte efecto psicoactivo. Los efectos se caracterizan por fases de agitación, somnolencia, ansiedad y alucinaciones con distorsión de las percepciones que varían de una persona a otra.
- **Harmano y sus derivados**, presentes en la ayahuasca. Entre los indígenas de la Amazonía, se prepara una infusión que contiene esta

planta como ingrediente principal, junto con otras especies que también contienen alucinógenos, para rituales. Durante esta ceremonia, quienes consumen la ayahuasca afirman tener acceso a otra realidad, en la cual obtienen conocimiento a través del contacto con seres de naturaleza espiritual.

- **Ácido lisérgico (LSD) y sus derivados** se encuentran en el cornezuelo del centeno, un hongo que infecta las plantas de centeno y produce varios alcaloides, siendo el ácido lisérgico el más destacado. Este alcaloide es responsable de envenenamientos conocidos como ergotismo, que afectó a muchas personas, especialmente durante la edad media en Europa, debido al consumo de pan de centeno contaminado con este hongo. Los síntomas de ergotismo incluyen sensación de quemazón en las extremidades, alucinaciones, convulsiones y asfixia. En la edad moderna, el LSD se aisló y se comprobaron sus propiedades alucinógenas, utilizándose tanto como droga ilegal como en la psiquiatría, donde algunos profesionales lo utilizan en sus pacientes para acceder a su psique. Otros alcaloides presentes en este hongo son las ergotaminas, que tienen propiedades vasoconstrictoras y oxitócicas. Otras plantas que contienen LSD pertenecen al género Ipomea.
- **Quinina y la quinidina** se encuentran en la quina, un árbol nativo de los Andes que se encuentra en el sur de Ecuador. La corteza de este árbol, donde se encuentran los alcaloides, fue el primer remedio exitoso utilizado para tratar la malaria. Actualmente, también se utiliza para elaborar el agua tónica, que se usa ampliamente en bebidas. Samuel Hahnemann, desarrollador de la homeopatía, hizo el descubrimiento de las bases de este sistema medicinal al experimentar con quinina.
- **Estricnina** se encuentra en la nuez vómica y es un potente veneno que produce una fuerte excitación del sistema nervioso central, con

síntomas como ansiedad, sensibilidad a los sonidos y la luz, convulsiones y asfixia.

- **Yohimbina** se encuentra en el yohimbe y se utiliza ampliamente como afrodisíaco. Estimula la libido y afecta parámetros relacionados con la actividad sexual. Actúa como un dilatador periférico, lo que ayuda a la erección y aumenta la sensibilidad en el área genital, al tiempo que actúa sobre el centro inhibitorio cerebral, desactivándolo. Sin embargo, su uso prolongado puede producir varios efectos secundarios e intoxicación.
- **Vinblastina y vincristina** se encuentran en la vinca, una planta originaria de Madagascar. Estos alcaloides son potentes agentes antitumorales utilizados en la quimioterapia convencional.
- **Uncarina y sus derivados** se encuentran en la uña de gato. Se les atribuyen propiedades antivirales, antitumorales, antiinflamatorias e inmunoestimulantes.

Alcaloides derivados de purinas

Estos alcaloides se derivan de las bases nitrogenadas adenina y guanina. A diferencia de otros alcaloides, no son alcalinos y se disuelven en agua caliente. Las metilxantinas, como la cafeína, la teofilina y la teobromina, son las más comunes e importantes. Casi todas las plantas que contienen metilxantinas tienen estas tres estructuras, aunque en proporciones diferentes.

- **Cafeína** se encuentra principalmente en el café, pero también en otras plantas como guayusa, mate, nuez de cola y guaraná. Es un estimulante del sistema nervioso central que reduce la somnolencia y aumenta la concentración. También aumenta la actividad cardíaca, tiene propiedades diuréticas, estimula las secreciones gástricas y la lipólisis. En grandes dosis, puede causar ansiedad y temblores. Además, se utiliza como coadyuvante en el tratamiento de cefaleas junto con analgésicos.

- **Teofilina** se encuentra en el té. Tiene efectos relajantes en la musculatura lisa bronquial y propiedades diuréticas. También estimula las secreciones gástricas y actúa como estimulante del sistema nervioso central y de la actividad cardíaca.
- **Teobromina** se encuentra en el cacao. Tiene efectos relajantes en la musculatura lisa bronquial y actúa como estimulante del sistema nervioso central y de la secreción de endorfinas.(27,28, 29)

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

Describe los metabolitos vegetales primarios y secundarios y coloca 2 ejemplos de cada uno.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. Bibliográfico E, Botánica S. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES.
20. Faúndez A, Faúndez FL, Flores YR. Apuntes de Botánica Aplicada. 2017.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

2. Arthur Cronquist. Introducción a la botánica. 2da ed. Compañía Editorial Continental, editor. 1977.
3. Nicolás Cuvier. MISAEL ACOSTA SOLÍS Y EL CONSERVACIONISMO EN EL ECUADOR, 1936-1953. 2005;
4. Misael Acosta Solís. Los Recursos naturales del Ecuador y su conservación: historia; reunión y legislación de recursos naturales Misael Acosta-Solís. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 1968; Tomo I.
5. Misael Acosta Solís. Por la reforestación de la Sierra ecuatoriana. Vol. 2. 1942. 5-7 p.
6. Ecured. Botánica [Internet]. [citado el 14 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Bot%C3%A1nica>
7. Murray W. Nabors. Introducción a la Botánica Murray W Nabo.
8. Módulo de Botánica. Riobamba: Instituto Tecnológico Superior Doctor Misael Acosta Solís; 2011.
9. TEJIDOS VEGETALES O HISTOLOGIA VEGETAL.
10. Ma. Mercedes Arbo. Morfología de las plantas vasculares [Internet]. 2019 [citado el 14 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/>

11. Ruth Daniela Sotelo Torres. Organografía vegetal [Internet]. 2017 [citado el 15 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://botanicadivertida.blogspot.com/2017/01/organografia-vegetal-la-raiz.html>
12. Tipos de raíces y tallos.
13. EducayCrea. El tallo: partes, clasificación y funciones. [Internet]. [citado el 14 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.educaycrea.com/2014/06/el-tallopartesclasificacion-y-funciones/>
14. Francisco E. Fontúrbel Rada, Darío Achá Cordero, Diego A. Mondaca Gutiérrez. Manual de Introducción a la Botánica. Segunda edición. La Paz: Publicaciones Integrales; 2007.
15. Alina Freire Fierro. Botánica Sistemática Ecuatoriana. St. Louis, Missouri; 2004.
16. Tipos de Hojas Según Su Nervadura. 2014;
17. Pinterest [Internet]. [citado el 15 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/363243526193363320/>
18. Juan Báez. APRENDE SOBRE HOJAS DE ÁRBOLES NATIVOS, ¡SIN VOLVERTE LOCO! [Internet]. [citado el 15 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://churqui.org/blog/aprende-todo-sobre-hojas-sin-volverte-loco/>
19. 2019 [Internet]. [citado el 14 de octubre de 2023]. ¿Cuáles son las funciones de la Flor y sus tipos de polinización? Disponible en: <https://www.libroderespuestas.com/cuales-son-las-funciones-de-la-flor-y-sus-tipos-de-polinizacion/>
21. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES 2010 CURSO DE MORFOLOGIA VEGETAL.

22. Lynn Margulis, Karlene V. Schwartz. Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth. Tercera Edición. New York: W. H. FREEMAN AND COMPANY; 2001.
23. Dra. Ana María González. Clasificación: Frutos simples secos indehiscentes [Internet]. [citado el 14 de octubre de 2023]. Disponible en: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema6/6_4cla-indehis.htm
24. Ana Cartón. Reino Plantae: qué es, características, clasificación y ejemplos [Internet]. 2022 [citado el 14 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/reino-plantae-que-es-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-2318.html>
25. Guillermo Chuncho, Zhofre Aguirre. Anatomía y morfología vegetal. 2020.
26. F I C H A S D I D Á C T I C A S La investigación biológica L.
27. Principios de Botánica Farmacuticaeditados.
28. Dialnet-FisiologiaYMetabolismoVegetalBasesDeLaActividadDeL-4914529.
29. J BRUNETON. PHARMACOGNOSY PHYTOCHEMISTRY, MEDICINAL PLANTS. Lavoisier 1995, editor. 1995. 928 p.



MISAEAL ACOSTA
CARRERA DE NATUROPATÍA

Dirección: Loja 31 - 15 y Buenos Aires
Teléfono fijo: 032 961 680
Teléfono móvil: +593 98 818 3081

RIOBAMBA - ECUADOR