

MORFOANATOMÍA VEGETAL

Pedro Antonio Rivera Chávez



MORFOANATOMÍA VEGETAL



Universidad de Los Andes
Mérida 2025 - Venezuela

MORFOANATOMÍA VEGETAL

PEDRO ANTONIO RIVERA CHÁVEZ

COLECCIÓN TEXTOS UNIVERSITARIOS:

Ciencias Forestales y Ambientales

**Sello Editorial Publicaciones del Vicerrectorado Académico
Universidad de Los Andes**

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Autoridades universitarias

- **Rector**
Mario Bonucci Rossini
- **Vicerrectora Académica**
Patricia Rosenzweig Levy
- **Vicerrector Administrativo**
Manuel Aranguren Rincón
- **Secretario (I)**
Manuel Joaquín Morocoima

SELLO EDITORIAL PUBLICACIONES
DEL VICERRECTORADO ACADÉMICO

- **Presidenta**
Patricia Rosenzweig Levy
- **Coordinadora**
Marysela Coromoto Morillo Moreno
- **Consejo editorial**
Patricia Rosenzweig Levy
Marysela Coromoto Morillo Moreno
María Teresa Celis
Marlene Bauste
Francisco Grisolia
Jonás Arturo Montilva
Joan Fernando Chipia L.
María Luisa Lazzaro
Alix Madrid

COLECCIÓN TEXTOS UNIVERSITARIOS:
CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Sello Editorial Publicaciones del
Vicerrectorado Académico

Los trabajos publicados en esta colección han
sido rigurosamente seleccionados y arbitrados
por especialistas en las diferentes disciplinas.

**COLECCIÓN TEXTOS
UNIVERSITARIOS: CIENCIAS
FORESTALES Y AMBIENTALES**
Sello Editorial Publicaciones
Vicerrectorado Académico

MORFOANATOMÍA VEGETAL
Primera edición digital, 2025

© Universidad de Los Andes
Sello Editorial Publicaciones del
Vicerrectorado Académico
de la Universidad de Los Andes
© PEDRO ANTONIO RIVERA CHÁVEZ

Hecho el depósito de ley
Depósito Legal: ME2025000136



Corrección de estilo:
Carlos Perdomo Ramírez

Diagramación:
Raquel Morales Soto

Diseño de la portada:
Raquel Morales Soto

Imagen de la portada:
Generada por IA gemini.google.com
Prompt: *Morfoanatomía vegetal*

Universidad de Los Andes
Av. 3 Independencia,
Edificio Central del Rectorado,
Mérida, Venezuela.
publicacionesva@ula.ve
publicacionesva@gmail.com
<http://www2.ula.ve/publicaciones/academico>

**Prohibida la reproducción total o
parcial de esta obra sin la
autorización escrita de los autores y
editores.**

Editado en la
República Bolivariana de Venezuela

COLECCIÓN DE TEXTOS UNIVERSITARIOS

Esta colección contempla la edición de textos académicos que sirven de apoyo docente en las áreas del conocimiento existentes en la Universidad: Ciencias Humanísticas y Sociales, las Ciencias Naturales, la Ingeniería y la Tecnología, la Medicina y las ciencias de la salud y las ciencias agrícolas.

Entre los objetivos específicos de esta colección resaltan:

- Estimular la edición de libros al servicio de la docencia.
- Editar la obra científica de los profesores de nuestra Casa de Estudios.
- Publicar las investigaciones generadas en los centros e institutos de investigación.

Hasta ahora, un número considerable de textos universitarios ha sido publicado por miembros de nuestra planta profesoral, obras de las que se han beneficiado por igual estudiantes y docentes, en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de nuestra educación de pre y posgrado.



**UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES**



**PUBLICACIONES
VICERRECTORADO ACADÉMICO**

ÍNDICE

	Pág.
PRESENTACIÓN	9
Capítulo I. Materia	11
Propiedades de la materia	12
Niveles de organización de la materia	12
Niveles de organización en Biología	15
Estructura atómica	20
Relación entre forma y función	20
Niveles de organización en los organismos vegetales	21
Nivel molecular	22
Tipos de reacciones	23
Elementos químicos de las plantas	23
Compuestos químicos de las plantas	24
Capítulo II. La célula vegetal	31
La célula vegetal	31
Teoría celular	32
Células procarióticas	34
Células eucarióticas vegetales	36
Partes de la célula vegetal	38
División celular	52
Mitosis	54
Meiosis	60
Capítulo III. Tejidos vegetales	67
Clasificación de los tejidos vegetales	68
Características de las células meristemáticas.....	72
Tipos de meristemas	73
Clasificación de los meristemas	75
Tejidos de protección	80
Tipos de células epidérmicas	81
Origen	83
Morfología	83
Estomas	84

Clasificación de los estomas	85
Tricomas	87
Tejidos adultos	90
Parénquima	90
Tipos de parénquima	92
Colénquima	96
Tipos de colénquima	98
Esclerénquima	98
Fibras	99
Esclereidas	102
Tejidos conductores	105
Xilema	106
Elementos del xilema	108
Floema	110
Elementos conductores del floema	111
Tejidos secretores	112
Estructuras secretoras	114
Capítulo IV. Raíz	119
Tipos de sistemas	120
Tipos de raíces	121
Anatomía primaria	126
Estructura secundaria de la raíz	130
Adaptaciones de la raíz	132
Capítulo V. El tallo	139
Clases de tallos	144
Funciones del tallo	158
Estructura primaria del tallo	159
Trazas y lagunas de las ramas	165
Crecimiento secundario del tallo	165
Haces vasculares	169
Capítulo VI. Hoja	173
Partes – sucesión foliar	174
Origen y desarrollo de las hojas	176
Vernación: Tipos	177
Estivación: Tipos	179

Tipos de hojas	182
Modificaciones de la hoja	194
La adaptación de la hoja al medio	196
Funciones de la hoja	199
Anatomía de la hoja	203
Variaciones en anatomía foliar	207
Abscisión de las hojas	215
 Capítulo VII. Flor	217
Desarrollo efectivo de las flores	219
Prefloración – Tipos	220
Partes de la flor	222
Sexo en la flor.....	243
Sexo en las plantas.	244
Placentación:	247
 Capítulo VIII. Inflorescencias	255
Partes de la inflorescencia	257
Clasificación	257
Tipos	259
Inflorescencias Cimosas	261
Inflorescencias Mixtas	263
Inflorescencias Tirsoideas	264
 Capítulo IX. Polinización	269
Polinización cruzada	271
Anemofilia	271
Hidrofilia	271
Entomofilia	272
Ornitofilia	272
Quiropterofilia	273
Artificial	273
 Capítulo X. Fruto	275
Formación del fruto	276
Crecimiento del fruto	276
Maduración del fruto	276
Estructura del fruto.....	277

Tipos de frutos	278
Clasificación de los frutos	281
Diseminación del fruto	296
Capítulo XI. Semilla	299
Fecundación	299
Polinización biótica y abiótica	303
Apomixis	307
Desarrollo de la semilla	311
Clasificación de la semilla	315
Germinación	316
Tipos de germinación	321
Capítulo XII. Floración	323
Floración	324
Antesis	324
Fotoperiodo	325
Fotoperiodicidad	325
Vernalización	325
Plantas de días corto	326
Plantas de días largo	327
Plantas de día neutro	327
REFERENCIAS	329

PRESENTACIÓN

La presente obra concebida para los estudiantes de las asignaturas de Morfoanatomía Vegetal, Botánica General y Biología Vegetal, así como las ciencias afines, está diseñada para proporcionar un conocimiento cabal y de fácil comprensión, que les permita adentrarse en la diversidad morfológica y anatómica de los vegetales superiores que pueblan el mundo e interactúen a diario con los demás componentes bióticos y abióticos del Universo.

Creemos que el presente texto constituye una herramienta de fácil manejo, que les proporciona una comprensión más acorde con los requerimientos académicos y constituye baluarte fundamental para el acopio de la información veraz que requieren manejar en estas asignaturas.

La diversidad de las formas externas, así como la intrincada composición interna de las plantas está diseñada con un lenguaje comprensible y acompañado de ilustraciones sencillas que permite una mayor comprensión y un conocimiento completo de cada uno de los temas objeto de estudio en esta obra.

Si el texto logra interesar a nuestros estudiantes de estas asignaturas, nos sentiríamos plenamente realizados y el esfuerzo no sería en vano.

El autor

Materia

Es la agrupación de partículas elementales como consecuencia de sus interacciones energéticas.

Todos los que podemos ver y tocar es materia, pero de igual manera podemos considerar como materia cosas que no podemos ver (ejemplo el aire).

La porción de espacio que ocupa la materia se llama volumen.

La materia se clasifica en homogénea y heterogénea.

La materia homogénea: Es la que presenta una composición uniforme, en la cual no se pueden distinguir a simple vista sus componentes; en muchos casos, no se distinguen ni con instrumentos como el microscopio. Por ejemplo: el agua, la sal, el aire, la leche, el azúcar y el plástico.

La materia heterogénea: Es aquella cuyos componentes se distinguen unos de otros. Es el caso de la madera, el mármol, una mezcla de agua con aceite.

PROPIEDADES DE LA MATERIA

La materia presenta dos tipos de propiedades:

- a. **Extensivas:** Se relacionan con la química externa.
- b. **Intensivas:** Se relacionan con las características moleculares.

Dentro de las propiedades podemos señalar las siguientes:

Extensión, masa, peso, elasticidad, porosidad, inercia, impenetrabilidad y divisibilidad.

Estados de la materia: La materia presenta estados de acuerdo a su estructura molecular; líquido (las moléculas pueden moverse libremente unas respecto de otras ya que están un poco alejadas unas de otras), gaseoso (las moléculas están muy dispersas) o sólido (las moléculas están muy cerca unas de otras).

NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LA MATERIA

La materia se encuentra en diversos estados diferentes que pueden ser ubicados en una escala de organización de la siguiente manera.

1. **Subatómico:** Este nivel es el más simple de todo y está formado por electrones, protones y neutrones, que son las distintas partículas que configuran el átomo.
2. **Átomo:** es el siguiente nivel de organización. Es un átomo de oxígeno, de hierro, de cualquier elemento químico.

3. **Moléculas:** las moléculas consisten en la unión de diversos átomos diferentes para formar, por ejemplo, oxígeno en estado gaseoso (O₂), dióxido de carbono, o simplemente carbohidratos, proteínas y lípidos.
4. **Celular:** las moléculas se agrupan en unidades celulares con vida y capacidad de autorreplicación
5. **Tisular:** las células se organizan en tejidos: epitelial, adiposo, nervioso, muscular.
6. **Organular:** los tejidos están estructurados en órganos: corazón, bazo, pulmones, cerebro, riñones... raíz- tallo- hoja- flor.
7. **Sistémico o de aparatos:** los órganos se estructuran en aparatos digestivos, respiratorios, circulatorios y nerviosos.
8. **Organismo:** nivel de organización superior en el cual las células, tejidos, órganos y aparatos de funcionamiento forman una organización superior como seres vivos: animales, plantas, insectos.
9. **Población:** cuando los organismos de la misma especie se agrupan en determinado número para formar un núcleo poblacional: una manada de leones, o de lobos, un bosque de arces, pinos.
10. **Comunidad:** es el conjunto de seres vivos de un lugar, por ejemplo, un conjunto de poblaciones de seres vivos diferentes. Está formada por distintas especies.
11. **Ecosistema:** es la interacción de la comunidad biológica con el medio físico, con una distribución espacial amplia.
12. **Paisaje:** es un nivel de organización superior que comprende varios ecosistemas diferentes dentro de una determinada

unidad de superficie. Por ejemplo, el conjunto de vid, olivar y almendros.

13. **Región:** es un nivel superior al de paisaje y supone una superficie geográfica que agrupa varios paisajes.
14. **Bioma:** son ecosistemas de gran tamaño asociados a unas determinadas características ambientales: macroclimáticas como la humedad, temperatura, radiación y se basan en la dominancia de una especie aunque no son homogéneos. Un ejemplo es la taiga que se define por las coníferas que es un elemento identificador muy claro pero no homogéneo, también se define por la latitud y la temperatura.
15. **Biosfera:** es todo el conjunto de seres vivos que comprenden el planeta tierra, o de igual modo es la capa de atmósfera en la que existe la vida y que se sustenta sobre la litosfera.

Materia viva

Está formada principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, los cuales al combinarse forman sustancias que interactúan entre sí dentro de la forma viva más simple que es la célula.

Niveles de organización de la materia viva

La materia viva está organizada en siete niveles crecientes de complejidad.

- **Nivel subatómico:** Lo integran las partículas más pequeñas de la materia, como son los protones, los neutrones y los electrones.

- **Nivel atómico:** lo componen los átomos, que son la parte más pequeña de un elemento químico, que puede intervenir en una reacción.
- **Nivel molecular:** está formado por las moléculas, que se definen como unidades de materiales formados por la unión, mediante enlaces químicos, de dos o más átomos.
- **Nivel celular:** comprende las células que son unidades de materia viva constituidas por una membrana y un citoplasma.
- **Nivel pluricelular:** abarca a aquellos seres vivos que están constituidos por más de una célula.
- **Nivel de población:** abarca a las poblaciones que son el conjunto de individuos de la misma especie que viven en una misma zona y en un momento determinado.
- **Nivel de ecosistema:** se estudia tanto el conjunto de poblaciones de diferentes seres que viven interrelacionados.

Los cuatro últimos niveles suponen los niveles de clasificación de la materia viva, es decir, que están constituidos por materia viva; por eso, desde este punto de vista, se puede definir la vida como una de las formas de presentarse la materia.

NIVELES DE ORGANIZACIÓN EN BIOLOGÍA

Existe un orden biológico que se inicia con el átomo y culmina con la Biosfera.

Los átomos se organizan para formar células, las células para formar tejidos, los tejidos para formar órganos, los órganos para formar aparatos y sistemas, y estos forman el individuo.

Un grupo de individuos que comparten las mismas características genéticas forman una población. Un grupo de poblaciones diferentes constituye una comunidad, las comunidades diferentes forman un Bioma y la suma de todos los ecosistemas y comunidades constituyen la Biosfera.

Nivel Químico

Se divide en:

- a. **Átomo:** Un núcleo con masa y con uno o más niveles de energía
- b. **Molécula:** Formada por átomos de la misma clase o de diferentes clases.

Nivel Celular

Las moléculas se organizan altamente para construir membranas estructurales, que poseen funciones específicas, según los materiales con que ellas son formadas. De afuera adentro, teniendo en cuenta una célula ideal (como una célula animal-vegetal), las células muestran primero la pared celular. La pared celular es una estructura tesa, celulósica, permeable, exclusiva de plantas, las algas, los hongos y las bacterias. Su función es contener y proteger el citoplasma; y la de proporcionar firmeza a la célula.

Interior a la pared de la célula está la membrana del plasma de la célula.

La membrana del plasma está constituida por una bi-capa fosfolipídica con proteínas incrustadas de afuera hacia dentro.

El ingrediente vivo de la célula es el citoplasma. El citoplasma es un complejo de sustancias orgánicas e inorgánicas, principalmente proteínas, lípidos carbohidratos, minerales y agua. Estas sustancias se organizan para construir los organelos, como retículo endoplásmico, ribosomas, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi, nucléolo, el núcleo, lisosomas, vacuolas y centrosomas.

Nivel Histológico

Es la agrupación de las células con una estructura determinada que realizan una función especializada, vital para el organismo.

Nivel Orgánico

Conjunto de tejidos que está capacitado para realizar individualmente intercambios de materia y energía con el medio ambiente, y para formar réplicas de sí mismo.

Los organismos, según la forma de nutrición, pueden ser autótrofos o heterótrofos. Los primeros utilizan como fuente de carbono el dióxido de carbono y como fuente energética, la luz o la energía que se desprende en reacciones químicas. Las plantas, las algas verdes azuladas y algunas bacterias son organismos autótrofos. Los animales, hongos y muchas bacterias, que son heterótrofos, no pueden asimilar el carbono oxidado y necesitan obtenerlo en forma de moléculas elaboradas por los autótrofos. El conjunto de órganos forma los sistemas.

Nivel Sistemático

Está conformado por el grupo de órdenes que cumplen una función específica para la vida del organismo.

Nivel individuo

El individuo es el ser único en la particularidad de su existir, constan de distintas partes, se hallan en la relación con el entorno y se distinguen de los otros por tener cada uno su propio tiempo, espacio, origen y destino.

Nivel población

Una población se forma por el conjunto de individuos, que es el total de habitantes de un área específica.

Nivel de comunidad

Es el conjunto de poblaciones de diferentes especies (plantas) que se encuentran interrelacionadas en un área o hábitat determinado.

Nivel de bioma

Son las grandes unidades de vegetación. Bajo la influencia de la latitud, la elevación y los regímenes asociados de humedad y temperatura, los biomas terrestres varían geográficamente de los trópicos del ártico, e incluyen diversos tipos de bosques, praderas, monte bajo y desiertos. Estos biomas incluyen también comunidades de agua dulce asociadas: corrientes, lagos, estanques y humedales.

Los medios ambientes marinos, que algunos ecólogos también consideran biomas, comprenden el océano abierto, las regiones litorales (aguas poco profundas) las regiones bentónicas (del fondo oceánico), las costas rocosas, las playas, los estuarios y las llanuras mareales asociadas.

Nivel de Biosfera

Capa relativamente delgada de aire, tierra y agua capaz de dar sustento a la vida, que abarca desde un 10 km de altitud en la atmósfera hasta el más profundo de los fondos oceánicos. En esta zona la vida depende de la energía del sol y de la circulación del calor y los nutrientes esenciales. La biosfera ha permanecido lo suficientemente estable a lo largo de cientos de millones de años como para permitir la evolución de las formas de vida que hoy conocemos. Las divisiones a gran escala de la biosfera en regiones con diferentes patrones de crecimiento reciben el nombre de regiones biogeográficas.

Átomo: Elemento químico que tiene existencia propia constituido por un núcleo de protón y neutrón y una corteza de electrón.

Protón: Partícula de carga eléctrica positiva que interviene en la constitución de todos los núcleos atómicos y constituye por sí sola el núcleo de hidrógeno.

Neutrón: Nucleón de carga eléctrica nula que al desintegrarse da lugar a un protón, un electrón y un antineutrino.

Electrón: Partícula elemental estable del género de los heptones que forma parte del átomo y que posee la misma carga de electricidad negativa detectada hasta ahora. Partícula elemental de carga negativa

presente en todos los átomos en niveles energéticos alrededor del núcleo.

ESTRUCTURA ATÓMICA

La teoría aceptada hoy es que el átomo se compone de un núcleo de carga positiva formado por protones y neutrones, en conjunto conocidos como nucleón, alrededor del cual se encuentra una nube de electrones de carga negativa.

RELACIÓN ENTRE FORMA Y FUNCIÓN

Es imposible separar la forma biológica de la función, ya que la forma es la expresión física de la función.

La pluricelularidad en las plantas conduce a la división de trabajo entre las células integrantes, en otras palabras a la especialización celular para una función específica. Ejemplo: un musgo pluricelular esta diferenciado en partes parecidas a hojas, tallo y raíz. Las células integrantes de las plantas de musgo pueden estar especializadas para fotosíntesis, conducción de H₂O, absorción de H₂O e iones minerales, almacenamiento de alimentos o soporte, de aquí que la especialización en la función celular conduce a la especialización en la forma celular.

Los organismos unicelulares son simples solamente en cuanto se refiere a forma y estructura pero funcionalmente son tan complejos como los organismos pluricelulares. Cada célula libre es capaz de efectuar las funciones vitales, características de las plantas pluricelulares: crecimiento, metabolismo y reproducción.

NIVELES DE ORGANIZACIÓN EN LOS ORGANISMOS VEGETALES

1. **Nivel:** Unicelulares y algas filamentosas sin núcleo y sin sexualidad.

2. **Nivel:** Unicelulares flagelados con sexualidad y con verdadero núcleo.

1. **Nivel.** En las primeras rocas que contienen fósiles, se encontraron formas unicelulares o filamentosas aunque se desconoce su contenido celular, es probable la presencia de clorofila debido a que junto a los fósiles más antiguos se encontraron productos orgánicos de su desintegración. Se asume que las células antiguas eran poco diferenciadas y algunas como por ejemplo Chroococcus tenían su nivel de organización similar al de las cianofíceas actuales (**Figura 1.1**)

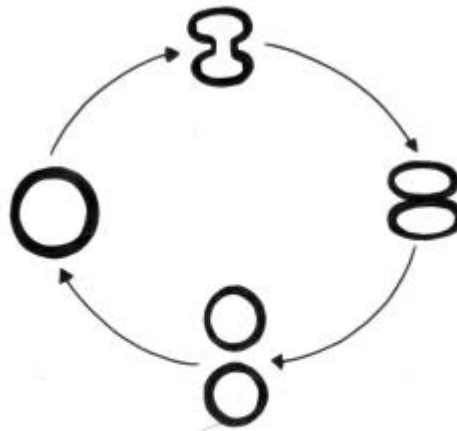


Fig. 1.1 Ciclo vital de Chroococcus

2. Nivel. Unicelulares (flagelados) con sexualidad y con núcleo verdadero.

El proceso filogenético del nivel radica en la adquisición de varios órganos celulares; el núcleo con división nuclear y la sexualidad relacionada con él, los flagelos como órganos motores y los cloroplastos como órganos de asimilación con clorofila. **(Figura 1.2)**

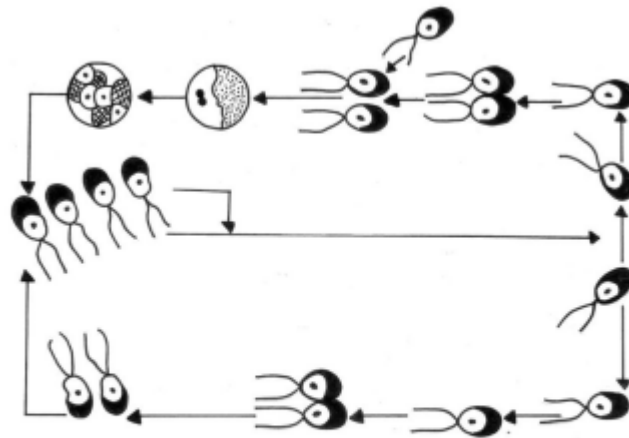


Fig. 1.2 Ciclo vital en Chlamydomonas

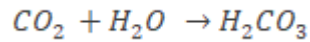
NIVEL MOLECULAR

Molécula. Es la unidad completa más pequeña de un compuesto; consta de dos o más átomos del mismo o de diferentes elementos. Ej. Una molécula de ácido clorhídrico está formada por un átomo de H y un átomo de Cl.

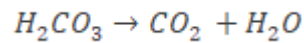
Una reacción molecular cambia el número y/o los tipos y/o, las disposiciones de los átomos en las moléculas.

TIPOS DE REACCIONES

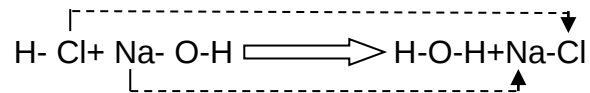
- a) **Síntesis.** Dos o más moléculas se combinan y forman una sola molécula más grande.



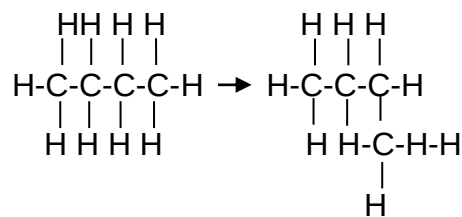
- b) **Descomposición.** Una molécula puede romperse en dos o más moléculas menores.



- c) **Intercambio.** Uno o más de los átomos de una molécula pueden intercambiar lugares con uno o más de los átomos de otra molécula.



- d) **Reacomodo.** El número y tipos de átomos en una molécula pueden permanecer iguales pero el arreglo de los átomos cambia.



ELEMENTOS QUÍMICOS DE LAS PLANTAS

El análisis químico de los tejidos vegetales nos indica la presencia de aproximadamente 40 elementos químicos diferentes de

los cuales 14 son constituyentes esenciales de las Espermatophytas, jerarquizados así:

1. Tres elementos forman cerca del 99.9 del peso fresco total de las plantas (C-H-O).
2. El segundo elemento importante en las plantas es el (N).
3. A este elemento le siguen en importancia (K-P-Ca-S-Fe-Mg).
4. Del resto de elementos esenciales las plantas los requieren en cantidades pequeñas, encontrándose en ellas únicamente como trazas. De estos elementos vestigiales se consideran como esenciales (Bo-Cu-Zn) y los que pueden ser esenciales (Cl-Na-Co).

COMPUESTOS QUÍMICOS DE LAS PLANTAS

1. Componentes inorgánicos.

- a. **El agua.** Es el nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H_2O . El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente sustancias.
- b. **Gases.** No son componentes estructurales de las plantas, pero varios de ellas están presentes dentro de las células vegetales. Ejemplo: El gas carbónico.- es un gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido, cuya molécula consiste en un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno (CO_2). El dióxido de carbono es 1,5 veces aproximadamente más denso que el aire. Soluble en agua en una porción de un 0,9 de volumen del gas por volumen de agua a 20 °C.

- c. **Salas minerales.** Son moléculas de fácil ionización, que se encuentran en los seres vivos.

Pueden presentarse en dos formas:

Precipitados. Constituyen estructuras sólidas insolubles, que tiene función esquelética.

Disueltas en agua. Se encuentran formados por iones positivos llamados cationes e iones negativos llamados aniones.

Ácidos. Las plantas contienen todos los iones esenciales para la formación de la mayoría de los ácidos inorgánicos comunes.

Ejemplo HCl - H_2SO_4 -(HNO_3)-($\text{H}_3 \text{ PO}_4$).

Bases. Igualmente las plantas poseen los iones para la formación de la mayor parte de las bases inorgánicas comunes.

Ejemplo: Na OH - KOH - (Ca (OH)_2)- (NH_4OH).

1. Componentes orgánicos.

a. **Carbohidratos.** Contienen hidrógeno y oxígeno, en la misma proporción que el agua, y carbono. La fórmula de la mayoría de estos compuestos se puede expresar como $\text{C}_m (\text{H}_2\text{O}) \text{ n}$.

Los hidratos de carbono son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza. Las plantas verdes y las bacterias los producen en el proceso conocido como fotosíntesis, durante el cual absorben el dióxido de carbono del aire y por acción de la energía solar producen hidratos de carbono y otros productos químicos necesarios para que los organismos sobrevivan y crezcan.

Se dividen en:

Monosacáridos. Son las unidades de construcción a partir de las cuales se organizan todos los otros carbohidratos y difieren en el número de átomos de carbono.

Los azúcares de 6 carbonos (hexosas) son los más abundantes; ej. Glucosa- fructosa. Los azúcares de 5 carbonos (pentosa) son menos abundantes. Ej.- ribosa- ribulosa.

Disacáridos. Es un azúcar complejo formado por la unión de dos moléculas de azúcares simples, Ej. Sacarosa- formada por 1 molécula de glucosa más 1molécula de fructosa. Maltosa- formada por 2 moléculas de glucosa.

Polisacáridos. Resultan de la unión de docenas, cientos o miles de moléculas de monosacáridos.

Ej. Almidón – celulosa.

- a. **Ácidos orgánicos-** desempeñan papel vital en los procesos de la vida de las plantas comprenden:
- b. **Ácidos grasos** – Están compuestos de cadenas de átomos de carbono, ligados con un solo grupo carboxilo COOH en el extremo de la cadena.

Los ácidos grasos de las plantas están formados de derivados del ácido acético- CH_3COOH . Difieren en el número de átomos de carbono en la cadena y en el número de átomos de hidrógeno adheridos; pudiendo ser de dos tipos:

Saturado. Si todos los átomos de carbono tienen tantos átomos de hidrógeno cómo es posible.

Ej. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$.

No Saturado: si alguno de los carbonos tiene un solo átomo de hidrógeno en lugar de dos.

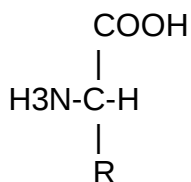
Ej.: $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-COOH}$.

- c. **Ácidos vegetales.** Están formadas por moléculas relativamente pequeñas que tienen por lo común 6 átomos de carbono o menos. Y de 1 a 3 grupos de carboxilos COOH por molécula.

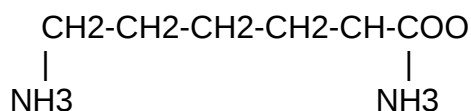
Ej. Ácido succínico - cítrico - fumárico – málico

- d. **Aminoácidos.** Son los elementos primarios que constituyen las proteínas, son ácidos carboxílicos con un sustituyente OC- amino. Tienen el grupo -NH_3 unido al carbono adyacente al carbono del carboxilo

Estructura:



Ej. Lisina:



- e. **Ácidos Nucleicos.** Son moléculas muy complejas que producen las células vivas y los virus. Reciben este nombre porque fueron aisladas por primera vez del núcleo de células vivas. Sin embargo, ciertos ácidos nucleicos no se encuentran en el núcleo de la célula, sino en el citoplasma de la misma.

Las dos clases de ácidos nucleicos son el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). Tanto la molécula de ARN como la molécula de ADN tienen una estructura de forma helicoidal. Su peso molecular es del orden de millones. A las cadenas se les unen una gran cantidad de moléculas más pequeñas (grupos laterales) de cuatro tipos diferentes. Las secuencias de estas moléculas a lo largo de la cadena determinan el código de cada ácido nucleico particular. A su vez, este código indica a la célula como reproducir un duplicado de sí misma o de las proteínas que necesita para su supervivencia.

Proteínas

El término proteína deriva del griego protelos, que significa primero. Son compuestos orgánicos constituidos por aminoácidos (son moléculas que presentan un grupo amino y un grupo carboxilo, unidos a un mismo átomo de C) unidos por enlaces peptídicos que intervienen en diversas funciones vitales esenciales, como el metabolismo, la contracción muscular o la respuesta inmunológica. Se descubrieron en 1838 y hoy se sabe que son los componentes principales de las células y que suponen más del 50% del peso seco de los animales.

Lípidos

Los lípidos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque en proporciones distintas a como estos componentes aparecen en los azúcares. Se distinguen de otros tipos de compuestos orgánicos porque no son solubles en agua (hidrosolubles) sino en disolventes orgánicos (alcohol, éter). Entre los lípidos más importantes se hallan los fosfolípidos, componentes mayoritarios de las membranas de la célula. Los fosfolípidos limitan el paso de agua y compuestos hidrosolubles a través de la membrana celular, permitiendo así a la célula mantener un reparto desigual de estas sustancias entre el exterior y el interior.

Las grasas y aceites, también llamados triglicéridos, son también otro tipo de lípidos. Sirven como depósitos de reserva de energía en las células animales y vegetales. Cada molécula de grasa está formada por cadenas de ácidos grasos unidas a un alcohol llamado glicerol o glicerina.

Otros lípidos importantes son las ceras, que forman cubiertas protectoras en las hojas de las plantas y en los tegumentos animales. Esta compuestas de ácidos grasos y alcoholes (excepto el glicerol).

Ej. Cutina – súberina

La célula vegetal

Es la unidad fundamental de los organismos estructural y funcionalmente considerados.

La célula es la estructura más pequeña capaz de realizar por sí misma las tres funciones vitales: nutrición, relación y producción. Todos los organismos vivos están formados por células. Algunos organismos microscópicos, como las bacterias y los protozoos, son unicelulares, lo que significa que están formados por una sola célula. Las plantas, los animales y los hongos son organismos pluricelulares, es decir, están formados por numerosas células que actúan de forma coordinada.

En su estudio presenta la siguiente evaluación.

1665- HOOKE. Describe inicialmente a la célula.

1675- LEEUWENHOEK. Descubre una gran variedad de formas unicelulares, y que cloroplastos en las células de las plantas.

1824- DUTROCHET. Señala que todos los tejidos están compuestos de unidades más pequeñas llamadas células.

1830- MEYEN. Señala que cada célula vegetal es una unidad independiente.

1833- BROWN. Descubre que todas las células contienen un cuerpo grande que denomino núcleo.

1838- SCHWANN. Señala que todos los organismos están compuestos por células.

1858- VIRCHON. Señala que las células solo provienen de las células.

TEORIA CELULAR. Se puede resumir así:

1. Todos los seres vivos están constituidos por una o más unidades llamadas células.
2. Cada célula es capaz de mantenerse viva independientemente del resto.
3. Las células solo pueden provenir de otras células.

Tamaño y forma de las células

La forma y tamaño de las células dependen de varios factores:

- a. Adaptabilidad funcional.
- b. Consistencia de la pared.
- c. Tensión superficial.
- d. Viscosidad.
- e. Células vecinas.

El tamaño de las células es muy variable. Su tamaño medio está comprendido entre 10 y 100 micras. Los tubos laticíferos llegan incluso a tener varios metros de largo. La célula más pequeña, es un tipo de bacteria denominada micoplasma que mide menos de una micra de diámetro. Las células presentan una amplia variedad de formas. Algunas, como la bacteria **Escherichia coli**, tienen forma de bastón. El paramecio, un tipo de protozoo, tiene una forma de zapatilla y la ameba, otro protozoo, tiene una forma irregular que cambia conforme se mueve. Las células de las plantas tienen, por lo general, forma poligonal.

En los organismos pluricelulares la forma de la célula está adaptada a su función.

Volumen celular

El volumen de las células es variable, siendo muy amplio su margen de variedad. Se puede decir como principio que, el volumen de una célula es siempre constante para un mismo tipo de ellas.

Podría suponerse que entre mayor sea la masa total de un cuerpo, tanto mayor sería el volumen de las células. Esto es totalmente erróneo, pues, la masa total de un cuerpo no depende del volumen de las células sino del volumen de ellas.

Estructura celular

Las células pertenecen a una de estas dos categorías: procariota o eucariota. En las células procariotas, propias de bacterias y arqueobacterias, todos los componentes, incluyendo el ADN, se

disponen libremente en el interior de la célula, en un compartimiento único. Las células eucariotas que forman las plantas, los animales, los hongos y las restantes formas de vida, contienen numerosos compartimientos, u orgánulos, en su interior. El ADN de las células eucariotas está contenido dentro de un orgánulo especial denominado núcleo. El término procariotas procede de palabras griegas que significan “antes del núcleo” o “pronúcleo”, mientras que eucariota significa “núcleo verdadero”.

CÉLULAS PROCARIÓTICAS

Las células procariotas están entre las de menor tamaño de todas las células; por lo general miden entre 1 y 10 micras, aunque algunas solo alcanzan menos de una micra de diámetro. Alrededor de 100 células procariotas típicas alineadas en fila tienen el mismo grosor que una página de un libro. Estas células, que pueden tener forma de bastón, esfera o espiral, están rodeadas por una pared celular protectora. Igual que la mayoría de las células, las células procariotas viven en un medio acuoso. La presencia de poros diminutos en la pared celular permite que el agua y las sustancias disueltas en ella, como oxígeno, entren en la célula. Esos poros permiten también la salida de desechos.

Apoyada en la superficie interna de la pared de la célula procariota se encuentra una membrana denominada membrana plasmática. Esta membrana compuesta por una doble capa de moléculas intercaladas de lípidos flexibles y proteínas resistentes, está dotada de flexibilidad y resistencia. A diferencia de la pared celular, cuyos poros abiertos permiten el paso no regulado de materiales dentro y fuera de la célula, la membrana plasmática

presenta una permeabilidad selectiva, permitiendo solo el paso de determinadas sustancias. De este modo, la membrana plasmática separa activamente el contenido de la célula de los fluidos que la rodean.

La membrana plasmática rodea al citoplasma, el semifluido presente en el interior de la célula. El citoplasma está formado por un 65% de agua aproximadamente y contiene hasta 1.000 millones de moléculas por célula, un copioso almacén que comprende enzimas y nutrientes disueltos, como carbohidratos y aminoácidos. El agua proporciona un medio favorable para las miles de reacciones bioquímicas que tienen lugar en la célula.

En el interior del citoplasma de todas las células procariotas se localiza el ADN, una molécula compleja con forma de doble hélice cerrada. El ADN tiene aproximadamente 1.000 veces la longitud de la célula y, para adaptarse a su interior, se enrolla y pliega repetidamente hasta formar una estructura compacta denominada cromosoma. El cromosoma de la célula procariota es circular y está localizado en una región de la célula llamada nucleóide. Con frecuencia existen en el citoplasma moléculas cíclicas del ADN de menor tamaño llamadas plásmidos. El ADN está formado por unidades denominadas genes, de forma similar a un tren largo formado por vagones independientes. El ADN contiene varios cientos o incluso miles de genes, dependiendo de la especie. Por lo general, un gen contiene instrucciones codificadas para la síntesis de toda o parte de una proteína específica.

También están inmersos en el citoplasma los únicos orgánulos presentes en las células procariotas: pequeños orgánulos sin membrana denominados ribosomas que constituyen las fábricas de

proteínas de la célula siguiendo las instrucciones codificadas en el ADN. Los ribosomas producen cientos de proteínas por minuto aportando a la célula las enzimas necesarias, los recambios de las proteínas de transporte consumidas y otras proteínas indispensables.

CÉLULAS EUCARIÓTICAS VEGETALES

Las células vegetales tienen todos los orgánulos presentes en las células animales y poseen además algunos adicionales, como los cloroplastos, una vacuola central y una pared celular. Los cloroplastos tienen forma alargada y su estructura es aún más compleja que la mitocondrial: además de las dos membranas de la envoltura, que no se repliegan formando crestas, los cloroplastos tienen numerosos sacos internos aplanados en forma de disco (denominados tilacoides) interconectados entre sí, que están formados por una membrana que encierra el pigmento verde llamado clorofila. En los cloroplastos tiene lugar la fotosíntesis, un proceso que utiliza la energía solar para producir moléculas ricas en energía (ATP) y moléculas reductoras (NADPH) que se utilizan para sintetizar hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono, liberando oxígeno. La fotosíntesis es un proceso vital ya que constituye una fuente importante del oxígeno fotosintético que necesitan la mayor parte de los organismos, incluidas las plantas, para vivir. Al igual que las mitocondrias, los cloroplastos también poseen un cromosoma circular y ribosomas de tipo procariota, que se encargan de sintetizar las proteínas que estos orgánulos necesitan.

La vacuola central de las células vegetales es una bolsa membranosa que, por lo general, ocupa la mayor parte del citoplasma de la célula y desplaza los orgánulos hacia la periferia. Desempeña

diversas funciones, como la regulación osmótica, la digestión de macromoléculas y el almacenamiento de nutrientes y sustancias de desecho. La vacuola central almacena agua, sales, carbohidratos, proteínas y otros nutrientes. Además, almacena los pigmentos azul, rojo y morado que dan color a ciertas flores y contienen también desechos que poseen sabor amargo y alejan a los insectos de la planta.

Las células vegetales poseen una pared celular rígida y resistente que rodea y protege la membrana plasmática. Sus poros permiten el paso de materiales dentro y fuera de la célula. La resistencia de la pared permite también que la célula absorba agua en la vacuola central y aumente de tamaño sin estallar. La presión resultante en las células aporta rigidez y soporte a los tallos, hojas y flores de las plantas. Sin una presión de agua suficiente, las células se colapsan y la planta se marchita. (Figura 1.3)

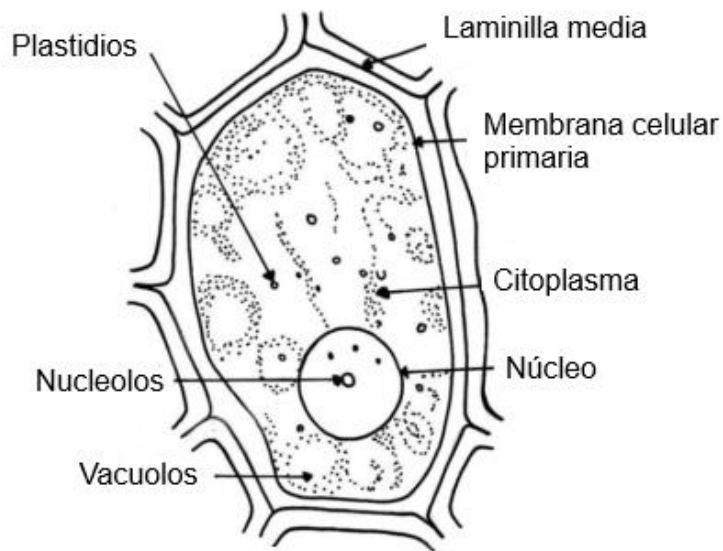


Fig. 1.3 Célula Vegetal

PARTES DE LA CÉLULA VEGETAL

Las células vegetales presentan pared celular, plastidios, más vacuolas, menos retículo endoplasmático y, menos mitocondrias que las células animales.

Pared Celular. Es una membrana relativamente gruesa que rodea a toda la célula pudiendo llegar a medir varias micras de espesor. Es una envoltura semirrígida que proporciona un exoesqueleto a la célula, pero que al mismo tiempo puede expandirse cuando dicha célula crece y se diferencia. Químicamente está constituida por fibrillas de celulosa unidas por un cemento formado por polisacáridos y proteínas. Se origina a consecuencia de la actividad del protoplasto, es decir, se incluye como componente no protoplasmático y los materiales que la integran se clasifican como ergásticos. En una pared celular bien desarrollada se distinguen 3 componentes estructurales: lámina media, pared celular primaria y pared celular secundaria.

Lámina Media. Es la sustancia intercelular que sirve de unión entre las paredes primarias de las células, manteniéndolas unidas.

Tiene una composición química rica en peptinas, que son polímeros del ácido galacturónico, parcial y totalmente estereificado con metanol y con uniones 1-4a y se encuentran en forma de sales de calcio y de magnesio.

Es ópticamente inactiva (isótropa) y se forma durante la citocinesis.

Pared Celular Primaria. Se encuentra recubriendo a la célula joven y se origina porque a cada lado de la lámina media empiezan a depositarse hidratos de carbono (celulosa) segregados por las dos células hijas contiguas separadas por ella.

Se localiza en células meristemáticas, parenquimáticas y colenquimáticas. Es ópticamente inactiva y se forma antes de que la célula haya dejado de crecer.

Pared celular secundaria. Son espesamientos que se disponen sobre la primaria, y se forma después que la célula ha dejado de aumentar en longitud. Se le puede considerar como membrana suplementaria cuya función principal es mecánica y es característica de células muy especializadas que experimentan cambios irreversibles en su desarrollo. Químicamente está formada por celulosa, polisacáridos y lignina, la cual no es un carbohidrato, sino un polímero formado por unidades de fenilpropano. Es ópticamente activa (anisótropa).

Membrana Plasmática. Rodea al citoplasma estableciendo el límite entre este y la pared celular.

Es una membrana delgada, químicamente compuesta de lípidos y proteínas regulando la entrada y salida de sustancias de la célula.

Hialoplasma. Es el medio en el que están los órganos celulares y el núcleo.

La membrana plasmática mantiene la integridad de la célula en relación con el medio ambiente que la rodea actuando como una barrera diferencialmente permeable, o sea, que posee permeabilidad selectiva, conteniendo sistemas de transporte activo para nutrientes específicos e iones inorgánicos.

Núcleo. Es uno de los principales constituyentes de la célula y se encuentra dentro del citoplasma celular; sin estar en contacto directo con él, pues se encuentra separado por la membrana plasmática. Está rodeado por dos membranas similares y está lleno de un líquido llamado carcoplasma en el cual se encuentran los ribosomas y la cromatina.

La forma del núcleo es generalmente esférica o elipsoidal, salvo excepciones, pudiéndose llegar a observar células que carecen de núcleo, pero presentan nucleoides, como ocurre en las bacterias.

En cuanto a las dimensiones nucleares, pueden oscilar entre 0,75 micras hasta centenares de micras en las células gigantes de algunas algas cianofíceas.

Relaciones volumétricas entre el núcleo y la célula

Las relaciones volumétricas entre el núcleo y la célula son de gran interés, y es costumbre abreviarlas con las letras R.N.P; relación núcleo plasmática.

Esta relación representa el equilibrio fisiológico normal de una célula y puede tener alteraciones por causas alimenticias o por otras. Weber puso de manifiesto variaciones de forma en el núcleo, en relación con la cantidad de glúcidos solubles en el contenido de la célula.

$$\text{R. N. P} = \frac{V_n}{V_c - V_n} = \frac{\text{Volumen nuclear}}{\text{Volumen celular} - \text{Volumen nuclear}}$$

Generalmente las células contienen un núcleo de posición propia para cada tipo de célula, pero no es extraño células conteniendo más de uno. La estructura interna del núcleo se nos presenta como un cuerpo homogéneo, excepto donde se localiza los nucleolos. Presenta una membrana nuclear o carioteca limitada al exterior por la membrana cromonema. El cromosoma consta de cromonema y matriz. Esta última se desorganiza más o menos profundamente en cada telofase, menos en las regiones heterocromáticas; en cambio el cromonema es perenne como los genes, y en el núcleo en síntesis o en reposo persisten individualizados pero invisibles, a causa del estado de hidratación en el cual se hallan sus proteínas y de la inclusión de nucleoplasma.

El Nucléolo. En el interior del núcleo se encuentran unas estructuras que son capaces de colorearse intensamente, a las cuales se han llamado nucléolos. Tienen una consistencia semisólida y muy viscosa, sin duda, más densa que la cariolinea. Además presenta vacuolos y formaciones cristalinas.

Cromosomas. Es un cuerpo filamentosos que contiene los genes en el núcleo celular siendo portadores de las instrucciones hereditarias y reguladoras de los procesos reguladores. **(Figura 1.4).**

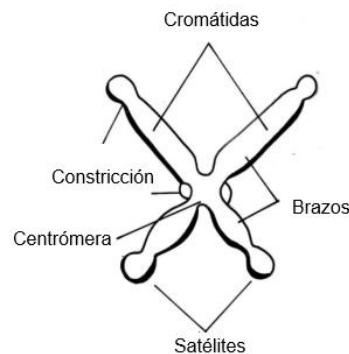


Fig. 1.4 Cromosomas

Aparato de Golgi. Es una estructura cuyo centro está constituido por una serie de discos, compuesto cada uno de ellos por una doble membrana y a cuyo alrededor existen hileras de vesículas pequeñas en forma de gotitas más o menos globulosas con una parte cromófila en forma de lúnula y otra cromófoba. Está implicado en la secreción de sustancias y sintetizan y transportan polisacáridos.

Retículo Endoplasmático. Está formado por un complejo de membranas formando unas estructuras llamadas cisternas de forma aplanada. Actúa en el almacenamiento y transporte intercelulares o frecuentemente en la síntesis de proteínas. Puede presentar ribosomas adheridos pasando a ser retículo endoplasmático rugoso.

Las células vegetales presentan ambos tipos de retículo, pero el rugoso es más escaso puesto que precisan de una síntesis proteica menor que los animales.

Las membranas celulares del retículo endoplasmático y del aparato de Golgi se encuentran situados de forma continua en el interior de la célula. **(Figura 1.5)**

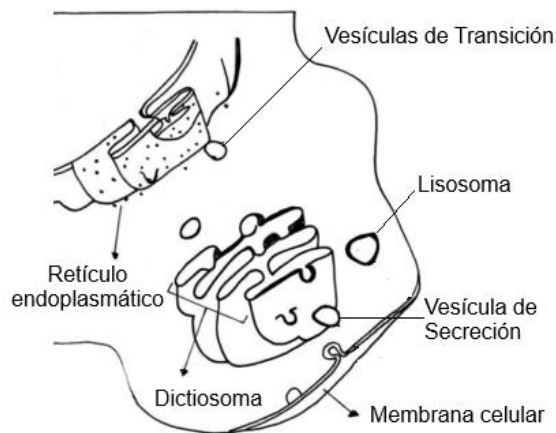


Fig. 1.5 Membrana del Retículo Endoplasmático y del Aparato de Golgi

Ribosomas. Son estructuras pequeñas que pueden estar en muchas zonas de la célula, libres en el hialoplasma, formando hileras, o sobre la superficie de otros orgánulos. Llevan a cabo la síntesis de proteínas en las células vegetales. **(Figura 1.6)**



Fig. 1.6 Ribosomas

Peroxisomas. Son vesículas que contienen la mayor parte de las enzimas responsables de producir y degradar peróxidos. Ej. La catalasa cuya función es degradar peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua.

En las plantas superiores contienen enzimas del “ciclo del glioxilato” trama esencial de la vía de conversión de grasas y aceites en azúcares (se denominan glioxisomas).

Lisosomas. Durante mucho tiempo se dudó de su presencia en las células vegetales, pero actualmente se dice que ellas poseen compartimientos celulares con enzimas líticas que llevan a cabo reacciones de degradación metabólica. También descomponen y reciclan proteínas, lípidos y otras moléculas. Los lisosomas son orgánulos pequeños y a menudo esféricos que actúan como centro de

reciclado y vertedero de la célula. Las enzimas digestivas concentradas en el lisosoma descomponen los orgánulos inservibles y transportan sus elementos básicos al citoplasma donde son aprovechados para construir orgánulos nuevos.

Plastidios. Son orgánulos exclusivos de las células vegetales y se encuentran divididos en dos grandes grupos.

- a) Con pigmentos: los más importantes tienen presencia de clorofila y por ello tienen un característico color verde. En su interior se lleva a cabo la fotosíntesis, reciben el nombre de cloroplastos.

Pero también existen otros plastidios, son los cromoplastos, y poseen carotenos, xantofila de color rojo y anaranjado. Son muy frecuentes en flores y frutos, aunque también los podemos encontrar en ciertas raíces o tubérculos, caso por ejemplo de la zanahoria.

- b) Sin pigmento: aquí se incluyen los plastos encargados de almacenar sustancias de distinta naturaleza, los amiloplastos almacenan almidón, los proteoplastos almacenan sustancias proteicas y los oleoplastos sustancias de naturaleza lipídica.

Mitocondrias. Se localizan en las células vegetales en menor cantidad que en las células animales ya que llevan a cabo una menor tasa respiratoria. Son organelos de forma oval encerrados en una sola membrana y contienen ribosomas y pequeñas cantidades de ADN. Son algo más viscosos y densos que el citoplasma, siendo de naturaleza lipoproteica y capaces de multiplicarse por división. Proveen la mayor parte de la energía oxidando algunas moléculas de nutrientes y reduciendo oxígeno molecular a H₂O durante el proceso.

Llevan a cabo la fosforilación oxidativa, proceso en el cual se obtiene energía en forma de ATP. **(Figura 1.7).**

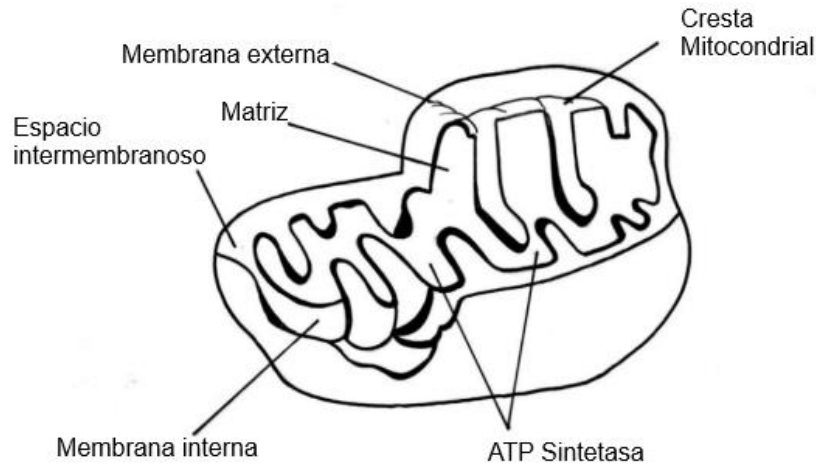


Fig. 1.7 Mitocondria

Componentes no protoplasmáticos

Vacuolas. Son características de las células vegetales ocupando gran parte del volumen de la célula lo que motiva, que el núcleo y demás orgánulos sean desplazados a la periferia celular. Están llenas de un líquido acuoso llamado jugo celular. Se encuentran limitados por una membrana llamada tonoplasto. El componente principal del jugo celular es el agua con diversas sustancias, ya en solución, ya en estado coloidal, con una viscosidad menor que la del citoplasma. Se han identificado azúcares, sales de ácidos orgánicos, proteínas, sales minerales, sustancias grasas, taninos y pigmentos azulados y rojizos del tipo de la antocianinas. De acuerdo con el PH de las vacuolas se diferencian dos tipos: las alcalinas que toman coloración roja-

anaranjada con el rojo neutro y las ácidas que toman un color azul con el mismo colorante.

Dependiendo del estado metabólico y del desarrollo de las células las vacuolas pueden alterar su forma y tamaño. Se presentan en gran número y pequeñas en las células meristemáticas, siendo lo contrario en las células adultas, donde puede encontrarse una vacuola gigante, originando que el citoplasma y componentes protoplasmáticos queden pegados a la pared celular.

Las vacuolas segregan productos de desechos eliminando sales y otros solutos cuya concentración aumenta gradualmente durante el tiempo de vida de la célula.

Sustancias ergásticas

Se reúnen bajo esta denominación a todos los productos del metabolismo celular. Ellos están en capacidad de aparecer y desaparecer de acuerdo con las necesidades de la célula.

Se trata de sustancias que pueden ser de desecho o de reserva, y constituyen una resultante de la actividad celular, siendo por lo común de poca complejidad en comparación con los corpúsculos protoplasmáticos.

Están integrados por hidratos de carbono, proteínas, grasas, sustancias minerales, sustancias orgánicas, etc.

Las sustancias ergásticas suelen encontrarse en las vacuolas, en la pared celular y también pueden asociarse con los componentes protoplasmáticos de la célula.

Están integrados por hidratos de carbono, proteínas, grasas, sustancias minerales, sustancias orgánicas, etc.

Las sustancias ergásticas suelen encontrarse en las vacuolas, en la pared celular y también pueden asociarse con los componentes protoplasmáticos de la célula.

Hidratos de carbono. Las inclusiones más comunes son el almidón y la celulosa.

Almidón. En su forma normal, en el interior de la célula, presentan características morfológicas propias de cada grupo de plantas que constituye el basamento para la diferenciación de los materiales alimenticios feculentos.

En la estructura del grano de almidón se observa la formación de capas concéntricas claras y oscuras. Ellas se han depositado en forma alterna alrededor de un punto llamado hilo el cual puede tener forma variada al igual que su posición: céntrico, excéntrico, etc.

(Figura 1.8).

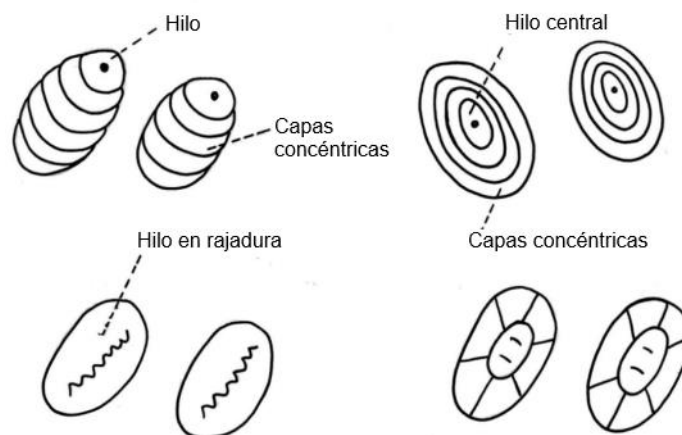


Fig. 1.8 Gránulos de Almidón

Los granos de almidón se forman en los plastidios, es decir, en los leucoplastos y en los cloroplastos. En este último se forma el almidón de asimilación, es decir, el más inmediato para ser utilizado por la planta; en los leucoplastos se forma el de reserva, su acumulación en la planta se realiza en la semilla, en los diferentes parénquimas de tubérculos, raíces carnosas y rizomas.

Inulina. Es un hidrato de carbono que puede caracterizar a algunos grupos sistemáticos. Es muy abundante en las compuestas, campanuláceas (*Dalia*), lobeliáceas etc.

Su hidrólisis por medio de la inulasa da levulosa, al igual que con ácidos diluidos.

Se pone en evidencia macerando el tubérculo de dalia o de alcachofa, con glicerina o alcohol; la inulina precipita en forma de cristales aciculares, los cuales se reúnen y forman un bellissimo esferocristal.

Proteínas. Son el principal componente de los orgánulos protoplasmáticos vivos.

La masa proteica más conocida hasta ahora es el gluten, localizado en el endospermo del trigo, ***Triticum vulgare***.

Las reservas proteínicas de muchas semillas lo constituyen los llamados gránulos de aleurona, que en oportunidades llenan la célula.

Ellos tienen forma irregular algunas veces, en tanto que otros son más regulares y de caras planas semejando a cristales, razón por lo cual se les denomina también cristaloides proteicos.

Cristaloides de proteínas cuboidal, se hallan en el interior de células parenquimatosas de la región periférica del tubérculo de la papa.

En el ricino, los gránulos de aleurona están formados en 2 partes; una el cristaloides, constituido por la proteína cristalizada y sobre el cual descansa la segunda parte del granulo; el globoide. Este último es un compuesto fosfororgánico de la inosita unida al calcio y al magnesio. Ambas estructuras, cristaloides y globoide, están cubiertas por una tenue película y representan los elementos principales del gránulo de aleurona.

Con el reactivo de Millón las proteínas toman color rojo.

Grasas. Están constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno, pero a diferencia de los hidratos de carbono, contienen menos oxígeno y relativamente más nitrógeno e hidrógeno. Son ésteres de los ácidos grasos y la glicerina.

Las grasas que son líquidas a temperatura ambiente se denominan aceites, y pueden distinguirse 2 tipos: el llamado aceite no volátil, y un segundo llamado aceite volátil o esencial. Para diferenciar uno de otro, apartando el olor característico y peculiar de las esencias, basta agregar un álcali, el cual saponifica el aceite no volátil y al esencial no le sucede nada.

Las grasas se encuentran en un gran número de plantas, siendo utilizadas por ellas como sustancia energética en la germinación de las semillas. Para tal efecto, actúan sobre las grasas las enzimas que la descomponen ocasionando una mayor acidez del medio, puesto que los ácidos grasos quedan en libertad.

Las semillas de la euphorbiaceas, crucíferas y malváceas son muy ricas en grasas.

El reactivo característico es la solución hidro-alcohólica de sudan III, azul de indofenol, etc. Es decir, colorantes que se disuelven en las grasas.

En cuanto a su origen, se supone que pueden ser elaboradas directamente por el citoplasma o también por los eleoplastos.

Taninos. Son masas amorfas, amarillas, rojas o pardas, o también pueden ser corpúsculos de diversos tamaños.

Son frecuentes en los vacuolos tanoides, hojas, xilema, floema, peridermis del tallo y raíces, y también en los frutos verdes. Siempre existe en cualquier tejido. Las monocotiledóneas son muy pobres en taninos.

Se encuentran también en células aisladas y en los llamados sacos taníferos. Cuando se encuentran en el protoplasma impregnan también la membrana celular, como por ejemplo en el tejido súberoso. Dan precipitado de azul a negro en presencia de las sales de hierro y pardo con el Bicromato de Potasio.

Funcionalmente protegen al protoplasto de la desecación, putrefacción y destrucción por animales y son `protectores de la homogeneidad del citoplasma.

Cristales. Estos son depositados en el interior de los tejidos de las plantas estando constituidos fundamentalmente por cristales de oxalato de calcio, anhídrido silícico y carbonato de calcio.

Oxalato de Calcio. Es muy abundante en casi todas las plantas. Su forma varía para los diferentes grupos vegetales o incluso en los órganos diversos de una misma planta. Pueden presentarse como cristales solos, en manojos de rafidios, arenas cristalinas, drusas y estiloides (cristales de oxalato de calcio de forma prismática y alargada, que, en ciertos casos substituyen a los rafidios). Los estiloides se hallan contenidos en células muertas de membrana súberificada.

Los cristales de oxalato son solubles en ácido clorhídrico. Con el ácido sulfúrico se transforman en yeso. Esta es la forma de diferenciarlos microquímicamente de otros cristales que aparecen irregularmente en las células.

Algunos cristales de oxalato de calcio aparecen en células que no presentan ninguna estructura especial; por el contrario, existen otros que se forman en células que presentan caracteres de forma, estructura y contenido diferentes a pesar de pertenecer a un mismo tejido, son los llamados Idioblastos de cristales.

Es cuanto al tamaño, se dice que es variable y puede llegar hasta deformar la célula.

Los rafidios, por lo general, se encuentran en las células bastante desarrolladas llamadas idioblastos y llenas con mucilago, con paredes delgadas razón por la cual, si el mucilago se hincha se rompe la membrana y el rafidio queda expulsado.

Los rafidios se encuentran en muchas especies y en ocasiones es un componente típico de una familia, Ej. En pecíolo de **Vitis vinífera** (uva) en catafilo de **Allium cepa**.

Drusa. Es un conjunto de cristales incompletos dispuestos en torno a un núcleo común, que por lo regular es un cristalito; o sea, son cristales bipiramidales sobre cuyas paredes se depositan otros cristalitos piramidales imprimiéndoles una forma irregular y erizada de puntos.

En una célula no suele hallarse más de una drusa. Se pueden localizar en cualquier parte la planta. Cabe notar que son muy abundantes en el mesófilo de la hoja de **Nerium oleander**; también las hay en el pecíolo del **Ricinus communis**. (**Figura 1.9**)

DIVISIÓN CELULAR

Es un proceso biológico que en los organismos unicelulares permite su multiplicación y en los pluricelulares el crecimiento, el desarrollo, la regeneración de órganos y tejidos, y las funciones de reproducción.

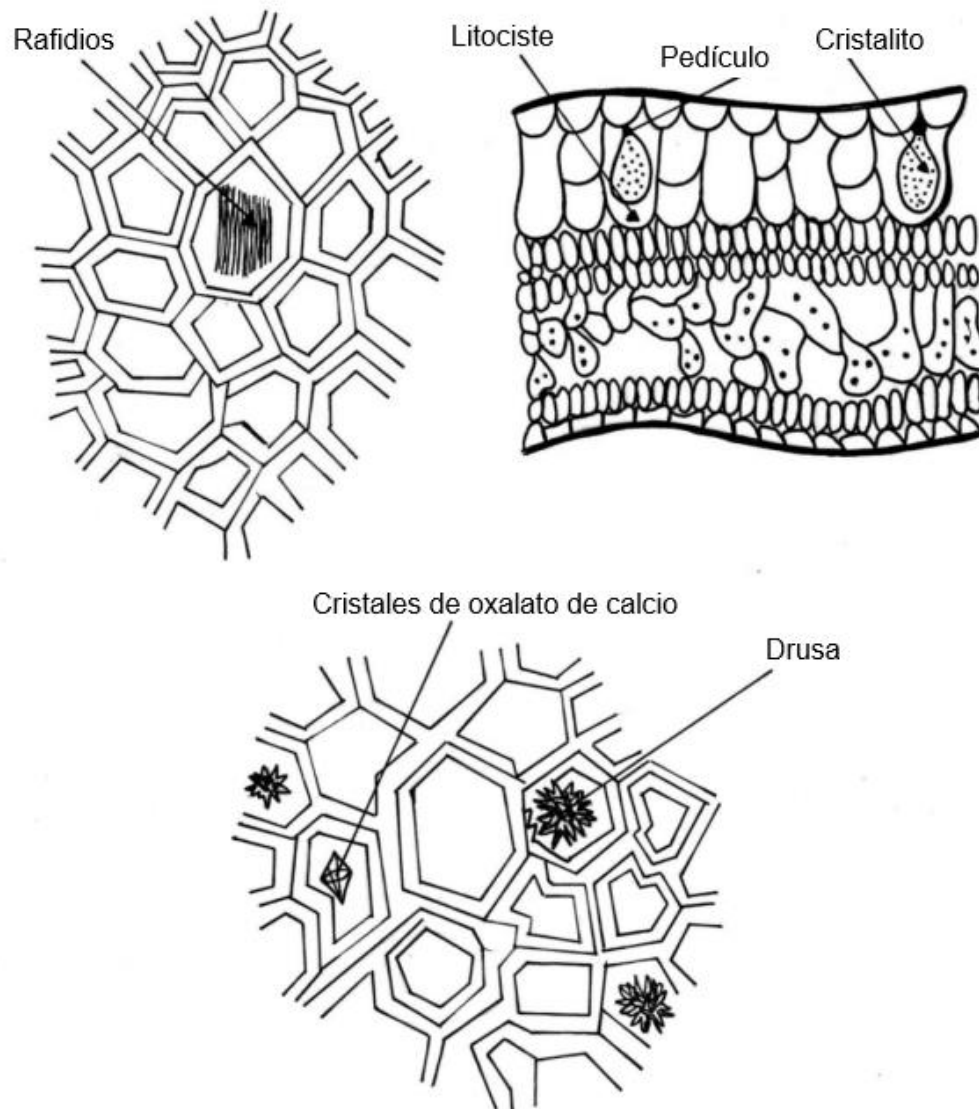


Fig. 1.9 Tipos de Cristales de Oxalato de Calcio

En la división celular se deben distinguir dos aspectos:

- a) Cariocinesis o mitosis (división del núcleo).
- b) Citocinesis o citodiéresis (división del citoplasma)

La citocinesis se inicia al final del Anafase y continúa a lo largo de la telofase. En las células vegetales aparece un sistema de fibras formados por el fragmoplasto. En el plano ecuatorial se depositan vesículas provenientes de los dictiosomas, las cuales contienen sustancias pépticas que darán origen a la lámina media, sin embargo la división no es completa entre ambas células hijas por cuanto se mantienen unos poros de comunicación denominados plasmodesmos.

División Celular: Constituye el fenómeno por el cual el material celular se divide en partes iguales entre las células hijas. Constituye este proceso la parte final y microscópicamente visible de un cambio que ocurre en los niveles bioquímicos y macromoleculares. Antes de la división tiene lugar la duplicación de todos los componentes fundamentales, especialmente los relacionados con la transmisión hereditaria.

MITOSIS

Es la separación final de las unidades macromoleculares previamente duplicadas.

Es el proceso por el cual una célula se divide en dos células hijas iguales a las que le dio origen.

Fases del ciclo celular

Es el periodo de tiempo entre el inicio de una división y el inicio de la siguiente.

Comprende los periodos G1- S- y G2.

G1. Periodo previo a la síntesis del ADN.

S. síntesis del ADN.

G2: periodo posterior a la síntesis del ADN.

Durante la interfase, periodo de máxima intensidad metabólica, se produce la duplicación del DNA-RNA y Proteínas, así como la síntesis de lípidos, enzimas y membranas que se requieren para la división. El periodo G1 se inicia con una célula hija que proviene de la división de la célula madre. Aumenta de tamaño y se sintetiza nuevo material citoplasmático fundamentalmente proteínas y RNA.

El periodo S (síntesis) se caracteriza por la duplicación del DNA que permite que el núcleo contenga el doble de proteínas nucleares y de DNA. Igualmente hay síntesis de proteínas.

El periodo G2. Se caracteriza por la síntesis de RNA, proteínas y DNA y al final del mismo aparecen cambios en la estructura celular, los cuales se hacen visibles al microscopio.

La mitosis cumple la función de distribuir los cromosomas duplicados, que lógicamente permitirá que cada nueva célula tenga una dotación de cromosomas similar a la de la célula madre.

Fases de la Mitosis: Se acostumbra dividir la mitosis en fases que se representan por imágenes características, pero esto es una limitación arbitraria de determinadas fases de un proceso continuo y esas figuras no significan estadios de reposo entre fases individuales.

La mitosis abarca cuatro fases: Profase –Metafase – Anafase y Telofase.

Profase: Se inicia con la condensación de los cromosomas, los cuales se hacen gruesos y se acortan por un mecanismo de enrollamiento y se hacen visibles y están formados por dos cromátidas unidas por el centrómero.

Como las células vegetales no tiene centriolo su huso cromático se forma a partir del centrosoma (husos anastrales). La profase termina con la desaparición de la membrana nuclear y la disolución de los nucléolos. **(Figura 1.10 a)**

Metafase: Los cromosomas inician una serie de movimientos que dan por resultado su alineamiento en la placa ecuatorial, situado en la parte media de la célula. Es de hacer notar que son los centrómeros los que se fijan a la placa mientras que los brazos del cromosoma pueden extenderse hacia cualquier dirección. **(Figura 1.10 b)**

Anafase: Se inicia con la partición longitudinal de todos los cinetocoros que permite su separación y cada cromátide es arrastrado hacia un polo de la célula mientras que el otro cromátide es arrastrado hacia el polo opuesto. Al desplazarse cada cromátide.

Sus brazos se retrasan formando estructuras en V con los vértices dirigidos hacia los polos. **(Figura 1.10 c)**

Telofase: Al llegar los cromosomas a los polos opuestos de la célula se adelgazan y se entrecruzan para formar filamentos delgados. Comienza la citocinesis con la formación de un tabique que separa los dos núcleos. La membrana nuclear comienza a transformarse y reaparecen los nucléolos. Se completa la citosinesis, los cromosomas se descondensan dando lugar a la cromatina interfásica, formándose dos células hijas con juegos idénticos de genes, incorporados a números idénticos de cromosomas y a cantidades aproximadamente iguales de los demás componentes celulares, y las mismas entran en el periodo G.1. **(Figura 1.10 d)**

Duración de la mitosis. Varía de un organismo a otro. De igual manera las etapas varían en duración. La Profase es la etapa más larga y la Anafase la más corta.

Ejemplo	P	M	A	T
Cebolla	71	6,5	2,4	3.8
Guisante	78	14,4	4,2	13,12.

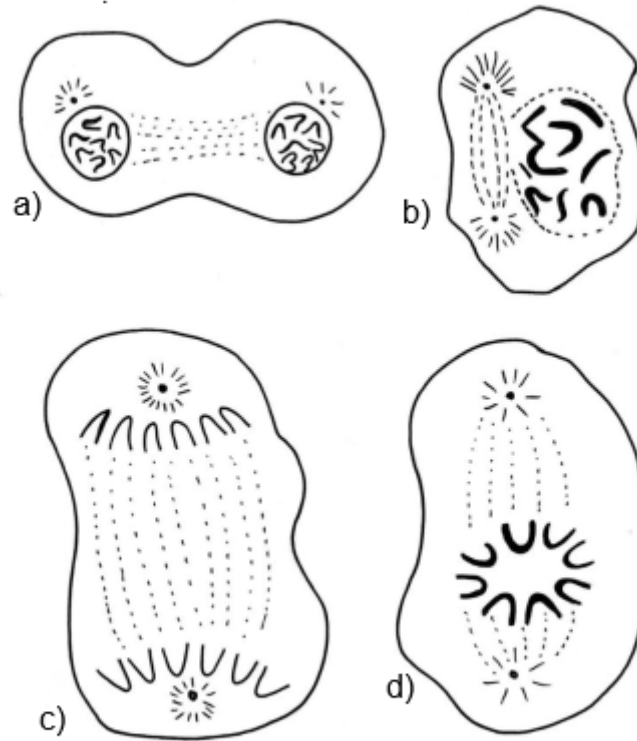


Fig. 1.10 Etapas de la Mitosis

MEIOSIS

Es un tipo de división nuclear en la cual hay reducción cromática o disminución del número de cromosomas.

Es un proceso divisional celular, en el cual una célula diploide ($2n$), experimenta dos divisiones celulares sucesivas, con la capacidad de generar cuatro células haploides (n), lo cual permite mantener el número de cromosomas de las células de la especie para mantener la información genética.

Es durante la gametogénesis (espermatogénesis y ovogénesis) o maduración de las células sexuales cuando se realiza la meiosis.

En esencia, la meiosis consiste en dos divisiones nucleares que se suceden rápidamente, mientras los cromosomas se dividen una sola vez, o sea, que la meiosis se produce en dos tiempos:

- a) Se efectúa la división heterotípica (reduccional), es decir, se reduce el número diploide de cromosomas a la mitad (haploide).
- b) Se realiza la división homeotípica (ecuacional). No hay reducción cromosómica y se mantiene el número cromosómico haploide conseguido en la etapa anterior.

El resultado de estas dos divisiones son cuatro núcleos, cada uno de los cuatro tendrá un número simple (haploide = n) de cromosomas. A dichas divisiones se les llama: primera y segunda división meiotica.

Del gonotoconte (la célula diploide especializada) que literalmente es, la “parturienta de los gonios” o células haploides, diploide, con $2n$ cromosomas, surge la tétrade haploide, con n cromosomas en cada núcleo. Las dos divisiones de la meiosis pueden ser consecutivas o no, con solo una división de los cromosomas.

Los pasos preparatorios que conducen a la meiosis son idénticos en patrón y nombre a la interfase del ciclo mitótico de la célula. La interfase se divide en tres fases.

Fase G1: se caracteriza por el aumento de tamaño de la célula como consecuencia de la fabricación acelerada de organelos y proteínas.

Fase S: en esta fase se replica el material genético, o sea, el ADN se replica dando origen a dos cadenas nuevas, unidas por el centrómero. Los cromosomas que hasta el momento tenían una sola cromátida ahora tienen dos.

G₂; la célula continúa aumentando su biomasa.

La interfase es seguida inmediatamente por la Meiosis 1 y 2. La Meiosis 1 consiste en la segregación de cada uno de los cromosomas homólogos, dividiendo posteriormente la célula diploide pero con la mitad de cromosomas. La Meiosis II consiste en desemparejar cada uno de las cromátidas del cromosoma que se segregarán una a cada polo, con lo que tras una división se produce cuatro células haploides.

Meiosis I

Profase I: Es la etapa más compleja del proceso y tiene mucha analogía con la profase temprana de la mitosis y se divide en 5 etapas que son:

Leptonema: Este estado es llamado también leptóteno y en él los cromosomas aparecen no acoplados, finos, en número diploide; pueden ser contados muy fácilmente y su arreglo es muy irregular aunque en algunos casos tienden a polarizarse dirigiendo uno o sus extremos hacia el borde del núcleo. Esa disposición paralela y convergente ha recibido el nombre de “bouquet”.

Cigonema. O zigóteno (estado de acoplamiento muy breve). Aquí comienza ya la unión de los cromosomas homólogos que se hallaban separados hasta este momento. Unas veces se unen por sus extremos polarizados, continuando el apareamiento hasta la extremidad antipolar, en otros casos el acercamiento, se da en otros puntos simultáneamente, a lo largo del filamento. Parece ser que el “bouquet” y, en general, la polarización favorecen la regularidad del apareamiento que suele ser llamado también, “sinapsis” o “sindesis”. El apareamiento es muy exacto y específico, pues son atraídos punto por punto cada uno de los homólogos.

Paquinema: O paquíteno (con los cromosomas al principio simples y al fin doble; en este estadio es cuando puede producirse el entrecruzamiento y durante el, los cromosomas se acortan y engruesan por espiralización y acumulación de la matriz). En pleno paquinema el núcleo se presenta con un grupo de filamentos dobles en números haploide, pero esta es una reducción aparente pues cada elemento es bivalente, doble, integrado por dos homólogos en estrecha unión. Cada cromosoma que forma el bivalente paquiténico tiene su centromero independiente, de modo que cada uno tiene dos centrómeros. Al avanzar el estadio casi al final del mismo cada cromosoma paquiténico está compuesto de dos homólogos unidos en toda su extensión y desdoblados, hendidos longitudinalmente, en dos cromátidas cada uno; lo que significa que el elemento paquiténico a esta altura del proceso tiene cuatro cromátidas. Las cromátidas de cada homólogo se llaman “cromátidas hermanas”. Antiguamente este elemento recibió el nombre de “tétrade”, nombre que ha sido reemplazado por el de “bivalente”. Casi simultáneamente con la duplicación longitudinal de cada cromosoma, se producen fracturas

transversales en dos de las cromátidas homologas y al mismo nivel, inmediatamente, se intercambian en este punto ambos segmentos, los cuales se sueldan en seguida.

Una vez que los cromosomas homólogos están perfectamente apareados formando los bivalentes se produce el fenómeno de entrecruzamiento denominado crossing over.

El crossing over es el proceso por el cual dos cromosomas se aparean e intercambian secciones de su ADN. La sinapsis comienza antes de que se desarrolle el complejo sinaptonémico, y no está completo hasta cerca de la final de la profase 1. El entrecruzamiento usualmente se produce cuando se aparean las regiones en las rupturas del cromosoma y luego se reconectan al otro cromosoma. El resultado de este proceso es un intercambio de genes, llamado recombinación genética. Los entrecruzamientos cromosómicos también suceden en organismos asexuales y en células somáticas, ya que son importantes formas del ADN.

Diacinesis: El transito del diplóteno a la diacinesis es gradual. Este estadio se caracteriza por una acentuada contracción de los cromosomas, y las huellas de hendimiento que persistían al final del diplóteno se pierden. El arreglo de los cromosomas es ahora como al final de la profase mitótica; el comportamiento de los núcleolos es en general también el mismo. Las cromátidas siguen conectadas por los quiasmas y se mantienen así hasta la metafase.

Terminando el entrecruzamiento desaparece la membrana nuclear y comienzan a formarse las fibras del huso.

Metafase I: Los cromosomas homólogos se alinean en el plano ecuatorial. La orientación es al azar, con cada homólogo paterno en un lado. Esto quiere decir que hay un 50% de posibilidad de que las células hijas reciban el homólogo del padre o de la madre por cada cromosoma. Los microtúbulos del huso de cada centriolo se unen a sus respectivos cinetocoros.

Anafase I: Los quiasmas se separan. Los microtúbulos del huso se acortan en la región del cinetocoro, con lo que se consigue remolcar los cromosomas homólogos a los lados opuestos de la célula, junto con la ayuda de las proteínas motoras. Ya que cada cromosoma homólogo tiene solo un cinetocoro, se forma en juego haploide (n) en cada lado. En la repartición de cromosomas homólogos, para cada par, el cromosoma materno se dirige a un polo y el paterno al contrario, por tanto el número de cromosomas maternos y paternos que vaya a cada polo varía al azar en cada meiosis. Por ejemplo, para el caso de una especie $2n = 4$ puede ocurrir que un polo tenga dos cromosomas maternos y el otro los dos paternos; o bien que cada polo tenga uno materno y otro paterno.

Telofase I: Cada célula hija ahora tiene la mitad del número de cromosomas pero cada cromosoma consiste en un par de cromátidas. Los microtúbulos que componen la red del huso mitótico desaparece, y una membrana nuclear nueva rodea cada sistema haploide. Los cromosomas se desenrollan nuevamente dentro de la cromatina. Ocurre la citocinesis (proceso paralelo en el que se separa la membrana celular en las células animales o la formación de esta en las células vegetales, finalizando con la creación de dos células hijas).

Intercinesis. Es un corto periodo que sigue a la telofase, el cual es más largo y presenta las mismas características que la interfase de la mitosis.

Meiosis II

Profase II: Comienza a desaparecer la envoltura nuclear y el nucléolo. Se hacen evidentes largos cuerpos filamentosos de cromatina y comienzan a condensarse como cromosomas visibles. Los cromosomas continúan acortándose y engrosándose. Se forma el huso entre los centriolos, que se han desplazado a los polos de las células.

Metafase II: Las fibras del huso se unen a los cinetocoros de los cromosomas. Estos últimos se alinean a lo largo del plano ecuatorial de la célula. La primera y segunda metafase pueden distinguirse con facilidad, en la metafase I, las cromátidas se disponen en haces de (cuatro) y en la metafase II lo hacen en grupos de dos (como en la metafase mitótica). Esto no es siempre tan evidente en las células vivas.

Anafase II: Como en la mitosis, esta fase es preparatoria y preliminar en el proceso de reorganización de los núcleos que se avecinan en la fase siguiente.

Las cromátidas se separan en sus centrómeros, y un juego de cromosomas se desplaza hacia cada polo. Durante la Anafase II las cromátidas, unidas a fibras del huso en sus cinetocoros, se separan y se desplazan a polos opuestos, como lo hacen en la Anafase mitótica. Como en la mitosis, cada cromátida se denomina ahora cromosoma.

Telofase II: Aparecen los cuatro núcleos ya organizados, cada uno de ellos tendrá una cromátida que se considera ahora cromosoma, cada núcleo es por tanto haploide y tiene número n de cromosomas y un genomio completo, en el cual cada cromosoma inicial está representado una sola vez. En dos de los cuatro núcleos hay centrómeros y segmentos paternos, y en los otros dos, centrómeros y segmentos maternos. La citocinesis ocurre posteriormente para generar 4 células haploides.

Diferencias primarias entre mitosis y meiosis.

- a) Apareamiento homólogo en la meiosis y ausencia del mismo en la mitosis.
- b) Separación de los centrómeros duplicados en la mitosis y ausencia de dicha separación en la meiosis hasta la segunda división meiótica.

Tejidos vegetales

Tejido: trama que resulta de la unión de células vegetales iguales.

Tejidos de las plantas Vasculares

Las plantas vasculares o traqueófitas son fundamentalmente terrestres, y es en ellas donde los tejidos alcanzan mayor diversidad y donde aparecen tejidos especiales para funciones específicas relacionadas con el ambiente terrestre. Estos tejidos son: los protectores (epidermis y peridermis), meristemáticos (apicales, intercalares y laterales), mecánicos (colénquima y esclerénquima); y los conductores o vasculares (xilema y floema). A estos tejidos se suma el parénquima, que es el tejido fundamental. El xilema y el floema constituyen el sistema vascular o conductor de la planta y están formados por diferentes tipos de células cada uno, por lo que se

les considera tejidos complejos. Las conductoras propiamente dichas son células alargadas, es decir, prosenquimáticas.

El colénquima, esclerénquima, epidermis y parénquima, están formados generalmente por un tipo de célula cada uno, y se consideran tejidos simples. En el parénquima las células son predominantemente isodiamétricas, se habla de tipos parenquimáticos, en la colénquima son alargadas es decir, prosenquimáticas. Los tejidos mencionados se reúnen para formar los distintos órganos de la planta. La organización histológica básica de cada uno de los órganos de la planta es relativamente bastante homogénea en las plantas vasculares.

En algunas plantas como Dicotiledóneas y Gimnospermas, además de los tejidos originados a partir de meristemos apicales, se forman tejidos a partir de los meristemas laterales. Los meristemas laterales o secundarios son: el cambium vascular, situado entre el xilema y el floema, y derivado de restos del procambium; y el felógeno, situado periféricamente y originado a partir de la epidermis, de la corteza, del parénquima flemático, de la endodermis o del periciclo. Los meristemas laterales o secundarios dan origen a los tejidos secundarios. El cambium vascular produce floema y xilema secundarios, además de parénquima y colénquima asociados.

CLASIFICACIÓN DE LOS TEJIDOS VEGETALES

Tejidos verdaderos:

Por tejido se entiende el conjunto de muchos protoplasmas revestidos de membrana e íntimamente unidos entre sí, originados por división de otros protoplasmas, según las tres direcciones del espacio.

Pseudotejidos: (Algas y hongos)

Son aquellos tejidos que se forman por división según 1-2 direcciones, y por lo tanto, tienen forma filamentosa o laminar. Estos pseudotejidos deben considerarse más bien como asociaciones de células cuya unión no es muy íntima y cada célula goza de una vida independiente con respecto al resto de la colonia.

Tejidos meristemáticos

Meristemas apicales de la raíz y del brote o yema

Meristemas laterales (cambium vascular y felógeno)

Meristemas intercalares (entre los nudos).

Tejidos de protección

Epidermis con su correspondiente cutícula.

Peridermis.

Tejidos parenquimáticos

Parénquima clorofilico

Parénquima reservante

Parénquima aerífero

Parénquima acuífero

Parénquimas diversos (liberiano; leñoso; subepidérmicos; corticales, etc....)

Tejidos mecánicos o de sostén

Colénquima

Esclerénquima (fibras y esclereidas)

Tejidos conductores

Tejido vascular (vasos; traqueidas; tráqueas).

Tejido Criboso (tubos cribosos y células anexas).

Tejidos secretores

Tejidos secretores epidérmicos.

Tejidos secretores internos.

Tejidos meristemáticos

Son tejidos perpetuamente jóvenes que interesan primariamente al crecimiento de la planta.

A partir de la división de la célula huevo, la planta vascular produce nuevas células y forma nuevos órganos. Durante los primeros estadios del desarrollo embrionario, la división celular tiene lugar en todo el joven organismo, pero a medida que el embrión aumenta y se transforma en una nueva planta independiente, la adición de nuevas células queda gradualmente restringida a ciertas partes del cuerpo de la planta, mientras que las demás atienden a otras actividades del vegetal. Con la progresiva especialización de los tejidos, la división celular se separa de las otras funciones y queda confinada a los meristemas y sus derivados inmediatos. Los

meristemas aumentan el número de células de la planta y se perpetúan también por sí mismos, es decir algunas de las divisiones de los meristemas no dan lugar a células adultas, sino que permanecen como células meristemáticas. Los meristemas se presentan en todos los ápices de raíces y brotes principales y laterales, su número en una determinada planta puede ser muy grande, además, las plantas caracterizadas por un crecimiento secundario en grosor, poseen extensos meristemas adicionales (cambium vascular y el súberoso). La actividad combinada de todos estos meristemas, da lugar a un complejo cuerpo de la planta, aumenta su superficie y el área de contacto con el aire y con el suelo. El cambium ayuda al desarrollo del cuerpo del vegetal mediante el aumento en volumen del sistema conductor, así como formando células de soporte y protección. En los meristemas se presenta una continua separación entre las células que permanecen meristemáticas (células iniciales), y las que se transforman en elementos de tejido diversos.

En este desarrollo las células derivadas cambian gradualmente, fisiológica y morfológicamente, adquiriendo características más especializadas; las células derivadas se diferencian en elementos específicos de los distintos sistemas de tejidos.

La célula que se desarrolla adquiere diferencias en 2 sentidos: en primer lugar asume características que la distinguen de sus precursoras meristemáticas, y en segundo lugar diverge de las células de edad similar según las distintas líneas de especialización. Algunas células difieren de las células meristemáticas y mantienen en alto grado el poder de división (ejemplo; varias células parenquimáticas); otras están mucho más modificadas y han perdido todas o casi todas

sus primitivas potencialidades meristemáticas (ejemplo; elementos cribosos, fibras, elementos traqueales).

Estas células indistintamente diferenciadas pueden considerarse adultas en el sentido que han alcanzado el grado de especialización y estabilidad fisiológica que normalmente las caracteriza como componentes de ciertos tejidos de una planta adulta. Tal concepto de madurez incluye la capacidad de que las células vivas puedan recobrar la actividad meristemática cuando son adecuadamente estimuladas. Las células meristemáticas varían en tamaño y forma, en un extremo tenemos las células pequeñas, casi isodiamétricas de algunos meristemas apicales, y en el otro extremo las células iniciales, largas, estrechas y fusiformes del cambium vascular, las membranas son generalmente delgadas y faltan los espacios intercelulares.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CÉLULAS MERISTEMÁTICAS

- Pequeñas
- Núcleo grande
- Generalmente isodiamétricas, excepto el cambium vascular: (largas, estrechas y fusiformes)
- Plastidios en forma de proplastidios, excepto el cambium súberoso (cloroplastos bien desarrollados)
- Durante la división carecen de inclusiones ergásticas.

- Tienen menor cantidad de retículo endoplásmico de lo normal.
- Presentan abundancia de ribosomas libres.
- Estructura internas de sus mitocondrias menos compleja.
- Presentan amplia actividad peroxidásica.
- Relativamente indiferenciadas.

TIPOS DE MERISTEMAS

Meristemo en masa: Se desarrollan divisiones celulares en los tres planos del espacio y las células resultantes de estas divisiones son isodiamétricas (**Figura 1.11**).

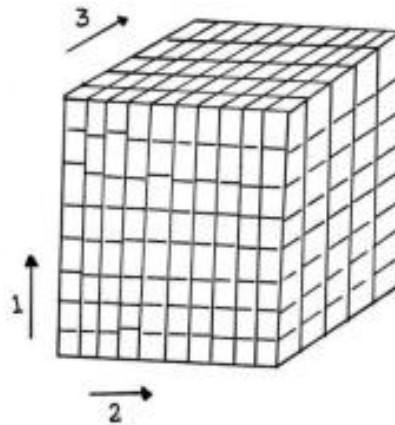


Fig. 1.11 Meristemo en masa

Meristemo en fila: Se producen por divisiones celulares en un solo plano del espacio, perpendicular al eje longitudinal del órgano en que se encuentran y forman una fila de células. (**Figura 1.12**)

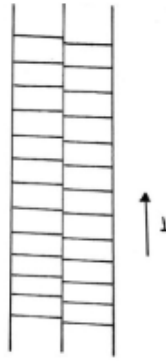


Fig. 1.12 Meristemo en fila

Meristemo laminar: Se producen por divisiones en dos planos del espacio formando un tejido laminar. (**Figura 1.13**)

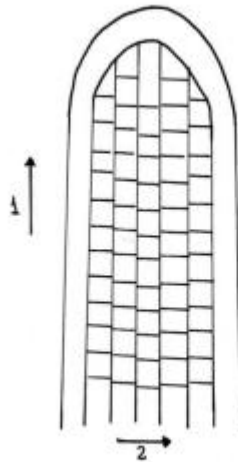


Fig. 1.13 Meristemo Laminar

La tabicación de las células puede ser anticlinal y periclinal: la primera se realiza perpendicularmente a la superficie y la segunda se realiza paralelamente a la superficie. **(Figura 1.14 a y b).** En tallos y raíces se emplean los términos tangencial (división periclinal) y radial o transversal (división anticlinal).

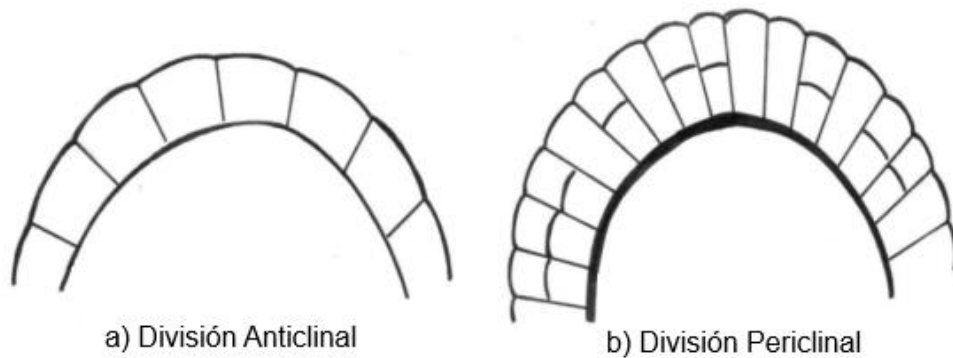


Fig. 1.14 Fabricación Anticlinal y Periclinal

CLASIFICACIÓN DE LOS MERISTEMAS

Una de las más comunes clasificaciones de los meristemas se basa en su posición en el cuerpo de la planta. Divide los tejidos formativos en meristemas apicales situados en los ápices de brotes y raíces, principales y laterales, meristemas laterales o sea, meristemas dispuestos paralelamente a los lados del órgano donde se presentan, y meristemas intercalares, colocados entre tejidos ya maduros.

Meristemas apicales

A partir del embrión se desarrolla un esporófito que consiste típicamente de un vástago (tallo y hojas) y de una raíz. El crecimiento que resulta por la actividad de los meristemas apicales embrionales o primarios se llama crecimiento primario, y produce el alargamiento de la planta y su ramificación, es decir, el cuerpo primario de la planta. Estos tejidos meristemáticos se presentan no solamente en los extremos del eje principal, sino que también las ramificaciones del vástago y de la raíz llevan su propio meristema apical.

El meristema apical de la raíz está protegido por la caliptra (cofia), el meristema apical del vástago carece de esta protección pero se encuentra rodeado por los primordios foliares y el conjunto constituye la yema apical, además, en la yema apical se encuentran también las yemas axilares que se desarrollan en la base de cada hoja y que encierran los meristemas apicales de las ramas laterales. Los meristemas apicales crecen mediante una o varias células meristemáticas iniciales que se dividen ininterrumpidamente según varios planos dando origen a células derivadas; el conjunto de estas células iniciales y de sus derivadas más inmediatas recibe el nombre de promeristema. Las células derivadas también se dividen en varios planos, a medida que se alejan del ápice, comienzan a variar en forma, tamaño, carácter de la pared y del citoplasma, formando regiones meristemáticas algo más diferenciadas y cada una de función específica, que se denominan: procambium, protodermis, meristema fundamental. Las células meristemáticas son por lo general pequeñas, carecen de vacuolas grandes, su citoplasma es muy denso y los núcleos son grandes. Por debajo de la zona meristemática se encuentra la zona de diferenciación, en donde los tejidos derivados de los meristemas se ven diferenciados en los tejidos

permanentes o adultos correspondientes. Estos tejidos se llaman tejidos permanentes primarios, tejidos adultos primarios y son: epidermis, parénquima, colénquima, esclerénquimas, endodermis, periciclo, xilema primario y floema primario.

Los ápices vegetativos del brote varían en tamaño, forma, estructura cito histórica y actividad meristemática. En las dicotiledóneas el eje crece en anchura cerca del ápice y la región periférica que lleva los primordios foliares, se eleva por encima del meristema apical dejando a este en una depresión semejante a una puntuación. El número de células iniciales en los ápices de la raíz y del tallo es variable, en la mayoría de las criptógamas vasculares se halla en el ápice una sola célula inicial; en otras plantas vasculares inferiores, así como en las superiores, hay varias células iniciales.

En contraste con el meristema apical del brote, el de la raíz produce células no solo hacia el eje sino también hacia fuera de él, pues forma la caliptra, la parte distal del meristema apical de la raíz no es terminal sino subterminal, en el sentido de que se encuentra debajo de la caliptra, el ápice de la raíz difiere además, del meristema del brote en que no se forman apéndices laterales comparables a las hojas y ramas.

Células de los Meristemas

- a) **Celular inicial:** Son las que persisten en su estado no diferenciado y mantiene su capacidad de división indefinidamente.

b) **Células derivadas:** Son células hermanas de las anteriores que pierden la capacidad de dividirse indefinidamente, especializándose y transformándose en elementos de tejidos diversos.

Los números de células iniciales de los Meristemas apicales (radicales y caulinares) varia, lo cual ha traído como consecuencia el establecimiento de una serie de teorías que tratan de explicar la organización apical.

1. **Teoría de Nagely (1844):** Señala que en todos los ápices existiría una sola célula inicial de la cual se formarían todos los tejidos primarios. Dicha teoría pierde vigencia al comprobarse que en las Fanerógamas existe más de una célula apical.

2. **Teoría de Hanstein (1868):** Sostiene la Teoría de los Histógenos según la cual en el meristemo apical existirían 3 regiones iniciadoras de células y que denomina: Dermatógeno, Periblema y Pleroma. Sin embargo, esta teoría no explica en forma fehaciente y satisfactoria la organización del ápice.

3. **Teoría de Schmidt (1932):** Sostiene la teoría de la Túnica- Corpus según la cual en el meristemo apical existen dos zonas diferenciadas, que resultan de las diferencias en el tipo de tabicación de las células iniciales, las cuales se disponen en varias capas; el grupo interno se divide anticlinalmente y periclinalmente produciendo la masa principal del meristemo que llama corpus; el grupo externo se dividiría solo anticlinalmente experimentando su crecimiento solo en superficie y forma la túnica que va a recubrir el corpus.

Meristemos laterales

Los meristemos laterales son dos: el cambium vascular y el felógeno. El cambium vascular está formado por una capa unistrata de células, situada entre el xilema y el floema primarios, representada por células del procambium que permanecieron sin diferenciarse pero mantuvieron su actividad meristemática. Mediante divisiones periclinales, estas células producen xilema y floemas secundarios. El cambium se encuentra formado por dos clases de dos células iniciales: las iniciales fusiformes, de forma alargada, que originan las traqueidas, miembros de los vasos, fibras, células de parénquima, células cribosas y miembros de tubos cribosos; y las iniciales radiales, de forma isodiamétrica, que dan origen a los radios vasculares. El felógeno, da origen a la peridermis, un tejido de protección que reemplaza a la epidermis; se forma por divisiones periclinales de la epidermis, de la corteza, del parénquima floemático, de la endodermis o del periciclo. El cambium vascular y el felógenose adaptan al crecimiento en anchura de los órganos mediante divisiones anticlinales de sus células.

Meristemos intercalares

El término meristema intercalar se emplea para designar una zona de tejido primario en crecimiento activo, apartada del meristema apical, se hallan situados entre regiones de tejidos más o menos diferenciados. Los ejemplos mejor conocidos son los que se hallan en los entrenudos y en las vainas de las hojas de muchas Monocotiledóneas, sobre todo gramíneas.

TEJIDOS DE PROTECCIÓN

Cutícula

Capa formada por cutina, situada en la superficie externa de la pared celular de las células epidérmicas.

En general, todas las partes del tallo herbáceo, hojas y otras partes de la planta, se encuentran recubiertas por la cutícula. En algunos géneros (por ejemplo Eucaliptus) la cutícula posee una compleja ornamentación, que además es típica de cada especie, pero lo que se puede utilizar como un criterio taxonómico. La cutícula tiene un grosor variable en las distintas plantas y generalmente es más gruesa en plantas que crecen en medios secos. La cutícula se forma a partir de la secreción de cutina, con la cual se deposita en los espacios interfibrilares de la capa más externa de la pared celular; la cutícula está constituida por cutina, pectina y celulosa, sobre la superficie se encuentran a menudo depósitos de cera en forma de gránulos, túbulos o bien en forma de capas continuas; la cera da el aspecto lustroso y brillante a muchas hojas y frutos, siendo muy importante la impermeabilidad superficial que consigue. Este fenómeno representa uno de los factores que rigen el efecto selectivo de los herbicidas en algunas plantas cultivadas.

En la superficie de la cutícula o bien en el interior de la misma se encuentran a veces depósitos de sales en forma de cristales, resinas y aceites; en las paredes epidérmicas de muchas plantas, por ejemplo, en Equisetum, se pueden encontrar depósitos de sales de sílice, esto mismo ocurre en la epidermis de Gramíneas, muchas Ciperáceas, en las palmas y ciertas especies de Moráceae, Aristoloquiáceae y Magnoliáceae.

Epidermis

Es la capa más externa de células en las hojas, verticilos florales, frutos, semillas, tallos y raíces. Los tallos y raíces poseen una capa epidérmica sólo antes de sufrir un engrosamiento secundario considerable.

En la mayoría de los Espermatofitos, la epidermis sólo consta de una capa de células (epidermis uniestratificada), pero en algunos vegetales por debajo de la capa más superficial puede haber una o varias capas de células que anatómica y fisiológicamente son diferentes del tejido fundamental interno (epidermis pluriestratificada) la cual es típica de algunas familias de plantas como Moráceae, Begoniáceae, Piperáceae y Quenopodiáceae.

TIPOS DE CÉLULAS EPIDÉRMICAS

1. Células típicas de la epidermis
2. Células aisladas o grupos de células con estructura, forma o contenido especial (células buliformes, células silícicas, células súberificadas). **(Figuras 1.15 y 1.16).**
3. Células relacionadas con los estomas (células oclusivas - células anexas)
4. Apéndices epidérmicos o tricomas.



Fig. 1.15 Células Buliformes



Fig. 1.16 Células Silíceas
y Suberificadas

ORIGEN

La epidermis del brote se origina a partir de la capa de células más externa del meristema apical.

En las raíces, la epidermis puede relacionarse en su origen, ya con la caliptra, ya con la corteza.

MORFOLOGÍA

Las células epidérmicas maduras se describen comúnmente en forma tabular debido a su pequeña extensión en profundidad, las células epidérmicas alargadas se encuentran a menudo sobre estructuras también alargadas, tales como tallos, pecíolos, venas foliares y hojas como las de la mayoría de las Monocotiledóneas.

En muchas hojas, las capas epidérmicas son bastantes diferentes en cuanto al tamaño y forma de las células. Algunas células epidérmicas se desvían notablemente de la forma común a la mayoría. Así, ciertas gramíneas, Gimnospermas, Dicotiledóneas y algunas plantas vasculares inferiores (Selaginella) contienen células epidérmicas en forma de fibras.

En cuanto a su contenido ha sido investigado de manera incompleta, poseen protoplasto vivo, generalmente carecen de clorofila. Algunos helechos, plantas acuáticas y un determinado número de plantas vasculares superiores terrestres (particularmente los de hábitat umbroso) contienen cloroplastos bien desarrollados en la epidermis.

El jugo celular puede contener antocianina como sucede con muchos pecíolos de *Ricinus* (tártago). El espesor de la membrana epidérmica de las distintas plantas y de las diferentes partes de una misma planta varía notablemente. El tejido epidérmico generalmente carece de espacios intercelulares.

Funciones de la epidermis

Limitación de la transpiración

Protección mecánica

Intercambio gaseoso a través de los estomas.

Almacenaje de agua y productos metabólicos

Potencialidad meristemática

Se sabe que la epidermis reanuda tal actividad durante el curso normal del desarrollo (formación del felógeno) y también después de infringir lesiones a la planta.

ESTOMAS

Son aberturas en la epidermis rodeadas por 2 células oclusivas. Mediante cambios en forma, las células oclusivas controlan el tamaño de la abertura. Esta abertura conduce al interior de un amplio espacio intercelular llamado cámara subestomática, que se continúa con los espacios intercelulares del mesófilo. Las células oclusivas son generalmente de forma arriñonada vistas de frente y con engrosamientos de la membrana en los bordes superior o inferior. Los estomas se forman mediante divisiones diferenciales en la protodermis. Después de varias divisiones, una determinada célula

protodérmica resultante de las mismas se transforma en el precursor inmediato de las células oclusivas. Esta célula es la llamada célula madre de las células oclusivas, la cual se divide para dar lugar a 2 células que aumentan de tamaño y adquieren la forma arriñonada característica de las células oclusivas. En muchos casos, las Monocotiledóneas y las Dicotiledóneas se pueden distinguir de acuerdo a la distribución de sus estomas en la epidermis en las primeras, la disposición es generalmente paralela, muy regular, coincidiendo con la disposición de sus nervios; en las Dicotiledóneas la disposición suele ser menos regular. Su número es muy variable, en algunas plantas, especialmente acuáticas suele faltar, en otras son muy abundantes como en *Miconia argyrophylla*, una especie del estrato alto del bosque nublado de Rancho Grande, que presenta 2848 estomas por milímetro cuadrado. Otros valores están entre 76-350.

CLASIFICACIÓN DE LOS ESTOMAS

En las Dicotiledóneas se distingue los siguientes tipos:

- A. Anomocítico - Presenta un número indeterminado de células anexas. **(Figura 1.17).**
- B. Anisocítico - Presenta 3 células anexas, siendo una mayor o menor que las otras dos **(Figura 1.18).**
- C. Diacítico. Está constituido por dos células anexas con su eje mayor formando un ángulo recto con el eje mayor de las células oclusivas. **(Figura 1.19).**

D. Paracítico. Está constituido por dos células anexas en el que su eje longitudinal es paralelo a los ejes longitudinales de las células guardianas. **(Figura 1.20).**

E. Actinocítico. Formado por varias células oclusivas con un eje mayor perpendicular en el contorno de las células de cierre.

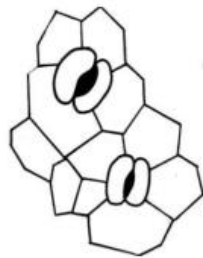


Fig. 1.17 Estomas Anomocítico

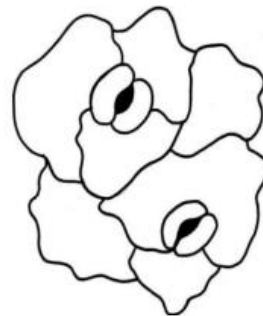


Fig. 1.18 Estoma Anisocítico



Fig. 1.19 Estoma Diacítico

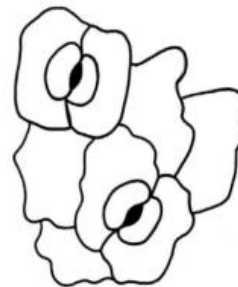


Fig. 1.20 Estoma Paracítico

TRICOMAS

Los tricomas son apéndices epidérmicos de forma, estructural y funciones diversas. Están representados por pelos glandulares, protectores y de sostén, por escamas, por papilas diversas y por pelos absorbentes de las raíces. Los tricomas pueden presentarse en todas las partes de las plantas, pudiendo persistir durante toda la vida de un órgano o ser efímero. Algunos de los pelos persistentes permanecen vivos; otros pierden el protoplasma y quedan secos, pueden mostrar variación dentro de las familias y los grupos más pequeños de plantas e incluso en una misma planta. En cambio, a veces se halla gran uniformidad entre los tricomas de un determinado grupo de plantas. Los distintos tipos de pelos vegetales se han empleado con frecuencia para la clasificación de géneros e incluso especies de ciertas familias. Los tricomas son útiles no solamente para estudio descriptivos sino también para determinar relaciones evolutivas entre grupos, igualmente para explicar adaptaciones fisiológicas y ecológicas. Los tricomas se clasifican comúnmente en pelos, pelos escamosos o peltados y pelos glandulares.

Pelos de las partes áreas

Se trata de tricomas de forma alargada que recubren diversos órganos de la planta, son unicelulares o multicelulares, ramificados o no; los multicelulares, pueden ser uniseriados o multiseriados. En los pelos se distingue una parte basal que suele estar a nivel de la epidermis, y una parte que se proyecta en el espacio en posición perpendicular o más o menos oblicua a la superficie epidérmica y presenta características muy variables que han originado una terminología muy diversa. Son importantes, su forma; si son

cilíndricos, en forma de clava, de candelabro, estrellados, dendroides, ramificados, etc., su posición: recta o curva; su composición: unicelulares o multicelulares, uniseriados o multiseriados: la forma de su ápice y de su base: su tamaño: si son cortos o largos; su consistencia: si son suaves o rígidos: su persistencia o caducidad. Por la variedad de caracteres que se utilizan en la descripción de los pelos, y por el hecho de que en muchas familias aparecen tipos muy característicos, que amerita que el investigador les denomine de una manera particular, la clasificación de pelos, y en general de los tricomas, es un asunto muy complicado. Los pelos poseen diferentes funciones en la planta: algunos sirven para adherirse a las superficies, otro son pelos muertos llenos de aire que sirven para la dispersión de los frutos y semillas livianas, algunos contribuyen a disminuir la transpiración, también provienen contra insectos principalmente sus larvas y otros depredadores.

Pelos radicales

Son característicos de las raíces; típicamente son unicelulares, aunque se han observado pelos radicales multicelulares. Su función es incrementar la superficie absorbente de la planta. Funcionan lentamente por pocos días, su longitud varía entre 80-1500 micras.

Escamas o pelos peltados

Son tricomas más o menos laminares, paralelos a la epidermis de los órganos que los portan. Generalmente son pluricelulares; poseen un pie, un pedicelo y una cabeza más o menos discoidal. Algunos son capaces de absorber agua como los que se encuentran en las hojas de

algunas epifitas. Estos tricomas cuando están llenos de aire reflejan un 42-47% de la luz incidente y se consideran muy importantes en la disipación del calor en las Bromeliáceas de sitios muy expuestos.

Papilas

Es el tipo más simple de tricomas, se consideran como pelos que han detenido su crecimiento en una etapa en que todavía son unicelulares. Estas estructuras muy frecuentes en los pétalos de las flores le da un aspecto aterciopelado, también son comunes en los estigmas. Los pelos, escamas y papilas pueden llegar a ser muy especializados y secretar sustancias complejas de diversa naturaleza. El conjunto de todos los apéndices epidérmicos que cubren la superficie de todos los órganos de la planta representa el instrumento que le confiere características típicas a la superficie donde se representa.

Peridermis

La peridermis es un tejido protector de origen secundario, reemplaza a la epidermis cuando el eje crece en diámetro y se destruye la epidermis. La formación de peridermis es un fenómeno común en tallos y raíces de las Dicotiledóneas y Gimnospermas. Estructuralmente la peridermis consta de 3 partes: el felógeno o cambium súberoso, el súber o corcho, producido por el felógeno hacia el exterior, y la felodermis, tejido parecido al parénquima cortical y constituido por células derivadas del felógeno hacia el interior de la planta. El término peridermis debe distinguirse claramente del

vocablo corteza. Este término se aplica más comúnmente a todos los tejidos que quedan fuera del cambium vascular del eje.

TEJIDOS ADULTOS

Son los que han perdido o mantienen en latencia su capacidad de reproducción. Se clasifican en simples y compuestos.

Simple. Están constituidos por un solo tipo de células: Parénquima, Colénquima y Esclerénquima.

Compuestos. Están constituidos por dos o más tipos de células: Epidermis, Xilema y Floema.

PARENQUIMA

El parénquima es un tejido simple y poco diferenciado que a veces se halla asociado con otras células distintas para formar tejidos complejos. Se encuentra en la corteza y médula del tallo y raíz, en el mesófilo de las hojas y en los tejidos vasculares. El parénquima constituye el llamado tejido fundamental, compuesto por células vivas de morfología y fisiología variables, pero generalmente con membranas delgadas, de forma poliédrica y relacionada con la actividad vegetativa de la planta. Constituye la base o principio de la planta en el sentido de que los meristemas apicales y las células reproductoras son de naturaleza parenquimática, además, las células parenquimáticas intervienen en los fenómenos de cicatrización de heridas y regeneración. Es asiento de las actividades esenciales de la planta, como son la fotosíntesis, respiración, almacenamiento, secreción y excreción. Las células parenquimáticas tienen comúnmente forma poliédrica, sin embargo, muchas clases de células

son más o menos alargadas (células prosenquimáticas). Las células parenquimáticas del mesófilo y de otras partes de la planta pueden presentarse variadamente lobuladas y dobladas.

Origen

El tejido parenquimático del cuerpo primario de la planta, esto es el parénquima del córtex y médula, del mesófilo de las hojas, y de la flor, se diferencia a partir del meristema fundamental. El parénquima asociado con los tejidos vasculares primarios y secundarios es formado por el procambium y el cambium vascular. También se puede originar a partir del felógeno en forma de felodermis.

Disposición de las células

El tejido parenquimático adulto se presenta como tejido compacto o bien está atravesado por un sistema de espacios aéreos. El parénquima de reserva de los órganos o frutos carnosos tienen abundantes espacios intercelulares. El endospermo de la mayoría de las semillas carece de espacios intercelulares o los tiene pequeños. En general, el parénquima clorofílico se caracteriza por tener espacios intercelulares grandes como se observa en los tallos y el mesófilo de las hojas. El parénquima que se desarrolla sin luz, como el de la médula del tallo y de las raíces, tiene también espacios intercelulares más o menos pronunciados.

TIPOS DE PARÉNQUIMA

Parénquima Clorofilico:

Se le denomina también clorénquima debido a su gran contenido de cloroplastos.

Se le debe la realización de la fotosíntesis, es decir, la fijación del carbono usando las radiaciones luminosas.

Está constituido por células vivas, con núcleo, protoplasto, vacuolas y cloroplastos de diferentes formas.

El parénquima clorofiliano más especializado se ubica en el mesófilo de la hoja, porción comprendida entre los dos epidermis. **(Figura 1.21).**

Parénquima reservante: Sus células son capaces de efectuar síntesis y almacenar sustancias alimenticias bajo dos formas: ya sean disueltas en el jugo vacuolar, o ya como sustancias sólidas en el protoplasto. Ejemplo gránulos de almidón, cristaloides de proteínas, grasas, aceites, azúcares y sustancias nitrogenadas. Sus células presentan pequeños espacios intercelulares con una gran vacuola central. **(Figura 1.22).**

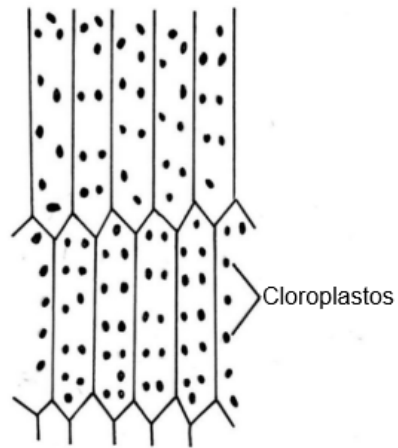


Fig. 1.21 Parénquima Clorofílica

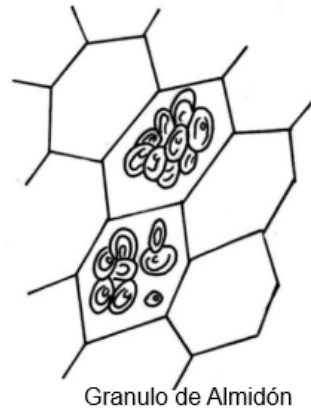


Fig. 1.22 a) Parénquima Reservante

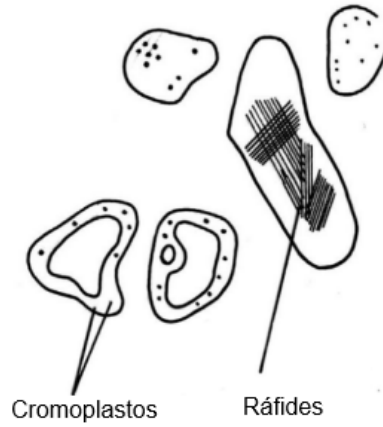
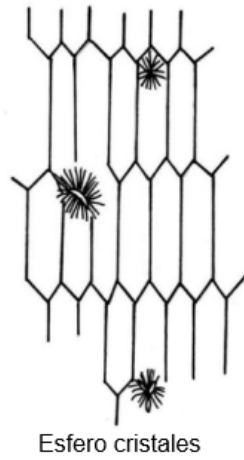


Fig. 1.22 b) Cristales y Rafidio

Parénquima aerífero: Característicos de plantas que crecen en terrenos pantanosos y en el agua. Forma enormes cordones anastomosados de células que rodean grandes espacios llenos de aire. En ocasiones las células tienen forma estrellada y presentan idioblastos (células discordantes dentro de un tejido homogéneo) cuyas paredes están impregnadas de diminutos cristales de oxalato de calcio. **(Figuras 1.23 y 1.24).** El principal papel que se le atribuye a este parénquima es el de la conducción de gases.

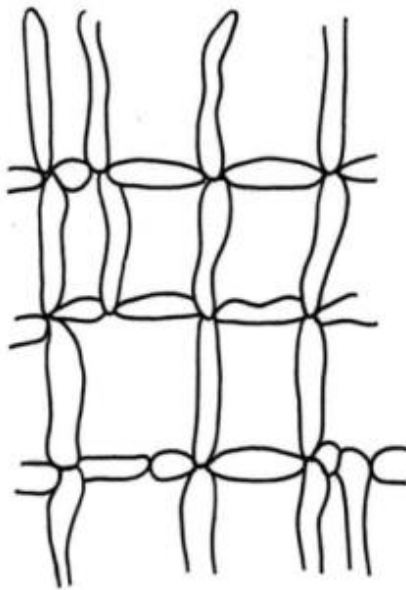


Fig. 1.24 a) Parénquima Acuífero

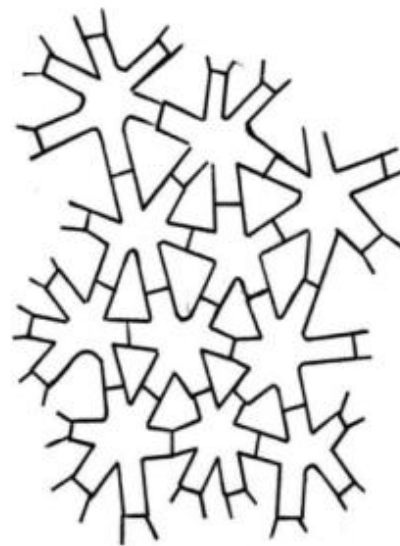


Fig. 1.24 b) Parénquima Acuífero

Parénquima acuífero: Característico de plantas de climas secos (xerófitas). Sus células presentan una capa de citoplasma adherido a la pared celular, núcleo y un gran vacuolo central. Están especializadas en el almacenamiento de agua. **(Figura. 1.25).**

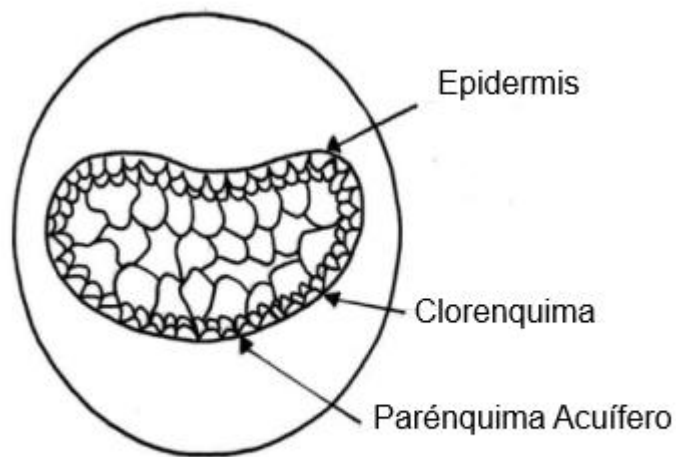


Fig. 1.25 Parénquima Acuífero

Otros tipos:

Parénquima liberiano (acompaña al floema)

Parénquima leñoso (acompaña al xilema).

Espacios intercelulares. En el parénquima se encuentran espacios intercelulares de diferentes tipos:

Esquizógenos: Se forman por la disolución de la lamela media en el que las células se separan y sus paredes no sufren alteraciones.

Lisígenos. Son los que en su formación implica destrucción de grupos celulares.

Esquizòligenos: Son los que se originan por la combinación de procesos de separación y destrucción de células.

Rexígenos: Se forman por ruptura de grupos de células debido a tensiones generadas durante su diferenciación.

COLENQUIMA

Es un tejido compuesto de células más o menos alargadas, con gruesas membranas primarias no lignificadas. Es un tejido simple y su principal función es mecánico o de sostén. En el colénquima se pueden encontrar cloroplastos, posee la capacidad de experimentar cambios reversibles en el espesor de la membrana y reanudar la actividad meristemática. En vista de la semejanza con el parénquima, el colénquima es considerado como una clase de parénquima de membranas gruesas estructuralmente especializado como tejido de sostén.

Características:

- Tejido vivo
- Pared celular primaria engrosada irregularmente, no lignificada.
- Pared formada por celulosa, mucha pectina y hemicelulosas y rica en agua.
- Puede o no haber espacios intercelulares.

- Células de diferentes formas y tamaños; tienden a ser alargadas (hasta 2mm de largo) en vista longitudinal y poligonales en vista transversal.
- Tejido muy flexible, plástico y resistente (hasta 10-12kg/mm²)
- Tiene abundantes campos de puntuaciones primarias.
- Las paredes se engruesan antes que las células alcancen tamaño definitivo.
- El engrosamiento es reversible.
- Pueden lignificarse y transformarse en esclereidas.

Funciones

- Primer tejido de sostén de órganos en crecimiento y órganos adultos herbáceos.
- Puede tener abundante cloroplastos, por lo que puede participar en fotosíntesis, pero no es su función principal.
- Puede revertir a meristemo y dividirse.

Distribución

Inmediatamente subyacente a la epidermis o bajo unas capas de parénquima cortical.

Forma anillos continuos (*Sambucus*) o discontinuos (*Cucurbita*, *Pastinaca*) alrededor de todo el tallo.

En muchas plantas herbáceas (labiadas y ranunculáceas) forma aristas o costillas a lo largo del tallo.

Suelen formar casquetes de protección alrededor de los haces vasculares jóvenes.

TIPOS DE COLÉNQUIMAS

Existen tres tipos básicos de colénquima.

Angular: presentan los espesamientos más importantes en los ángulos donde se reúnen varias células (ejemplo. Ficus, Begonia Solanum, Celeri, Morus y Beta). Faltan casi totalmente los espacios intercelulares.

Laminar: se caracteriza por que el espesamiento se presenta en las membranas tangenciales (ejemplo, Sambucus, Eupatorium, Umbeliferas)

Lagunar: se caracterizan por la presencia de espacios intercelulares, con el desarrollo de espesamientos colenquimáticos sobre las membranas limitantes de estos espacios (ejemplo, aplanada del espesamiento y lagunar a la presencia de espacios (ejemplo, compuestas). La palabra laminar se refiere a la disposición aplanada del espesamiento y lagunar a la presencia de espacios intercelulares.

ESCLERÉNQUIMA

Es un tejido compuesto de células muertas, por lo general con paredes engrosadas uniformemente, a menudo secundarias que pueden estar lignificadas y tener un bajo contenido de agua. Es un tejido mecánico cuyas células proporcionan a los órganos de las plantas resistencia frente a diferentes excesos, tales como los resultantes de estiramientos, torceduras, pesos y presiones, de forma que las células con membranas delgadas no sufran daño alguno.

Las células esclerenquimáticas presentan gran variación en cuanto a forma, estructura, origen y desarrollo, la mayoría de las veces se dividen en fibras y esclereidas.

FIBRAS

Son siempre células alargadas que llegan a alcanzar una longitud considerable. Las fibras se originan a partir de los distintos meristemas. Las fibras del xilema y del floema derivan del procambium o cambium vascular. En algunas especies de plantas de la familia Ciparaceae, las fibras son de origen epidérmico.

Las fibras aparecen dispersas o como cordones o haces; algunas tienen gran importancia en la industria textil, como el lino (*Linum usitatissimum*), el sisal (*Agave sisalana*), el cáñamo de manila (*Musa textil*), algodón (*Gossypium sp*), de tal forma que las fibras tienen especial uso; su longitud varía de pocas micras hasta 30 cm, como es el caso del algodón, pero generalmente su observación es microscópica. Las fibras vegetales se han empleado desde tiempos muy remotos; se sabe que el lino fue cultivado 3000 años antes de J.C. en Europa y Egipto, y lo propio cabe decir respecto al cáñamo en China.

Las fibras se pueden encontrar en los tallos formando parte del periciclo y de la corteza, bien sea como un cilindro continuo o como haces de fibras; es frecuente encontrarlas también como casquetes asociadas a los tejidos vasculares de tallos y hojas, o como células dispersas en estos tejidos.

Se caracterizan por presentar punteaduras simples, a excepción de las fibras y traqueidas del xilema donde son rebordeadas. Durante la diferenciación de algunas fibras y después del desarrollo de la pared secundaria, aparecen paredes transversales delgadas, resultando una fibra septada, estas fibras conservan su citoplasma y están asociadas a funciones de reserva, encontrándose ampliamente distribuidas entre las plantas Dicotiledóneas. Las raíces muestran una distribución de fibras similar a la de los tallos, pudiendo presentarlas tanto en el cuerpo primario como en el secundario.

Clasificación de las fibras

Las fibras se dividen en 2 grandes grupos: fibras del xilema o xilares y fibras de otros tejidos o extraxilares. Las relaciones topográficas y de desarrollo de las fibras del xilema son en general bastante precisas. Se originan a partir de los mismos tejidos meristemáticos que las demás células del xilema y constituyen una parte integral del mismo. Las fibras localizadas en la parte exterior del cilindro vascular, a menudo unidas al floema, se clasifican como fibras pericíclicas.

Sin embargo, en los tallos de la mayoría de las Dicotiledóneas, el floema termina en el córtex y no existe un tejido diferente entre uno y otro que pueda denominarse periciclo en el sentido usual de la palabra. Las fibras extraxilares constituyen a veces un grupo denominado fibras liberianas. Las fibras extraxilares se clasifican como sigue: fibras del floema, originadas en el floema primario, o secundario, (*Cannabis sativa*), fibras corticales, originadas en el córtex (*Zeamays*), fibras perivasculares, localizadas sobre la periferia del cilindro vascular; dentro de la capa más interna del córtex, pero

no aparentemente no originadas por el floema. (*Cucurbita pepo*) las fibras leñosas o xilemáticas tiene un origen común, pero son morfológicamente heterogéneas, presentan formas de tránsito con los elementos traqueales imperforados, las traqueidas, y con las células parenquimáticas. Las fibras leñosas se subdividen en 2 categorías: las fibrotraqueidas y las fibras liberiformes se parecen a las fibras floematicas, de ahí su nombre. (**Figura 1.26**).

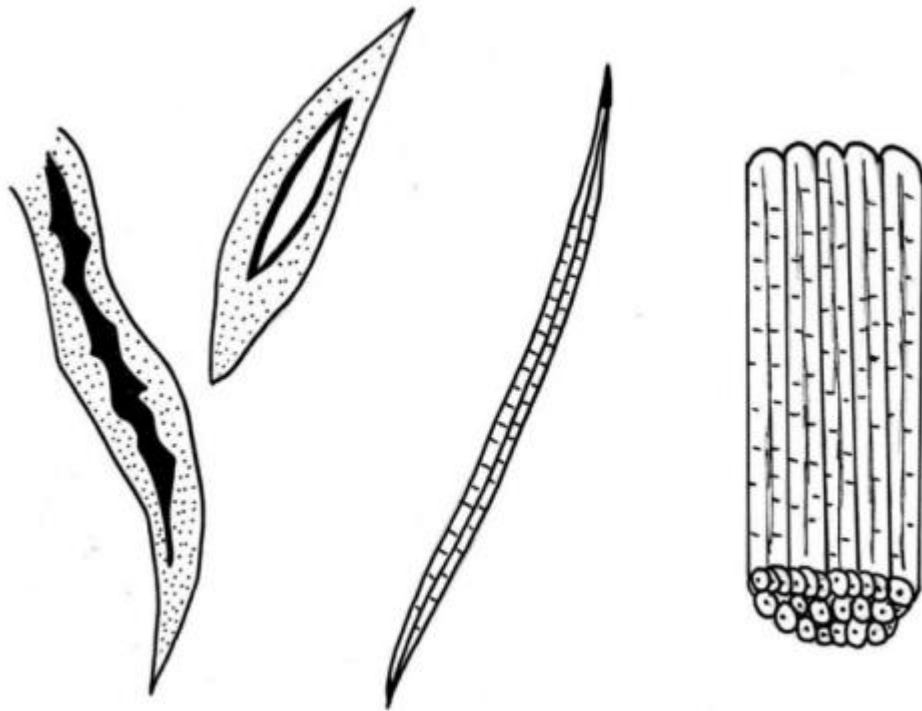


Fig. 1.26 Fibras

Las fibras se clasifican comercialmente en blandas y duras: Blandas (Dicotiledóneas) Ejemplo: Lino- Cáñamo-Yute-Ramio Duras (Monocotiledóneas) Ejemplo: Sisal-Formio-Abaca-Barba de palo.

ESCLEREIDAS

Muestran una morfología, muy variada y se encuentran en distintas partes de la planta, siendo más abundantes en la corteza, en el floema, el córtex, en frutos y semillas. Se presentan solitarias (idioblastos), en grupo de pocas células o en grupos de muchas células. Las esclereidas dispersas contribuyen a dar firmeza a alguna hoja y a la pulpa de los frutos. Cuando están en masas proporcionan dureza y protección mecánica, como en muchas cortezas y cubiertas de frutos y semillas. En las cubiertas de algunas semillas aparecen esclereidas de forma alargada, con extremos truncados y dispuestos en empalizada, llamadas esclereidas columnares o macroesclereidas. Algunas tienen forma parecida a un reloj de arena o a un hueso, ciertas son isodiamétricas, con paredes notablemente engrosadas; las esclereidas muy ramificadas son muy frecuentes en el mesófilo de algunas hojas, particularmente de plantas acuáticas; muchas especies de plantas contienen esclereidas en las hojas.

Las esclereidas se clasifican según su forma en:

Braquiesclereidas

Son células pétreas cortas, isodiamétricas, parecidas a células parenquimáticas en cuanto a la forma, y ampliamente distribuidas en la corteza, floema, médula, tallo y en la pulpa de los frutos. (**Figura 1.27**).

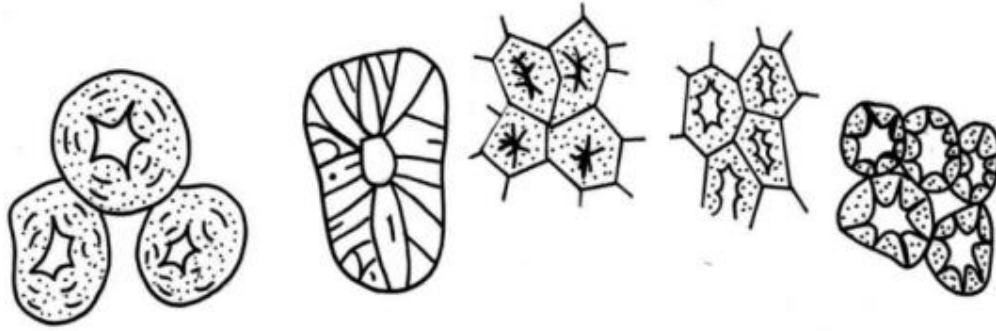


Fig. 1.27 Braquiesclereidas

Osteoesclereidas

Son células en forma de hueso, columnares con los extremos agrandados, se encuentran en las hojas de muchas Dicotiledóneas y cubiertas de semillas. **(Figura. 1.29).**

Astroesclereidas

Son células ramificadas en grado variable que se encuentran a menudo en las hojas de las Dicotiledóneas. **(Figura1.30).**

Tricoesclereidas

Son células de membranas delgadas semejantes a pelos vegetales y con ramas que se extienden a los espacios intercelulares. **(Figura. 1.31).**

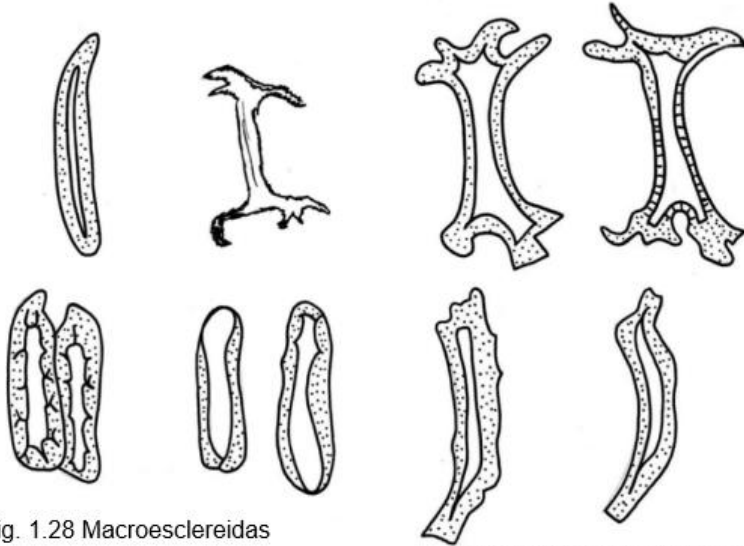


Fig. 1.28 Macroesclereidas

Fig. 1.29 Osteoesclereidas

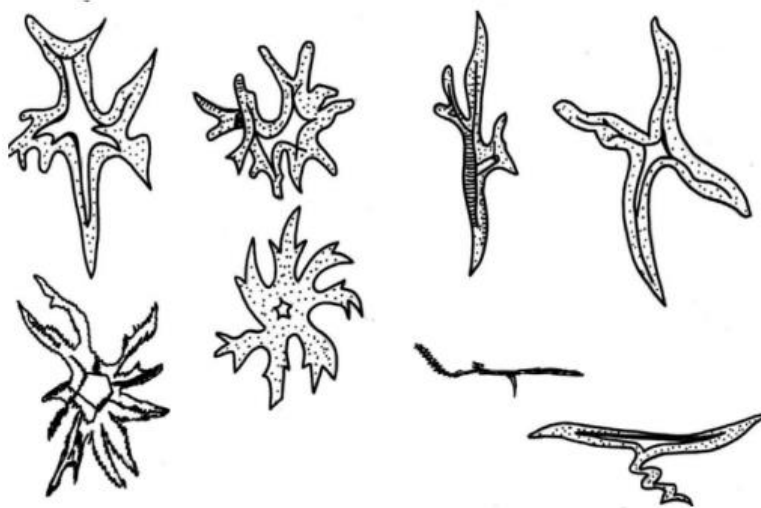


Fig. 1.30 Astroesclereidas

Fig. 1.31 Tricoesclereidas

Esclereidas fusiformes

Son células largas y delgadas semejantes a fibras. Esta clasificación no abarca todas las formas de esclereidas conocidas. No obstante, las formas de las esclereidas pueden ser características de la especie y por lo tanto, tiene valor taxonómico. Las membranas secundarias de las esclereidas varían en espesor y están lignificadas; si las membranas son delgadas, las esclereidas pueden separarse claramente del parénquima esclerótico, si las membranas son gruesas, las esclereidas se pueden distinguir claramente de las células parenquimáticas.

Las esclereidas se originan ya por la esclerosis tardía de ciertas células parenquimáticas, ya directamente a partir de ciertas células que se han individualizado muy pronto como primordios de esclereidas.

TEJIDOS CONDUCTORES

Son los tejidos xilema y floema, estrechamente asociados entre sí y relacionados con el transporte del agua y sustancias orgánicas e inorgánicas.

Estos tejidos son llamados vasculares; muchas plantas pasan su ciclo de vida con solamente el sistema vascular derivado del procambium (xilema y floema primarios), lo cual ocurre, por ejemplo, en casi todas las Pteridofitas y Monocotiledóneas y en muchas Dicotiledóneas. Otras plantas en cambio, aumentan su sistema vascular que adiciona nuevas células (xilema y floema secundarios); esto ocurre en las Gimnospermas y en la mayoría de Dicotiledóneas, y en unas pocas Monocotiledóneas y Pteridofitas.

XILEMA

Es el principal tejido conductor de agua en la planta. El xilema es un tejido complejo que consta de diferentes tipos de células, unas vivas y otras no. Los componentes más característicos son los elementos traqueales conductores de agua; alguno de estos elementos combinan la conducción con la función de sostén. Comúnmente el xilema también contiene elementos de sostén especializados (las fibras) y células vivas parenquimáticas, que desarrollan diversas actividades vitales. El xilema que se diferencia en el cuerpo primario de la planta, se denomina xilema primario, el precursor inmediato de este xilema es el procambium. Si la planta es de tal naturaleza que después de terminar el crecimiento primario forma tejidos secundarios mediante la actividad del cambium, el xilema formado por este meristema se llama xilema secundario.

Xilema primario

Se origina a partir del procambium pudiendo establecerse diferencias estructurales y de desarrollo entre las partes que se forman primero (Protoxilema) y las aparecidas más tarde (Metaxilema). En efecto el Protoxilema presenta pocos elementos traqueales y gran cantidad de células parenquimáticas. Por el contrario el Metaxilema es más complejo y el diámetro de sus orificios es mayor.

Sistema vascular primario

Está representado por el xilema y el floema primarios en la mayoría de los tallos, estos tejidos se encuentran en disposición colateral, con el floema ubicado en la parte externa del cilindro

vascular o de los haces vasculares y el xilema en la parte interna. En la gran mayoría de las raíces y los tallos de algunas Pteridofitas, el xilema y el floema se disponen alternativamente en sentido radial.

El sistema vascular primario se origina a partir del procambium, el cual puede aparecer como cordones separados o como cilindros sólidos o huecos, predeterminado así la futura disposición de los tejidos vasculares.

Dentro de estos cordones o cilindros procambiales se diferencian (maduran) los tejidos primarios, siendo el floema el primero en madurar seguido pronto por el xilema. Para ambos tejidos se puede hacer distinción entre los elementos que maduran primero, antes de que el órgano haya terminado de crecer, y los que maduran de último, luego de que el órgano se ha alargado. Los primeros se llaman Protofloema y Metaxilema; la maduración en sentido radial del floema y del xilema respecto al centro del órgano, puede ser centrípeta o centrífuga. El floema se diferencia centrípetamente en la gran mayoría de los casos. El xilema puede diferenciarse centrípetamente, centrífugamente o bien en ambas direcciones a la vez lo que determinó que se reconocieran 3 tipo de xilema como son: exarco, endarco, mesarco.

Xilema exarco

Cuando la diferenciación es centrípeta, es decir, hacia el centro del órgano. Por lo tanto, los elementos más viejos (Protoxilema) se encuentran hacia el exterior y los más jóvenes (Metaxilema) hacia el interior. Este patrón se considera el más primitivo y es característico de las raíces de todas las plantas vasculares y también de los tallos de muchas Pteridofitas.

Xilema endarco

Cuando la diferenciación es centrífuga, quedando el Protoxilema hacia el interior y el Metaxilema hacia el exterior. El patrón endarco es propio del xilema de los tallos de los Espermatofitos y de unos pocos Pteridofitos.

Xilema mesarco

La diferenciación ocurre tanto centrípeto como centrífugamente y en consecuencia, el Protoxilema queda en el centro y el Metaxilema alrededor o a los lados. Aparece en los tallos de algunos Pteridofitas.

ELEMENTOS DEL XILEMA

El xilema está constituido por elementos traqueales: (vasos y traqueidas), fibras y células parenquimáticas.

Vasos

Cada vaso (esto es, una serie de miembros de vasos unidos unos a otros por sus extremos) tienen una longitud limitada, y vasos de una serie están unidos entre sí por membranas imperforadas igual que las traqueidas.

El agua y las soluciones acuosas pasan a través de estas membranas; la exacta longitud de los vasos es difícil determinar, algunas observaciones indican que los vasos individuales pueden tener de 60-450 cm. de longitud; los miembros de los vasos están perforados en ciertas áreas de contacto con otros miembros, de este modo los miembros de los vasos se unen unos con otros formando

largos tubos continuos (Los vasos). La savia puede circular libremente de un elemento a otro a través de estas perforaciones. Las perforaciones de los miembros de los vasos se representan generalmente en las membranas de los extremos, pero también pueden presentarse en las laterales; las membranas secundarias de los elementos de los vasos adoptan una gran variedad de formas como los espesamientos anulares, helicoidales, escaleriformes, reticulados y punteados. Varían en los diferentes tipos de plantas y no siempre los tipos se hallan presentes en un ejemplo determinado. **(Figura 1.32.a)**

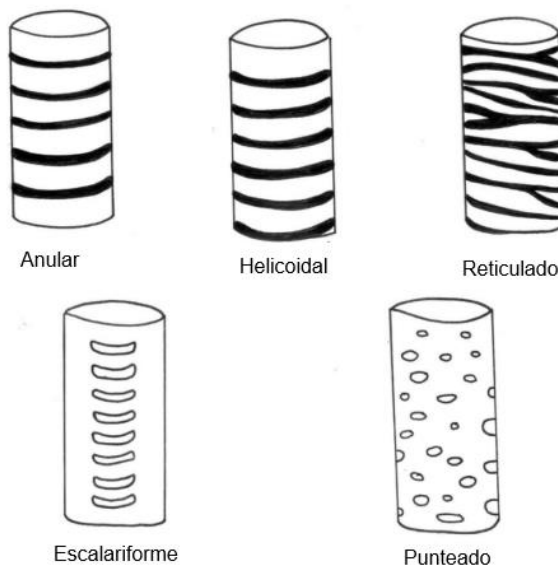


Fig. 1.32 a) Espesamientos de los Vasos

Traqueidas

Las traqueidas son más primitivas que los miembros de los vasos. Son la única clase de los elementos hallados en las plantas con semillas fósiles (Pteridospermas) y en la mayoría de las plantas vasculares inferiores actuales y en Gimnospermas. Las traqueidas son células largas con extremos oblicuos en las que se presentan

punteaduras rebordeadas, cuya membrana de cierre está atravesada por poros diminutos. Su principal función es conductora pero interviene también en el soporte mecánico. **(Figura 1.32.b).**

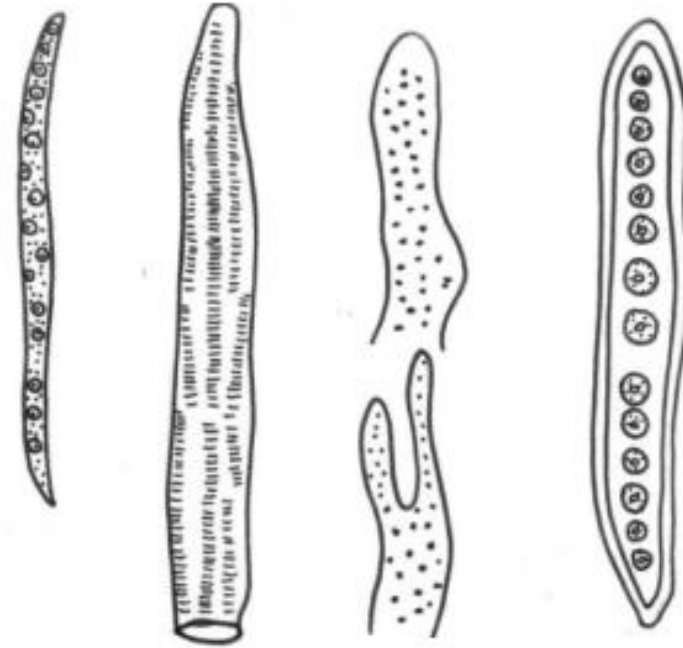


Fig. 132 b) Traqueidas

FLOEMA

Sus células son de pared delgada, con membranas divisorias perforadas de manera de criba, razón por la cual se les llama tubos cribosos. El floema o líber es el tejido conductor de carbohidratos, producidos por la fotosíntesis, hacia las partes subterráneas y heterotróficas, como hojas en desarrollo, frutos y flores. Al igual que el xilema, el floema está constituido por diferentes tipos de células:

células cribosas, miembros de los tubos cribosos, células esclerenquimáticas, células parenquimáticas y células anexas.

ELEMENTOS CONDUCTORES DEL FLOEMA

Los elementos conductores se caracterizan por carecer de núcleo y por presentar perforaciones en las paredes a través de las cuales se comunican los protoplastos de células adyacentes. Las áreas de la pared donde se encuentran las perforaciones o poros se conocen como áreas cribosas y según el tamaño de los poros y la ubicación de estos en las paredes, se distinguen:

- a. Las células cribosas con áreas cribosas poco especializadas situadas en toda su superficie.
- b. Los miembros de los tubos cribosos con áreas cribosas altamente especializadas en las paredes laterales. Las áreas cribosas mas especializadas se denominan placas cribosas y pueden ser: compuestas, es decir una agrupación de áreas (presentes principalmente en paredes terminales oblicuas); o simples (presentes en paredes terminales transversales). La placa cribosa simple se considera la mas evolucionada porque presenta poros de gran diámetro.

Otro carácter que diferencia las células cribosas de los miembros de los tubos cribosos, es que en estos últimos se observa que se conectan uno al otro por las paredes que llevan la placa cribosa, formando filas verticales continuas llamados tubos cribosos. Las células cribosas en cambio no forman filas continuas; las áreas cribosaslaterales permiten la comunicación en sentido radial, con elementos cribosos contiguos o con células parenquimáticas. Las

Pteridofitas y Gimnospermas solo presentan células cribosas; las Angiospermas solamente miembros de los tubos cribosos. Las células cribosas y los tubos cribosos siempre están dispuestos en sentido vertical, tanto en el floema primario como en el secundario. Los miembros de los tubos cribosos se encuentran asociados con una o más células acompañantes; en el floema al igual que en xilema, también están presentes las células de transferencia, correspondiendo a células acompañantes o a células parenquimáticas no asociadas ontogenéticamente a los tubos cribosos. Dichas células tienen probablemente un papel importante en el transporte de sustancias.

Además de estos elementos celulares, en el floema pueden encontrarse células esclerenquimáticas tales como fibras y esclereidas. Las fibras presentan siempre punteaduras simples y sus paredes frecuentemente lignificadas.

Estos elementos son importantes en el soporte y algunas veces en el almacenamiento de sustancias de reserva. Las células parenquimáticas del sistema horizontal funcionan también en la conducción radial, ya que constituyen los radios vasculares que son continuos con los del xilema.

TEJIDOS SECRETORES

En las plantas, los productos del metabolismo no son eliminados en forma de excremento, tal como sucede en los animales, sino que son depositados en sus células.

En muchas células la función de secreción se desarrolla ampliamente, razón por la cual, el conjunto de ellas, formando los llamados tejidos secretores y el tejido glandular.

Entendemos por tejido secretor o excretor a aquel que invierte el producto final del metabolismo en el lumen de la célula, y por tejido glandular aquel que lo hace al exterior del cuerpo de la planta o en los espacios intercelulares.

La ubicación del tejido secretor, en el cuerpo de la planta, no es precisa, sino que se presenta distribuido en gran parte de su cuerpo. Los productos vertidos ocupan el lumen celular por completo y vale mencionar mucílagos, resinas, esencias, taninos, alcaloides. Las células que lo integran, por lo común, son simples isodiamétricas o tubulares.

Alguna de ellas puede reunirse compactadamente o formar canales, estructurándose así los sacos y canales secretores; estos pueden formarse por lisis, es decir, por destrucción de células, llamándose entonces canales o bolsas secretoras lisígenas, o en su defecto se pueden originar por separación celular, pasando a recibir el nombre de canales o bolsas secretoras esquizógenas.

Las células que limitan esas cavidades vierten su contenido en las bolsas o en los canales; ejemplo bolsas oleíferas de las mirtáceas, los canales resiníferos de la coníferas, cavidades contentivas de esencias de las cítricas, etc.

En cuanto a los canales laticíferos, podemos decir que los hay de dos tipos: apocíticos y simplásticos. Los apocíticos son muy ramificados y en ningún momento llegan a unir sus ramas; en sección transversal presentan forma redondeada, y membrana celulósica, la cual envuelve una capa parietal, viva de plasma que contiene gran número de núcleos.

Los laticíferos apocíticos o continuos, son comunes en las Euforbiáceas, Moráceas, Apocináceas y Asclepiadáceas.

Los canales laticíferos simplásticos o articulados, son muy semejantes a los anteriores, pero difieren de ellos en que se originan por fusión celular, partiendo de células continuas y también se unen formando un retículo. Es muy común en las Campanuláceas y algunas Euforbiáceas.

Todos los laticíferos contienen un líquido de aspecto lechoso, que corresponde al jugo celular, y muy raramente de otro color, llamado látex. **(Figuras 1.33 y 1.34).**

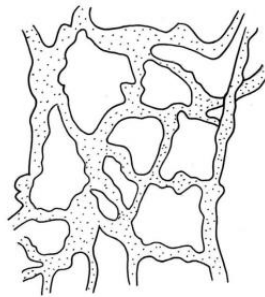


Fig.1.33 Canal Apocítico

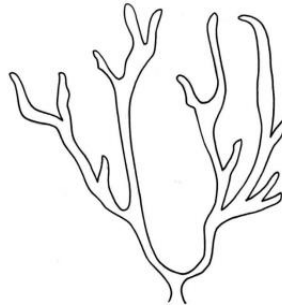


Fig.1.34 Canal Simplástico

ESTRUCTURAS SECRETORAS

Las células vegetales producen muchas sustancias que son subproductos del metabolismo. Las estructuras relacionadas con la secreción varían ampliamente en su grado de especialización y en su localización en la planta. Algunas son de posición externa, otras internas, algunas son simples pelos glandulares, otros son glándulas pluricelulares vascularizadas y otros conductos intercelulares o

cavidades. Las células que se alargan indefinidamente o las fusiones complejas de células representadas por los laticíferos también están entre las estructuras secretoras debido a que son notables por su contenido de excreciones y secreciones.

Tricomas y glandulas

La superficie de la planta tiene muchas formas de estructuras secretoras, alguna de origen epidérmico, otras incluyen derivados de la epidermis y de células más profundas. En algunas hojas, flores y áreas más o menos grandes de la epidermis son glandulares, la epidermis glandular cubre emergencias tales como ciertos pelos hirsutos (ejemplo. *Nerium*), o en las células epidérmicas dan origen a tricomas o pelos de diverso grado de complejidad, los pelos pueden ser biseriados, pelos provistos de una cabeza unicelular o pluricelular (pelos capitados) sobre un estrecho pedúnculo, formado a menudo por una serie de células, escamas o pelos peltados.

El desarrollo de tricomas desde la epidermis es resultado del alargamiento diferencial y de la división subsiguiente de las células epidérmicas. Las estructuras secretoras más complejas pueden llamarse glándulas; muchos tricomas y glándulas excretan terpenos, los nectarios florales producen líquidos azucarados, las plantas de habitat salino pueden excretar sales a través de sus estructuras glandulares, los hidátodos en forma de tricoma liberan agua, especialmente en la hoja, luego pueden absorber agua, las glándulas de las plantas insectívoras excretan néctar, mucílagos o jugos digestivos.

Nectararios

Los nectararios se encuentran en las flores (nectarios florales) y en las partes vegetativas (nectarios extraflorales). Su forma varía desde superficies glandulares o glándulas vasculares especializadas, los nectarios extraflorales se encuentran en tallos, hojas, estípulas y pedúnculos de las flores. En las flores de las Dicotiledóneas el néctar puede ser segregado por las partes basales de los estambres o por un nectario anular situado por debajo de los estambres como se puede observar en las familias Cariofiláceae, Polygonáceae, Quenopodiáceae) y el nectario puede consistir en un disco situado en la base del ovario (familias: Teáceae, Ericáceae, Solanáceae). En las Tiliales los nectarios constan de pelos glandulares pluricelulares muy apretados formando una especie de almohadilla frecuentemente presente en los sépalos. En la Rosáceae periginas el nectario está localizado entre el ovario y los estambres. En las flores epíginas de las Umbelíferas el nectario se encuentra en la parte superior del ovario. En las compuestas es una estructura tubular situada en el ápice del ovario, rodeando la base del estilo. En la mayoría de los géneros de plantas entomófilas de los órdenes Laminales, Berberidales, Ranunculares; los nectarios son estambres modificados o estaminodios. En las Monocotiledóneas los nectarios se presentan frecuentemente en los septos de los ovarios.

Hidátodos

Son estructuras que expelen agua desde el interior de la hoja a su superficie, proceso denominado gutación. El agua contiene diversas sales, azúcares y otras sustancias orgánicas. Cada hidatodo presenta un poro o más de uno.

Osmóforos

El olor de las flores normalmente es producido por sustancias volátiles, aceites esenciales principalmente, distribuidas por la epidermis del periantio. No obstante el olor de algunas plantas se origina en glándulas especiales llamadas osmóforos por Vogel (1962), ejemplos se encuentran en familias Asclepadiaceae, Aristoloquiaceae, Burmaniaceae, Orchidaceae. Diversas partes florales pueden diferenciarse como osmóforos y pueden tomar forma de lengüeta, cilios o cepillo. La prolongación de los espádices de las Aecáceas y el tejido que atrae a los insectos en las flores de las Orquídeas son también osmóforos.

Células y cavidades secretoras

Las células secretoras están más o menos bien diferenciadas de las células del parénquima fundamental y contiene diversas sustancias; bálsamos, resinas, aceites, taninos, mucílagos, gomas, etc., se denominan idioblastos secretores y difieren considerablemente de las células vecinas entre las cuales se encuentran dispersas. Las células más comunes son las oluíferas que excretan sustancias oleosas, otros idioblastos son células cristalíferas. Los espacios secretores en forma de cavidades o canales se han formado por esquizogénesis o por lisigénesis los espacios están rodeados por células más o menos desintegradas, cuya descomposición conduce a la formación de este espacio, se pueden encontrar en cualquier parte de la planta.

Los laticíferos son células o series de células unidas que contienen un líquido llamado látex y forman sistemas que atraviesan distintos tejidos del cuerpo de la planta. El látex es un tejido complejo constituido por diversas sustancias en solución y suspensión., de

color variable y de gran importancia especialmente económica. **(Figura 1.35).**

Las células secretoras

Son unas células aisladas o en grupos, que producen y acumulan las sustancias de desecho. Ejemplo. Células con cistolitos (depósito de oxalato de calcio **(Figura 1.36)** y bolsas secretoras que se localizan en naranja o limón y que constituyen cavidades llenas de un producto segregado por las células que la rodean. **(Figura 1.37).**

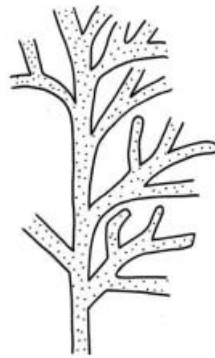


Fig. 1.35 Canal Leticífero



Fig. 1.36 Cistolito

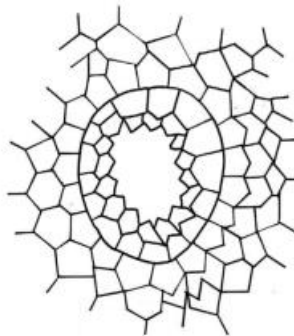


Fig. 1.37 Bolsa Secretora

Raíz

La raíz es la parte del vegetal que, por lo común, al crecer se orienta hacia la parte interna de la tierra (posee geotropismo positivo) y se origina de la radícula en el hipocótilo del embrión.

Normalmente carecen de nudos o yemas, pero en algunos casos como el manzano o el ciruelo pueden producir yemas si llegan a sufrir heridas.

Homocaulía: Es un fenómeno en el que ocurren formación de yemas a partir de la raíz.

Se conocen 3 formas:

Derivada: Cuando ocurre una atrofia de la plúmula y se originan vástagos a partir de la raíz.

Suplementaria natural: Cuando la plúmula no se atrofia y se producen yemas en raíces plagiotropas.

Suplementaria accidental: Es producida por agentes externos como el fuego o el ramoneo.

TIPOS DE SISTEMAS

Alorrizos

Son aquellos en el que el sistema de raíces que la constituye morfológicamente son diferentes entre sí.

Ejemplo: La raíz principal es más larga y gruesa que las raíces que de ella se derivan, las cuales son las más delgadas y de menor longitud.

Característica del sistema Alorrizo

No son mejoradores, física, ni mecánica de los suelos.

Las raíces axonomorfas y las napiformes forman un sistema alorrizo. Se hace presente en Dicotiledóneas y en Gimnospermas.

Tienen como característica, su origen, que es a partir de la radícula embrional, formando luego un sistema ramificado, donde predomina la raíz principal.

Homorrizos

Son aquellos en que el sistema de raíces que la constituyen morfológicamente son todas de la misma longitud cuando la raíz es adulta. Característica del sistema homorrizo. Son mejoradores, físico y mecánico de la estructura del suelo. Las raíces fibrosas y fasciculadas forman un sistema homorrizo. Se hace presente en Monocotiledóneas y Helechos. Tienen como característica, la pérdida

de la raíz principal a medida que avanza su crecimiento y es sustituida por un sistema de ramificación que proviene del tallo. Ejemplo: El maíz.

Heterorrizos

Son aquellos sistemas en el cual pueden distinguirse en una misma planta Dicotiledónea, dos tipos de raíces diferenciadas morfológica e histológicamente en consonancia con sus funciones. Ejemplo: en una planta podemos encontrar raíces fijadoras que constituyen el sostén de la planta y raíces nutritivas que desempeñan funciones de absorción del H_2O y sales disueltas en ella. Se hace presente en Dicotiledóneas. Tiene como característica, la diferenciación de dos tipos de raíces, que se diferencian morfológica e histológicamente. Una cumple con la función de sostén y la otra es adventicia.

TIPOS DE RAÍCES

Por su origen:

1. **Primarias.** Se forman a partir del desarrollo de la radícula del embrión.
2. **Secundarias.** Constituyen cualquiera de las ramificaciones que se presentan en las raíces primarias.
3. **Caulinares.** Son aquellas que surgen del tallo de la planta
4. **Adventicias.** Son las que no se derivan de la radícula del embrión.

Por su consistencia:

1. **Blandas**. Cuando no posee tejidos lignificados.
2. **Leñosas**. Es la que presenta tejidos lignificados.

Por su duración:

1. **Anuales**. Duran 1 año- Maíz-Trigo
2. **Bienales**. Duran 2 años-Zanahoria-Remolacha.
3. **Perennes**. Viven muchos años- Aguacate-Naranja

Por su hábitat:

1. **Acuáticas**. Cuando se desarrollan en el agua.
2. **Terrestres**. Cuando se desarrollan en el interior del suelo.
3. **Aéreas, epifitas**. Cuando permanecen parte o toda su longitud expuesta al aire.

Por su forma:

1. **Axonormorfos o Pivotantes**. Cuando presentan una raíz principal bien diferenciada larga y gruesa que crece más rápidamente que las secundarias.
2. **Fasciculadas o Fibrosas**. Cuando las raíces laterales predominan sobre la primaria, sin un eje principal y se forma un manojo de raíces del mismo grosor.

3. **Tuberosas.** Son raíces engrosadas por el almacenamiento de sustancias pudiendo ser axonomorfas como la zanahoria o yuca. (**Figura 1.38**).

Funciones de la raíz:

- a. Absorción y conducción de sustancias
- b. Sostén y fijación de la planta.
- c. Almacenamiento de sustancias
- d. Reproducción vegetativa en algunas especies.

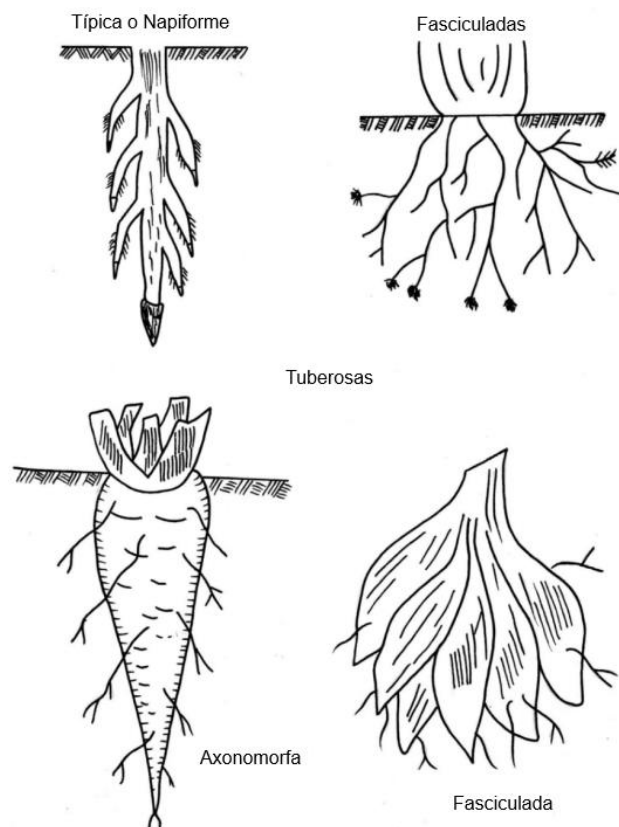


Fig. 1.38 Tipos de raíces

Zonas de la raíz

- a. **Cuello.** Sitio en el cual se fusionan la raíz y el tallo.
- b. **Zona suprapilifera.** Constituye la parte más vieja de la raíz y en plantas leñosas se cubre de súber perdiendo su capacidad de absorción de sustancias.
- c. **Zona pilifera.** Es el sitio donde se produce la absorción del agua y de materiales nutritivos. En dicha zona se produce el alargamiento de las células epidérmicas para originar los pelos absorbentes. Ellos poseen una vacuola que ocupa casi toda la célula y un núcleo ubicado casi siempre en el extremo de la prolongación, posee una pared de celulosa y sustancias pépticas siendo de vida corta ya que una vez cumplida su misión se agotan y desprenden. Las plantas acuáticas no poseen pelos absorbentes o los poseen pero poco desarrollados.
- d. **Meristemo apical.** Es la porción ubicada en el extremo inferior subterminal de la raíz, estando constituida por células meristemáticas encargadas de originar permanentemente otras células que permitan el crecimiento en longitud de la raíz. En estas células resultantes de la división mitótica se produce un alargamiento que constituye la zona elongación. Finalmente debido a cambios físicos y químicos entran a formar parte de los tejidos definitivos de la raíz. En la zona donde se produce este fenómeno constituye la llamada zona de diferenciación

- e. **Cofia.** Se denomina también caliptra o piloriza; se localiza en el extremo final de las raíces principales y secundarias. Se forma de células producidas en el caliptrógeno, en las Gramíneas y la mayor parte de la Monocotiledóneas. En algunas Dicotiledóneas y Gimnospermas no existe el caliptrógeno, sino un conjunto de células embrionales del dermatógeno, cuya capa exterior se convierte en caliptra. A medida que la raíz de profundidad en la tierra, las células mas externas de la cofia se desprenden siendo reemplazadas por otras nuevas. La cofia controla el movimiento geotrópico de la raíz (**Figura. 1.39**).

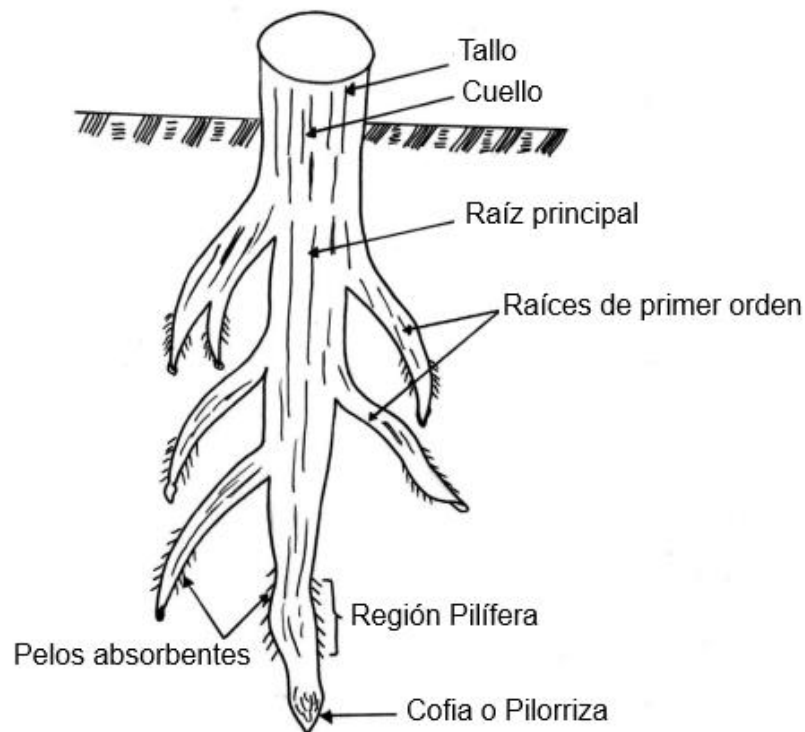


Fig. 1.39 Zonas de la raíz

Crecimiento de la raíz

El crecimiento, en cualquier sentido, es el proceso de la actividad meristemática de una o de varias células que por poseer ese carácter embrional están en capacidad de dividirse y originar nuevas células. En la raíz, la zona meristemática se ubica en el ápice, protegida por la cofia. Existe solo una célula inicial en casi todos los helechos y por lo menos tres en los antófilos o plantas con flores.

En estas últimas las tres células iniciales dan origen a las siguientes zonas:

1^a. Célula inicial..... dermatógeno

2^a. Célula inicial..... periblema

3^a. Célula inicial....pleroma

Estructura primaria de la raíz

Las células de las zonas indicadas, dermatógeno periblema y pleroma, al terminar de diferenciarse originan los siguientes tejidos adultos:

Dermatógeno.... rizodermis

Periblema..... corteza y endodermis

Pleroma..... cilindro central... periciclo, xilema, floema y médula.

ANATOMÍA PRIMARIA

La estructura interna de la raíz es más sencilla que la del tallo debido a la ausencia de hojas, nudos y entrenudos. En una raíz en crecimiento primario se encuentran:

Rizodermis o epidermis: Está formada por un estrato de células estrechamente unidas, carente de cutícula que se origina por diferenciación del tejido meristemático primario denominado protodermis. Su función es la de proteger los órganos internos y la de absorber sustancias por los pelos absorbentes, los cuales son células epidérmicas alargadas. En las raíces de las orquídeas y aráceas epifitas, la protodermis se divide en dirección periclinal y genera el velamen, constituyendo una epidermis pluriestratificada formada por células muertas con paredes secundarias engrosadas.

Córtex: Está constituida por capas de células redondeadas y de paredes finas, originadas por la diferenciación de las células del meristemo fundamental.

La corteza comprende:

Exodermis: Está constituida por células vivas con paredes súberificadas siendo su función la de proteger las raíces adultas que no presentan crecimiento secundario.

Parénquima: Constituye la mayor parte del córtex y sus células son largas con paredes delgadas dejando espacios intercelulares y almacenan sustancias en los leucoplastos. En este tejido pueden evidenciarse adaptaciones de las raíces a diferentes ambientes, por ejemplo, en las raíces epifitas tienen cloroplastos y en ciertas oportunidades pueden desarrollar colénquima, en las raíces acuáticas tienen aerénquima y en raíces de xerófitas está formada por capas celulares permitiendo que el agua llegue más rápidamente al cilindro central.

Endodermis: Constituye la última capa cortical la cual recubre al cilindro central estando formada por células vivas, con citoplasma parietal y una gran vacuola central, uniéndose sin dejar espacios. Las características de la pared de la célula endodérmica varía de acuerdo a la región de la raíz. Las que se localizan a nivel de la zona de absorción tienen pared primaria presentando en las paredes radiales y transversales una estructura denominada banda de Caspary, la cual está impregnada, por sustancias impermeables al agua y solo está presente en células jóvenes o que en estado adulto no forman paredes secundarias. En el estadio secundario de desarrollo se forma sobre la pared primaria una lámina de súberina. El tejido corresponde a la zona en que la absorción es mínima debido a la muerte de los pelos radicales y en el estadio terciario de desarrollo las células endodérmicas tienen paredes secundarias no habiendo absorción del agua. La banda de Caspary impide el movimiento en dirección radial de agua y solutos, a través de las paredes de las células de la endodermis. La banda de Caspary es impermeable al agua ejerciendo una barrera fisiológica y hace que la corriente de agua transportada por la vía apoplasto, sea controlada selectivamente por la membrana plasmática de las células endodérmicas, por ende, la banda cambia la corriente de agua de la vía apoplasto, a la vía simplasto. Algunas células endodérmicas permanecen con paredes delgadas en estado adulto (terciario de desarrollo) localizándose frente al xilema recibiendo el nombre de las células de paso.

Estela: Corresponde al cilindro central del cuerpo primario de la raíz, originándose por la diferenciación de las células del procambium, estando formada por los siguientes tejidos.

- 1) **Periciclo.** Generalmente es uniestratificado constituido por células vivas de paredes delgadas que por su bajo nivel de especialización pueden dividirse para originar raíces laterales. Si la planta tiene crecimiento secundario el periciclo genera felógeno y una porción del cambium vascular.
- 2) **Tejidos conductores.** Están constituidos por el xilema y el floema. El xilema adopta la forma radiada, sus células son alargadas, con paredes lignificadas y conducen el agua y las sustancias inorgánicas.

De acuerdo al número de brazos o de cordones xilemáticos la raíz se clasifica en:

Monarca- posee un solo cordón xilemático.

Diarca. Posee dos cordones.

Triarca. Posee tres cordones.

Tetrarca. Posee cuatro cordones.

Poliarca. Posee muchos cordones.

Generalmente las raíces de las Dicotiledóneas poseen pocos brazos de xilema (hasta cinco) mientras que las de la Monocotiledóneas son poliarcas.

La maduración del xilema ocurre de fuera hacia adentro (sentido centrípeto, por lo que se le denomina xilema exarco).

El floema se localiza entre cada dos brazos xilemáticos y por el circula preferentemente las sustancias orgánicas. El cambium vascular ubicado entre la xilema y el floema es un tejido meristemático de varias células de espesor, de paredes delgadas, las cuales bordean la xilema y lo separan del floema.

- 3) **Médula.** En las Monocotiledóneas y en algunas Dicotiledóneas existe médula en posición central. Está constituida por células parenquimáticas encargadas de almacenar sustancias nutritivas. En algunos casos se esclerifica.

Formación de una raíz lateral.

Se inicia con la división periciclinal de las células de periciclo localizadas generalmente frente a los brazos del xilema primario. Posteriormente se producen divisiones anticlinales que dan origen al primordio de la raíz lateral. Este crece, y atraviesa: endodermis, parénquima cortical, exodermis, epidermis y sale al exterior como una raíz joven. Existe una relación entre el origen de las raíces laterales y los sitios que ocupan xilema y floema en la raíz madre. En algunas especies las raíces laterales se forman frente al xilema o entre xilema y floema. En otras especies (Ciperáceae- Poáceae) las raíces laterales se forman frente a los cordones de floema.

ESTRUCTURA SECUNDARIA DE LA RAÍZ

Las Gimnospermas y las Dicotiledóneas, engrosan debido a la acción de dos tejidos meristemáticos secundarios: el felógeno y el cambium vascular. El felógeno situado en la corteza, forma anillos

concéntricos originando súber hacia afuera y felodermis hacia adentro. Se origina inicialmente por la desdiferenciación de las células externas del periciclo y posteriormente a partir del floema más antiguo. El cambium se forma una vez que haya terminado la diferenciación de los elementos primarios a partir del procambium y del periciclo. Debido a divisiones celulares y a la diferenciación de la célula del cambium hacia el interior de la raíz se forma xilema secundario hasta completar un círculo con el xilema primario y hacia el exterior se forma floema secundario que desplaza al floema primario.

Las divisiones del cambium que producen tejidos conductores secundarios se llevan a cabo en dirección periclinal, siendo denominadas divisiones aditivas, mientras los que producen nuevas células del cambium se realizan en dirección anticlinal y se denominan divisiones multiplicativas.

Peridermis

Remplaza la epidermis en plantas leñosas y se efectúa después de la iniciación del cambium vascular. En ellas las células del periciclo se dividen periclinalmente y originan el felógeno, cuyas divisiones producen súber con lenticelas hacia el exterior de la raíz y una cantidad mucho menor de felodermis hacia el interior. El felógeno radical tiene larga vida y no se forman varias capas de peridermis, como sucede en los tallos. El aumento en diámetro de la raíz, debido a la acción de floema y xilema secundario y de peridermis presiona al córtex. Como el córtex está integrado por tejidos adultos, sus células no se dividen y no puede adaptarse al crecimiento en grosor y en

consecuencia se exfolia y se pierde completamente en raíces de arbustos y árboles.

ADAPTACIONES DE LA RAÍZ

Raíces Tuberosas: Se forman a menudo por engrosamiento de la raíz principal y se les denomina entonces raíces napiformes. Junto con la raíz, la parte inferior del tallo (hipocótilo) participa de una forma más o menos importante en la formación de las raíces napiformes. A menudo las raíces adventicias se transforman en órganos de reserva, pierde su forma de raíces y se transforma en tubérculos. Cuando estos tubérculos se forman a partir de raíces ramificadas, también ellos están ramificados. Como estos órganos debido a su hipertrofia, no pueden llevar a cabo su función primitiva, las plantas desarrollan otras raíces nutritivas ramificadas de morfología normal.

Raíces Respiratorias: Se encuentran en las plantas de los manglares, en zonas de costas tropicales recubiertas por las mareas. El suelo es limoso. Muy pobre de O₂, y estos árboles desarrollan un sistema radical que se hunde poco en profundidad. Las raíces horizontales emiten numerosas raíces secundarias fuertemente lignificadas, que pueden tener 1,50 mm de longitud y que a la inversa de las demás raíces crecen erectas hasta la superficie del agua.

Tiene poros que le permite absorber el O₂, el cual es transmitido por medio de un tejido aerífero a las zonas más profundas del sistema radical. Las raíces respiratorias desempeñan una segunda función: son las que tienen mayor parte de las finas raíces absorbentes. Estas se extienden justamente debajo de la superficie del suelo.

Raíces Aéreas: Existen sobre todo en las plantas trepadoras y los epifitos (estas últimas se fijan sobre otras plantas); existen muchas variedades tropicales. Ejemplo. *Tillandsia* especie que se fija incluso en los hilos telegráficos. *Philodendrón* emite una o varias raíces aéreas que permiten en cada nudo, opuesto a las hojas, no posee órganos caulinareos y tienen cofia.

Raíces Zancos: Pueden ser incluidas dentro de las raíces aéreas y se encuentran en las plantas de los manglares, particularidad en las especies arborecentes, que al crecer en un suelo húmedo, tienen necesidad de un sostén eficaz; así los árboles del género *Rhizophora* tienen raíces aéreas que actúan a modo de arbotantes.

Raíces en zarcillos: Nacen sobre el tallo de las plantas trepadoras. *Vanilla planifolia*. (Orquídea de los trópicos). La *Vanilla*, emite zarcillos, por lo general, uno solo por nudo. Estos zarcillos reaccionan al contacto, enrollándose sobre ellos mismos y uniéndose al primer soporte que encuentran, permitiéndose así la fijación de la planta.

Raíces Espinosas: Se las puede encontrar en ciertas palmeras y en los epifitos, también en este caso se trata de raíces adventicias.

Raíces Moniliformes: Presentan regiones abultadas y en algunos casos filamentosas a manera de collar.

Neumatóforos: Son raíces que presentan geotropismo negativo y sobresalen del suelo fangoso en el cual se encuentra el resto del sistema radical, aportando aire a través de lenticelas. (**Figura.1.40**).



Fig. 1.40 Neumatófosos

Columnares: Se desarrollan en las ramas de la planta creciendo verticalmente hacia el suelo a manera de una columna. (**Figura. 1.41).**

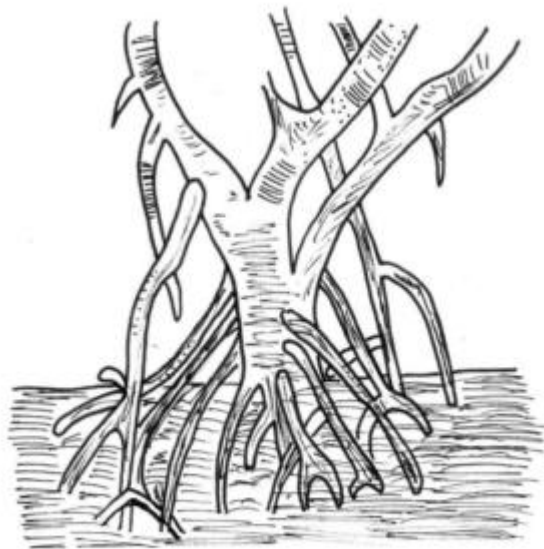


Fig. 1.41 Columnares

Tubulares: Son raíces aplanadas, unidas a la base del tronco, alcanzando hasta 2 m de alto.

Haustorios: Se localizan en plantas parásitas y hemiparásitas y son raíces modificadas en órganos chupadores, los cuales establecen contacto con los tejidos del hospedante tomando sus nutrientes.

Adaptaciones de la raíz a condiciones xéricas

Las adaptaciones de las raíces a condiciones xéricas; es decir, a condiciones extremadamente secas son las siguientes: La forma del sistema radicular. La succulencia de las raíces. El desarrollo de un liber (floema) grueso. La esclerificación de las células corticales y el aislamiento del cilindro vascular como resultado de la formación de una peridermis debido a la necrosis del parénquima cortical. En las raíces primarias de las plantas de desierto se han observado otros 2 caracteres que interesa o son interesantes.

En primer lugar, en las raíces de plantas que crecen en condiciones desérticas extremas, el número de capas corticales se reducen. La ventaja de este carácter puede ser la disminución de la distancia entre el suelo y la estela (sin cilindro central).

En segundo lugar, se ha observado que las bandas de Caspary son mucho más anchas en las plantas que crecen en hábitats extremadamente secos y en pantanos salinos, que en las plantas que crecen bajo condiciones mesofíticas (clima moderado).

En casos extremos se ha visto que las bandas de Caspary ocupan la totalidad de las paredes radial y transversal de las células endodérmicas. La endodermis al parecer constituye una barrera

semipermeable que controla el movimiento de solutos en el cilindro central. Si esta interpretación es correcta, entonces, la endodermis funcionará más eficaz cuando los protoplastos están unidos a porciones más amplias de las paredes radiales y transversales de las células endodérmicas

Raíz como órgano de anclaje

La función de anclaje de la raíz en el suelo es facilitado por los siguientes rasgos estructurales:

Por la ramificación lateral a partir de una raíz axonomorfa y por el desarrollo de muchas raíces adventicias en un sistema radical fasciculado, por el crecimiento de los pelos radicales que son de gran importancia en raíces jóvenes por el desarrollo de tejidos esclerificadas y por el desarrollo de esclerénquima en raíces viejas.

Raíz como órgano de aireación

Son aquellas raíces que crecen en los pantanos litorales; en los que el suelo se inunda periódicamente y falta oxígeno; presentan distintas adaptaciones a su habitat.

Raíz como órgano de reserva

En los órganos de reserva predomina el tejido parenquimatoso. En el *Facniculum* (Hinojo) y en *Daucus* (Zanahoria) prevalecen células parenquimáticas tanto en el xilema como en el floema.

En Beta (Remolacha), en la raíz de la remolacha se forman varios anillos concéntricos de cambium vascular por fuera del sistema vascular primario.

Raíces como órgano de sostén

Esta raíz puede también servir como órgano de sostén y desarrollar mucho tejido esclerenquimatoso.

Raíces fúlcreas

Son aquellas que se encuentran alrededor de la base del tronco de árboles tropicales; se originan de las raíces principales en las que el crecimiento secundario es asimétrico (falta de simetría). La anatomía del leño (xilema) de las raíces fúlcreas permite como función el soporte.

El tallo

Constituye el eje principal del vástago producido por la yema inicial caulinar que sirve de soporte a las hojas, flores y frutos. Presenta geotropismo negativo y fototropismo positivo; presenta dos tipos de crecimiento uno en longitud por la acción de los meristemos apical e intercalar, y otro en grosor por la acción del cambium vascular y el felógeno. Los verdaderos tallos nacen de las yemas y presentan; nudos, entre nudos, lenticelas, cicatriz foliar, hojas y yemas. (**Figura 1.42**).



Fig. 1.42 Partes del Tallo

Nudo: Es el sitio donde se produce una hoja.

Entrenudo: Es el espacio entre dos nudos consecutivos.

Lenticelas: Son protuberancias localizadas en la peridermis con una abertura de forma lenticular que reemplaza a los estomas de la desaparecida epidermis y que la planta utiliza para el intercambio de gases.

Cicatriz: Es una huella que queda en el tallo por la caída de una hoja o por una lesión.

Yemas: Son estructuras constituidas por tejido meristemáticos.

Tipos de yemas

Terminal: Se encuentra en el meristemo apical del tallo.

Axilar: Se encuentra en axilas de las hojas; pudiendo ser foliares o florales si producen ramas con hojas o ramas con flores. Un gran número permanecen meristemáticas y no se desarrollan. Las yemas laterales son aquellas que se desarrollan al cabo de muchos años produciendo la caulifloria o caulicarpia (brote de una yema durmiente de las ramas gruesas y del tronco que conducen a la formación en sitio anormal de flores y frutos. **(Figura 1.43).**

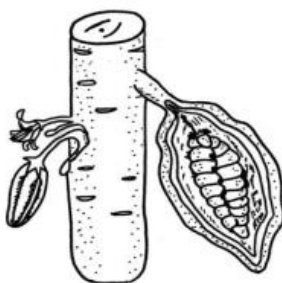


Fig. 1.43 Caulicarpia

Accesoria: Es la yema lateral o superior a la yema axilar pudiendo ser:

Colateral: Si ocupa una posición lateral respecto a la yema axilar.

Supletoria: Si se inicia en un plano medio entre la hoja tectriz y el eje madre.

Ascendente: Si se origina en dirección al eje principal.

Descendente: Si se desarrolla en dirección a la hoja tectriz.

Intrapeciolar o subpeciolar: Cuando la yema está encerrada en la base del peciolo.

Pseudoterminal: Cuando está muy próxima al ápice del vástago. (Figura 1.44).

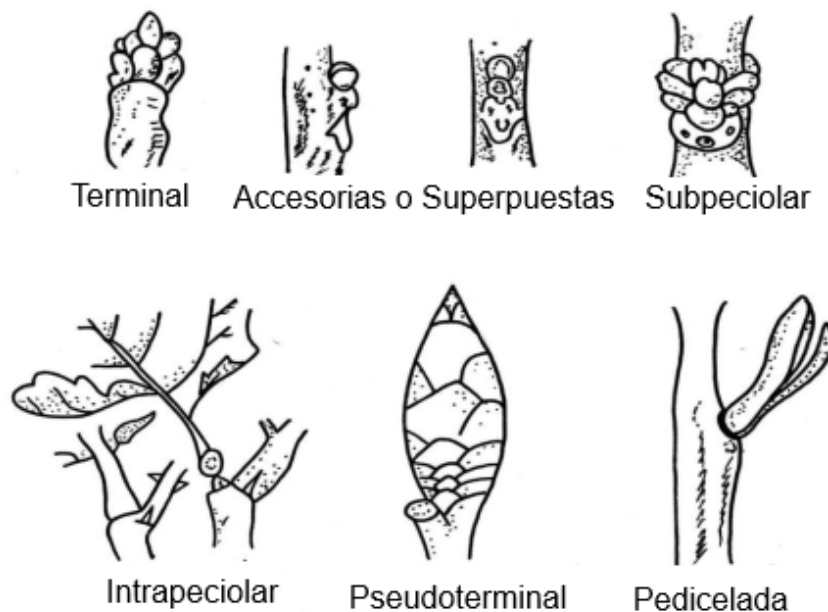


Fig. 1.44 Tipos de Yema

Concaulescencia: Cuando las yemas se unen con el tallo madre.

Recaulescencia: Cuando la yema concrece con la hoja tectriz y parece originarse por encima de la hoja.

Yemas Adventicias: Son aquellas que nacen en las plantas diferentes a las axilas, casi siempre como resultado de una lesión, pudiendo localizarse en raíces, tallos u hojas.

Simetría del vástago: Todas las partes del vástago tienen el mismo tipo de desarrollo pudiendo distinguirse:

Aerotonia: Cuando las partes apicales son favorecidas respecto a la formación de yemas axilares.

Basitonia: Cuando las ramas basales presentan mayor desarrollo.

Mesotonia: Cuando el mayor desarrollo corresponde a la parte media del vástago.

Ramificación Monopódica: Se presenta cuando existe un eje principal con marcada dominancia sobre las ramificaciones que salen de él.

Ramificación Simpódica: Es aquel caso en el que el tallo principal suspende su crecimiento, ramificándose y perdiendo su dominancia.

Ramificación Dicótoma: Es aquel caso en que resulta de la subdivisión del ápice del vástago en dos ápices gemelos. **(Fig 1.45).**

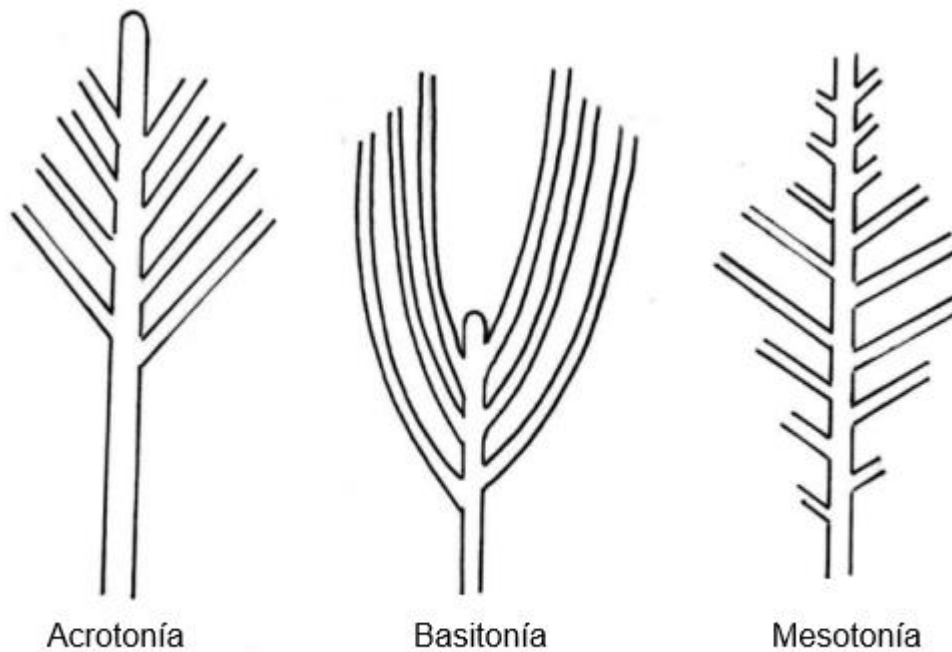


Fig. 1.45 Tipos de Ramificaciones

Zonas del tallo

- a. **Zonas inicial (promeristemo):** Es la zona en la que las células están en división activa.
- b. **Zona morfogénética:** Es la zona generadora de los primordios foliares.
- c. **Zona de histogénesis primaria:** En ella se evidencia:

Dermatógeno: Origina la epidermis.

Meristemo fundamental: Origina los tejidos fundamentales corticales.

Procambium: Origina los tejidos vasculares.

Meristemo medular: Origina el parénquima medular.

CLASES DE TALLOS

1) Según su Origen:

- a) **Primarios:** Se originan directamente de la plúmula formando el tallo principal.
- b) **Secundarios:** Se originan del tallo principal.

2) Según la consistencia:

- a) **Herbáceo:** Es un tallo blando con poco o ningún crecimiento secundario pudiendo ser anual, bianual o perennes.
- b) **Leñosos:** Son tallos que presentan crecimiento secundario.
- c) **Árboles:** Presentan un tronco principal bien definido y ramificado a una altura considerable.
- d) **Arborescentes:** Son plantas grandes con el tronco principal relativamente corto, o sea, que se ramifica a poca distancia del suelo.
- e) **Arbusto:** Son plantas que no sobrepasan los 3 o 4 metros y presentan varios ejes en el tallo que salen directamente del suelo.
- f) **Caña:** Son tallos de consistencia intermedia, o sea, entre leñosa y herbácea y con nudos muy salientes.
- g) **Carnosos:** Tallos engrosados.
- h) **Subleñoso:** Tallo resistente y leñoso en la base o parte inferior, y succulento y herbáceo en la extremidad opuesta.
- i) **Sólido:** Es un tallo o tronco sin cavidades internas y con médula reducida o ausente. Es macizo y sin huecos.

j) **Meduloso:** Tallo que posee mucha médula en su interior.

3) **Por su crecimiento:**

a) **Monocaulé:** Es el tallo o tronco que crece sin ramificarse; unicaulé o indiviso. Los árboles con tallo de este tipo se denominan “monocaulés” o “árboles en rosetón”. Los ejemplos más conocidos se encuentran entre las palmeras de tronco columnar o solitario, como el cocotero” (**Cocos nucifera**), “la palma llanera” (**Copernicia tectorum**), los helechos arborescentes por ej. (**Cyathea y Alsophylla**) y varias Dicotiledóneas, como los frailejones arbóreos. Usualmente, el tallo de todas estas plantas, siempre que se mantenga indiviso, recibe el nombre de estípite.

El término estípite, sin embargo, no se aplica al tronco de todos los árboles monocaulés.

b) **Multicaulé:** Es el tallo o tronco que se ramifica simpodialmente desde la base, y que, al producir varias o muchas ramas equivalentes, todo el vástago de la planta aparenta estar constituido por muchos tallos. Este hábito de crecimiento, en el cual verdaderamente no existe una distinción muy clara entre y tallo y rama, es muy común en la Monocotiledóneas, como los bambúes (**Bambusa**) y muchas palmeras de “tallo múltiple” descritas por BRAUN (1970), por ej. **Chrysalidocarpus lutescens**, **Bactris major**, **Rhapis excelsa**, etc. En las Dicotiledóneas los tallos multicaules son más raros. Cuando, en las Gramineas, el tallo es fistuloso y articulado, es decir, divididos en nudos y entrenudos, recibe el nombre de culmo. Raramente, este tipo

de tallo es macizo, como en el maíz y la caña dulce; por lo común solo es sólido en los nudos. Ejemplo: **Bambusa y Arundo**.

- c) **Monopodial (Monopódico):** Tallo, tronco, o rama, caracterizado porque su yema terminal, bajo condiciones normales de desarrollo, siempre se mantiene vegetativa y con una actividad meristemática continua o intermitente; hasta tal punto que, las ramas laterales (axilares) alcanzan poco desarrollo por estar subordinadas o controladas por la actividad celular del meristema apical del eje madre. Troncos monopodiales existen en las Coniferales (**Pinus, Araucaria, Podocarpus**) y varias Dicotiledóneas. La altura de un árbol monopodial está dada por la longitud del propio tronco.
- d) **Simpodial (simpódico):** Tallo, tronco, o rama, cuya yema terminal, después de cierto tiempo de actividad meristemática, deja de funcionar como consecuencia del aborto o muerte del meristema apical, o bien, como resultado del desarrollo de una inflorescencia terminal grande. En uno y otro caso, el crecimiento en altura o lateral del eje madre es continuado por las yemas axilares subapicales. Común en Monocotiledóneas y Dicotiledóneas. Por definición, la altura de un árbol simpodial está dada por la sumatoria de las longitudes del tronco y de las ramas.

4) **Por su forma:**

- a) **Cilíndrico:** Tallo o tronco circular en sección transversal, y que mantiene un diámetro más o menos constante o disminuye sólo ligeramente desde la base hacia el ápice.
- b) **Cónico o piramidal:** Tallo o tronco cuyo diámetro disminuye perceptiblemente desde la base hacia la parte distal o el ápice. Es raro en los árboles tropicales.
- c) **Bilateral:** Tronco o tallo ligeramente achatado a lo largo de toda su longitud; o, mejor dicho, cuando la sección transversal solo posee dos planos de simetría. También llamados biláteros.
- d) **Comprimido:** Cuando el tallo o tronco tiene sección más o menos elíptica o laminar. Los tallos de las “tunas” (**Opuntia**) y los de **Poa compressa** (Poaceae) son de este tipo.
- e) **Anguloso:** Tallo o tronco de sección transversal irregular y no circular. Muchos de estos tallos resultan de un crecimiento anómalo.
- f) **Sulcado:** Tallo provisto de surcos y costillas longitudinales, como se observa en el tallo globoso y succulento de varias Cactáceae, por ejemplo: **Echinocactus y Cereus**.
- g) **Estriado:** Tallo o tronco que presenta estrías a todo lo largo de su longitud, como sucede, por ejemplo, en el **Equisetum**.
- h) **Dorsiventral:** Tallo que posee un solo plano de simetría cuando se observa en sección transversal. Las Gramíneas rizomatosas poseen comúnmente ejes de este tipo.

- i) **Anómalo:** Tallo o tronco cuyo crecimiento circunferencial resulta de una actividad irregular del cambio vascular. Esta anomalía puede o no manifestarse morfológicamente.

5) **Por la dirección del crecimiento:**

- a) **Erecto:** Tallo o tronco que desde el comienzo de su desarrollo crece en posición vertical o próxima a la vertical. Es el caso en la generalidad de las plantas.
- b) **Oblicuo:** Cuando, como bien dice la palabra, son más inclinados hacia un lado que hacia otro, es decir, tallo que crece manteniendo un ángulo agudo con la superficie del suelo.
- c) **Ascendente:** Tallo que, tomando primero una dirección horizontal o próxima a ella su yema terminal se levanta después hasta alcanzar aproximadamente la vertical. Este tallo posee, pues, una parte basal, tendida, sobre el suelo, y otra distal que es erecta.
- d) **Postrado:** Tallo que crece horizontalmente sobre la superficie del suelo, y solo mantiene erguida su extremidad o yema terminal. Las verdaderas plantas de tallo o ramas postradas son hierbas anuales o perennes sin raíces adventicias, como varias especies de Leguminosae, Zygophyllaceae, Turneraceae, etc.

- e) **Rastrero o repente:** Tallo que crece apoyándose en el suelo, echando ramas a partir de los diferentes nudos de distancia en distancia, y raíces adventicias inferiormente a aquellas, las cuales penetran el suelo. El tallo de las Gramíneas cespitosas es de este tipo; el de **Selaginella** sp, y el de algunas Cucurbitaceae radicales, como la “auyama”.
- f) **Procumbente:** Tallo tendido; es decir, aquel que sin fuerzas para mantenerse erguido, se arrastra sobre el suelo pero sin enraizar en él.
- g) **Decumbente:** Tallo que crece inclinado; es decir, aquel tallo que tiende a echarse sobre el suelo, pero sin establecer contacto con él.
- h) **Voluble:** Es el tallo delgado, flexible y largo de las plantas trepadoras que crecen dando vueltas en torno a un soporte. De éstos existen varios tipos entre las Monocotiledóneas y Dicotiledóneas, como Convolvuláceae, Passifloráceae, Aráceae.
- i) **Tronco o fuste:** Es un tallo leñoso ramificado en la parte superior
- j) **Estipite:** Es un tallo monocaule con hojas apicales en penachos
- k) **Cálamo:** Es un talo cilíndrico, cónico o angular, sin nudos ni ramificaciones.
- l) **Caña:** Con nudos resaltantes y hojas envainadoras.
- m) **Escapo:** Tallo que se origina de un rizoma o bulbo, sin hojas o con hojas muy reducidas.

- n) **Trepador:** Cuando asciende por medio de estructuras especiales como hojas, peciolo enrollados, zarcillos o raíces aéreas.
- o) **Ascendente:** Cuando toman primero una dirección oblicua y luego se empinan para alcanzar la dirección vertical.
- p) **Reclinado:** Es inicialmente erecto, luego desciende y continúa el crecimiento paralelo a la superficie del suelo.
- q) **Rastrero:** Crecen apoyándose en el suelo pudiendo ser decumbente cuando se arrastran con el ápice ascendente; procumbentes si no presentan enraizamiento en toda su longitud; reptante, si genera raíces en los nudos y sobolífero, cuando es lignificado y forma brotes aéreos.

6) **Por su vestidura**

- a) **Áfilo:** Tallo desprovisto de hojas o monófilos, como en las “tunas”, en **Stapeliay** en ciertas **Euphorbias** de zonas semiáridas. Los tallos verdaderamente afilos, es decir, sin hojas de ningún tipo son muy raros. En los helechos primitivos, sin embargo, los hay; pero, en estos casos, el tallo es protostélico. La protostela es la estela típica de los órganos que no poseen hojas verdaderas
- b) **Folioso:** Tallo o tronco que posee muchas hojas nacidas a partir de él, y que persisten por largo tiempo.
- c) **Radicante:** Tallo o tronco que echa raíces adventicias en toda su longitud o solamente en base aérea.
- d) **Invaginado:** Tallo vestido o cubierto de vainas formadas por las hojas; como en la caña de azúcar y en el maíz.

7) **Por su armadura**

- a) **Inerme:** Tallo o tronco cuando no ofrece espinas, aguijones o acantóclados; como en la mayoría de las plantas.
- b) **Espinoso:** Tallo o tronco armado de espinas propiamente dichas.
- c) **Aculeado:** Tallo o tronco que presenta acúleos o aguijones.

8) **Por su simetría**

- a) **Radial:** Es el que tiene por lo menos dos planos de simetría.
- b) **Dorsiventral:** Cuando posee un solo plano de simetría. Los tallos ortótropos tiene simetría radial y los tallos plagiótropos tienen simetría dorsiventral.

9) **Por su superficie**

- a) **Lisa:** Desprovisto completamente de pelos y escamas, sinónimo de glabra.
- b) **Estrigosa:** Cubierto de pelos rígidos o de notables asperezas.
- c) **Pulverulenta:** Cubierta por una especie de polvo fino; como en el **Solanum paniculatum** y en ciertas otras Solanáceae.
- d) **Glauc:** Cubierta de una tenue capa blanca o blanquecina.
- e) **Pruinosas:** Protegida por un revestimiento céreo muy tenue y de aspecto glauco; y que, se separa fácilmente frotando la superficie del suelo. La pruina es cuticular.

- f) **Súberosa:** Protegida o cubierta con mucho súber o corcho como es el caso por ejemplo, de muchos árboles y arbustos de regiones secas o semisecas, y suelos pobres.

Tallos y ramas hipogeas

1. **Rizomas:** Son ramas laterales que, partiendo de las yemas basales de un tallo, crecen horizontalmente (plagiotrópicamente) por debajo de la superficie del suelo, y que, después de enraizar y acumular suficientes reservas (almidón y agua), se desprenden de la planta madre la cual, tarde o temprano, muere. Estas ramas laterales, o rizomas, presentan constantemente raíces adventicias, así como catáfilos incoloros y membranosos que protegen a las yemas; pueden presentar, además, entrenudos cortos, productos de distintos periodos de vegetación. Pueden crecer de manera indefinida, sin ramificarse o produciendo escasas ramificaciones subterráneas o aéreas. Aunque la mayoría de los rizomas son subterráneos, los hay también aéreos, en cuyo caso, los catáfilos pueden o no estar presentes. Ejemplo: Zingiberáceae, Cyperáceae, Primuláceae, etc.

2. **Estolones:** Son ramas laterales, más o menos delgadas, a menudo muy largas, que partiendo de las yemas basales de los tallos, se arrastran por la superficie del suelo o por debajo de él, y que, enraizando y muriendo en las porciones intermedias, se desprenden de la planta madre y engendran nuevos individuos vegetativamente. Las raíces, que nunca

faltan, son adventicias, y casi siempre nacen del lado opuesto a las hojas o los brotes floríferos. Casi siempre, los entrenudos son relativamente largos. Ejemplo. **Hydrocotyle**, **Viola**, **Fragaria**, **Peperomia** sp, y varias Gramíneas (**Cynodon**, **Axonopus**) y Commelinaceae, etc.

3. **Tubérculos** (Tubérculos caulinares): Son tallos o ramas que sufren un fuerte engrosamiento, primario o secundario debido a la acumulación de materiales de reserva, principalmente almidón. Los tubérculos pueden originarse del hipocótilo, del epicótilo, o de una rama. Del primer tipo son ejemplos el rábano (**Raphanus sativus** var, **radícula**) o la remolacha roja (**Beta vulgaris** var. **esculenta**) del segundo tipo tenemos el colinabo (**Brassica oleraceae** var **gongylodes**). Un tubérculo muy importante de origen rameal, es la papa o **Solanum tuberosum**.

4. **Bulbos**: Tallos, generalmente subterráneos, fuertemente acortados, y provistos de hojas escamosas engrosadas y, por lo general, carnosas, que funcionan como órganos reservantes. Existen varios tipos dependiendo de la morfología de las hojas y del tallo.

- a) **Bulbos tunicados:** Las escamas están formadas por vainas amplexicaules cerradas en forma de túnica, procedentes de la base de las hojas vegetativas ya muertas por ejemplo en la cebolla (**Allium**).
- b) **Bulbos escamosos:** Las hojas son secas y escamosas, por ejemplo el **Lilium**.
- c) **Bulbos sólidos:** Cuando el tallo es el órgano reservante y las hojas son escamas pequeñas: **Colchicum** (Liliáceae) y **Crocus** (Iridáceae).

5. **Cormo:** Los botánicos ingleses y americanos, principalmente estos últimos, denominan cormo a los bulbos sólidos. El término es una abreviatura de la palabra latina “cormus”, que significa tallo o caule succulento. El cormo se halla cubierto por escamas que son remanentes o restos de las hojas de cada estación de crecimiento. Las yemas nacen a partir de la axila de las escamas.

6. **Caudex:** Este término, derivado de la palabra latina “caudex “ tronco, fue usado originalmente para designar el tronco de las palmeras, es decir, como sinónimo de estípite. Más tarde, LINK, restringió su uso para referirse a las bases subterráneas del tronco o del tallo de algunas plantas perennes, unidas directamente a la raíz. En este sentido, el caudex es común en muchos arbustos de bosques secos y sabanas, y representa la porción perenne del vástago.

7. **Soboles:** Son ramas subterráneas, usualmente cortas, derivadas simpodialmente de ejes (tallos o ramas) radicales, y que, después de enraizar, crecen y emergen a la superficie del suelo como nuevos individuos. A partir de la porción subterránea de estos sóboles se originan axilarmente otros nuevos, los cuales terminan su crecimiento por la formación de hojas (monófilos) aéreos y raíces adventicias subterráneas. Ejemplo: **Salacca** spp (Palmaceae) y **Chrysophyllumsobiliferum** (Sapotaceae). Las yemas subterráneas de los sóboles son protegidas por catáfilos. Para determinar si una planta es de habito “sobolífero” es necesario excavar el suelo y desenterrar la parte hipógea del vástago.
8. **Suckers:** Son ramas subterráneas vegetativas de origen axilar, nacidas a partir de la base del tronco de algunos árboles o arbustos. De acuerdo con TOMLINSON (1964), la ramificación por medio de suckers basales es común en todos los grandes grupos de Monocotiledóneas arborescentes, tales como Palmae, Pandanáceae, Strelitziáceae y Agaváceae.

Tallos Fotosintéticos

- a) **Cladodios:** Es un vástago dilatado, reservante del agua y generalmente contiene clorofila.
- b) **Filocladios:** Son ramas laminares de crecimiento limitado.
- c) **Platicadios:** Son ramas muy aplanadas con aspecto de hojas.

Estructuras de defensa

- a) **Aguijones:** Son formaciones puntiagudas endurecidas y de origen superficial. Está formado solo por tejidos corticales, y por ende, se arrancan con facilidad.
- b) **Espinas:** Son formaciones puntiagudas, lignificadas y con tejido vascular.

Estructuras de sostén

- a) **Pulvinulos:** Son protuberancias caulinares en forma de cojinete con tejido parenquimático. (**Figura 1. 46**).

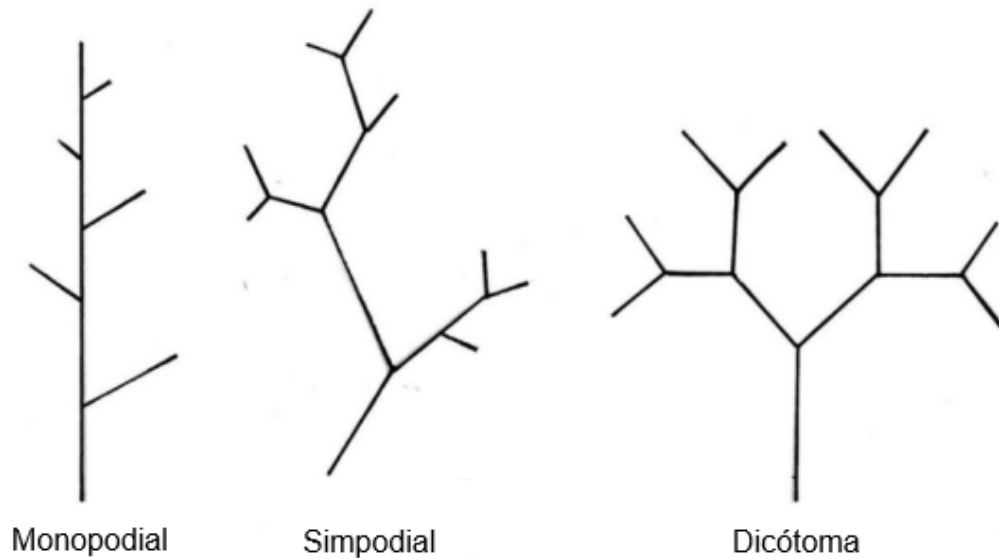


Fig. 1.46 Modelos de Ramificaciones

b) Zarcillos: Son estructuras de origen filamentososo que la planta utiliza exclusivamente para trepar. **(Fig. 1.47).**

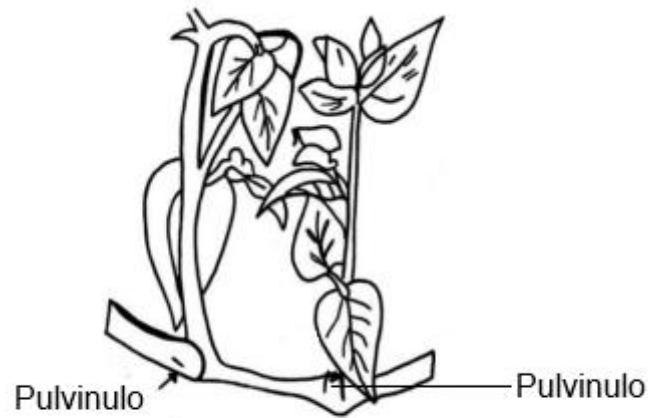


Fig. 1.47 a) Pulvinulo

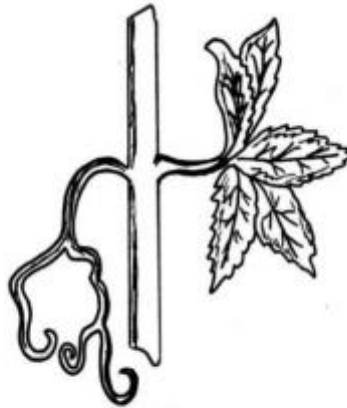


Fig. 1.47 b) Zarcillo Caulinar

FUNCIONES DEL TALLO

- 1) **Conducción:** El tallo conduce savia bruta y savia elaborada, a través del xilema y el floema respectivamente.
- 2) **Sostén:** El tallo está encargado de producir y sostener hojas, flores y frutos.
- 3) **Almacenamiento:** Todo tallo almacena cierta cantidad de sustancias aunque algunos son especializados en almacenar gran cantidad de sustancias utilizables por la misma planta, animales y el hombre.
- 4) **Producción vegetativa:** Los tallos juegan un papel de vital importancia para la propagación vegetativa o reproducción asexual de las plantas, a partir de un progenitor. De los rizomas bulbos, bulbillos, estolones y tubérculos se producen yemas las cuales desarrollan nuevas plantas.

Crecimiento del tallo

En el embrión, el eje hipocotílico llega hasta el punto de inserción de los cotiledones y coronando este punto se encuentra la yema apical caulinar o yema del vástago, llamada también plúmula. La yema no presenta una forma regular, pero la que comúnmente adopta es la cónica, en virtud de lo cual también se denomina cono vegetativo. En la superficie de la yema apical pueden percibirse algunas prominencias que no son más que hojas en vías de diferenciación, es decir, rudimentos o promordios foliares. **(Fig. 1.48).**

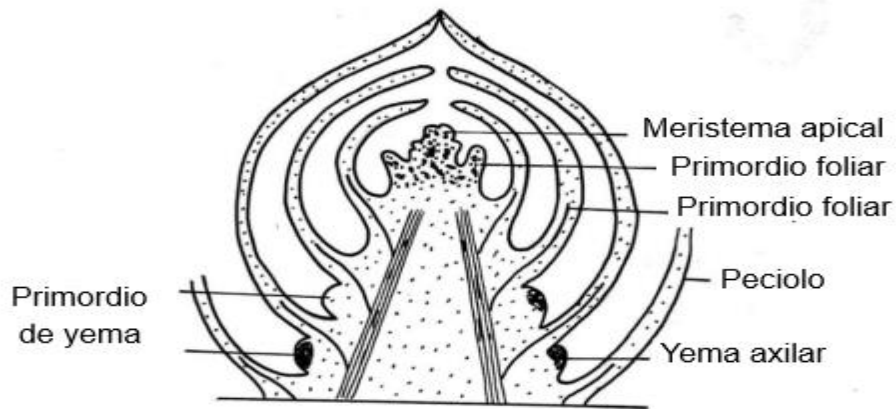


Fig. 1.48 Desarrollo del Tallo

El crecimiento del tallo se produce por la actividad meristemática de las células apicales que constituyen la yema apical, y por el alargamiento de las células que se encuentran por debajo de ellas. Las células meristemáticas originarán las mismas zonas que en la raíz: dermatógeno que solo originará la epidermis, periblema que originará la corteza y la endodermis y el pleroma que originará el cilindro central.

ESTRUCTURA PRIMARIA DEL TALLO

La forma externa y la estructura interna del tallo están estrechamente correlacionadas. La diferenciación de los tejidos se realiza gradualmente desde el ápice caulinar hacia abajo, o sea, que los tejidos van apareciendo a distancias progresivamente mayores del ápice por lo cual en una sección longitudinal del tallo se distingue las siguientes zonas:

- 1) Zona inicial o promeristemo
- 2) Zona de determinación u organogénesis

- 3) Zona de histogénesis primaria o de diferenciación
- 4) Zona de los tejidos primarios

Zona inicial: Está localizada en la parte distal del ápice caulinar. En las Angiospermas la zona inicial se dispone en varias capas. Las células de las capas externas forman la túnica por medio de divisiones anticlinales. La túnica recubre a las células internas o masa principal del meristemo apical y que se ha producido por divisiones anticlinales y periclinales.

Zona de determinación: Sigue sin límite perceptible a la zona apical, en la que se establece el plan estructural del futuro vástago debido a la aparición de primordios de órganos foliares y yemas; igualmente se esbozan los meristemas primarios, es decir, la protodermis a partir de la capa externa de la túnica, el meristemo fundamental a partir del cuerpo.

Zona de diferenciación: De la zona de determinación se pasa gradualmente a la zona de histogénesis en que se hace perceptiblemente, anatómicamente los meristemas primarios: protodermis, meristemo fundamental y procambium predominando las divisiones anticlinales. La parte más joven del tallo formada por el meristemo apical no tiene entrenudos, ya que estos se forman por divisiones celulares en la base de los lugares donde se insertan las hojas.

Zona de crecimiento primario: Todos los tallos jóvenes de los cormófitos tienen crecimiento primario pudiéndose apreciar.

1. Epidermis derivada de protodermis
2. Corteza primaria (córtex) derivado del meristemo fundamentalmente cortical.
3. Cilindro central o vascular derivado del procambium.
4. Médula, derivada del meristemo fundamental medular.

Epidermis: Constituye la parte más externa del tallo siendo generalmente uniestratificada la cual está recubierta por una cutícula impermeable de cutina. Lleva estomas y puede tener tricomas.

Corteza primaria o córtex: Está constituida por parénquima con cloroplastos y está formado por todos los tejidos comprendidos entre la epidermis y la parte más externa del haz vascular a saber:

- a) **Colénquima:** Está formado por varias capas de células inmediatamente después de la epidermis
- b) **Parénquima cortical.**
- c) **Clorénquima:** Es un parénquima con cloroplastos fundamentalmente en tallos herbáceos.
- d) **Esclerénquima:** Se encuentra en forma de fibras en algunas plantas. En el córtex se pueden localizar algunos tipos de idioblastos como drusas, esclereidas y células con taninos. La capa más profunda del cortex es la endodermis, siendo de difícil observación y existe en los tallos de plantas inferiores; en algunas plantas herbáceas la endodermis se presenta como

una vaina amilífera ya que sus células se llenan de almidón marcando el límite interno de la corteza.

Cilindro central: Constituye la parte central del cuerpo formado por los haces vasculares y en los tallos con crecimiento primario el sistema vascular forma la estela, la cual constituye una unidad morfológica- funcional derivada de la columna central de traqueidas presente en las primeras plantas vasculares.

Existen dos tipos de estelas:

- 1) **Protostela:** Cuando las traqueidas están envueltas por un manto de floema rodeado por el periciclo y según su configuración puede ser:
 - a) **Haplostela:** Cuando el xilema forma un cordón rodeado por floema.
 - b) **Actinostela:** En éste caso el xilema toma la forma de estrella central rodeado por floema.
 - c) **Plectostela:** Cuando el xilema se distribuye en placas rodeadas por el floema.
 - d) **Poliestela:** Es aquella integrada por un sistema de cordones conductores aislados, cada uno con la configuración propia de una haplostela que recibe el nombre de meristela.
- 2) **Sifonostela:** Cuando el cordón conductor situado en posición central adquiere la forma de tubo y envuelve a la médula parenquimática pudiendo ser de dos tipos:

- a) **Ectofloica:** Si el floema aparece únicamente en la parte externa del xilema.
- b) **Anfifloica:** Si el floema se diferencia también en el lado interno del xilema. De la sifonostela se deriva un tipo particular de estela denominada dictiostela la cual adopta una forma de retículo.

En Dicotiledóneas y Gimnospermas se forma la eustela constituida por un sistema de haces conductores colaterales abiertos o bicolaterales, separados por regiones interfasciculares parenquimáticas, llamadas radios medulares que comunican el parénquima cortical con el parénquima medular. En las Monocotiledóneas se forma la atactostela en la que los haces vasculares son colaterales cerrados y se encuentran dispersos.

En la mayor parte de los tallos el xilema primario se diferencia en forma centrifuga, o sea, que la región de los primeros elementos maduros o Protoxilema se encuentra en la parte más cercana al eje del tallo y se le denomina Protoxilema endarco. Los elementos formados a continuación o Metaxilema se localizan en posición más externa y presentan mayor diámetro.

Médula: Ocupa la parte central del tallo constituido fundamentalmente por parénquima. En algunos casos presentan idioblastos y revistiendo mayor importancia la presencia del tejido conductor.

Traza Foliar: Es un haz vascular situado en el tallo pero directamente relacionado con una hoja en el sentido de que representa la parte más baja del sistema vascular de la misma. En las Gimnospermas y Angiospermas el sistema vascular del tallo se halla claramente asociado con las hojas y se le describe como un sistema de trazas foliares intercomunicadas. La disposición de las trazas foliares varia en los distintos grupos de plantas y está en relación con su filotaxis.

Laguna Foliar: Son las regiones parenquimáticas localizadas adaxialmente desde las trazas foliares divergentes en el cilindro vascular del eje, las lagunas foliares son particularmente claras en los helechos y Angiospermas cuyo sistema vascular en las partes internodales del eje forma un cilindro más o menos continuo.

Tipos de Nudos

En las Dicotiledóneas se reconocen cuatro tipos de nudos:

- **Unilacunar:** Con dos trazas con una sola laguna y dos trazas por hoja conectadas a las mitades opuestas del sistema vascular axial.
- **Unilacunar:** Con una traza una sola laguna y una sola traza por hoja.
- **Trilacunar:** Con tres lagunas y tres trazas por hoja una medial y tres laterales.
- **Multilacunar:** Con varias o muchas lagunas y trazas por hoja.

TRAZAS Y LAGUNAS DE LAS RAMAS

Las ramas se desarrollan a partir de las yemas axilares, tienen conexiones vasculares con el eje principal. Las Dicotiledóneas y las Gimnospermas tienen generalmente dos cordones, las dos trazas de las ramas que conectan el sistema vascular de la rama con el tallo principal. A semejanza de las tazas filiales, las trazas de las ramas se prolongan por dentro del tallo principal y se reúnen con el sistema vascular del eje. Las trazas de las ramas constituyen parte del cilindro vascular primario del eje principal y su desarrollo más o menos acusado depende de la especie vegetal y del tiempo relativo de desarrollo en la rama lateral.

CRECIMIENTO SECUNDARIO DEL TALLO

Las Gimnospermas y la mayor parte de las Dicotiledóneas presentan un crecimiento secundario en grosor, motivado a la producción de tejidos conductores secundarios, generados por el cambium vascular, el cual se divide principalmente en dirección periclinal y produce xilema secundario hacia el exterior del tallo (abaxial).

El cambium vascular está formado por:

- a) **Cambium fascicular:** Que aparece dentro de los haces conductores, entre el xilema y el floema y está formado por células alargadas con sus extremos afilados (células iniciales fusiformes).
- b) **Cambium interfascicular:** Que aparece entre los haces conductores y está constituido por células cortas (células iniciales radiales)

En el tallo joven los radios medulares primarios comunican el parénquima cortical con el parénquima medular y en el adulto los radios medulares secundarios transportan y almacenan sustancias. La cantidad de tejidos secundarios producidos por el cambium esta en relación directa con el tipo de consistencia del tallo. Por eso, en tallos de plantas herbáceas con crecimiento secundario la actividad del cambium es reducida mientras que en las plantas leñosas es muy fuerte, y por ende, se produce mayor cantidad de xilema y floema secundarios, lo cual se manifiestan por un mayor crecimiento en diámetro o grosor.

Xilema secundario: Constituye la madera o leño, característica de arbustos y árboles que representan la mayor parte del cuerpo de la planta. En la mayoría de los Gimnospermas la madera presenta como único elemento conductor traqueidas, mientras que en las Angiospermas se encuentran vasos y traqueidas.

Anillos de crecimiento: El cambium experimenta periodos alternos de actividad y latencia que determinan la formación de anillos de crecimiento visibles en la madera y que permiten determinar la edad de un tallo. Cada anillo corresponde a una incorporación anual al xilema. Un anillo de crecimiento está compuesto por dos bandas: el leño temprano caracterizado por presentar células conductoras de mayor volumen y paredes delgadas y el leño tardío con células de menor diámetro y paredes gruesas.

Albura y Durámen: La albura es la parte más joven de la madera constituida por células funcionales en el transporte de agua y células parenquimáticas vivas encargadas de almacenar sustancias. Constituye el último xilema en formarse y es de color claro, mientras que el durámen constituye la zona más vieja de la madera localizada en el centro del tronco y se caracteriza porque las células parenquimáticas pierden su protoplasto o forman tílides; igualmente pueden depositarse otros compuestos como gomas, calcio y sílice. Se forman sustancias que le dan gran impermeabilidad y protección contra patógenos, como aceites, resinas, taninos y sustancias colorantes, que aparecen dentro del lumen o impregnando la pared. Constituye el primer xilema en formarse y es de color más oscuro. La albura se usa para la fabricación de la pulpa de papel, mientras que el durámen tiene mayor valor maderero por su resistencia a la descomposición.

Floema secundario: Se forma en menor cantidad que el xilema secundario. Sus capas más viejas se obliteran y persiste solo como zona funcional para el transporte a la región cercana al cambium. En las Gimnospermas el floema secundario es simple y solo presenta como elemento conductor células cribosas, mientras que en las Dicotiledóneas es complejo presentando, tubos cribosos, placas, cribosas células acompañantes que cargan y descargan los tubos cribosos, fibras para soporte y células parenquimáticas especializadas en almacenamiento de sustancias.

Peridermis: El aumento en espesor del tallo hace imprescindible la formación de tejidos protectores que reemplacen a la epidermis, ya que esta, por ser un tejido adulto no se divide y se rompe. Dicho tejido constituye la peridermis formada por el felógeno o cambium súberoso, originado por la dediferenciación de las células parenquimáticas mas

externas del cortex produciendo hacia el exterior corcho o felema y hacia el interior felodermis. Estos tres (felodermis, felógeno y felema) forman un tejido complejo denominado peridermis el cual está involucrado en el crecimiento en diámetro del tallo. Las células del felema presentan sus paredes impregnadas de súberina y de cera siendo completamente impermeables al agua. La felodermis se presenta en menor cantidad y funciona como un parénquima fotosintetizador.

Lenticelas: Son protuberancias visibles a simple vista localizadas en la peridermis con una abertura lenticular, que remplace a los estomas y están constituidas por tejidos de relleno semejante al saber, con células isodiamétricas y abundancias de espacios intercelulares por los que circulan los gases.

Corteza secundaria: Comprende todos los tejidos localizados al exterior del cambium vascular, es decir, floema secundario o corteza interna y ritidoma o corteza externa.

Corteza interna: Está formada por:

- a) **Floema secundario:** Interno que se localiza cerca del cambium vascular constituyendo la porción conductora.
- b) **Floema externo:** Presenta fibras y esclereidas producidas por esclerosis secundaria del parénquima floemático. Generalmente se dilata y puede romperse.

Corteza externa: Constituida por un conjunto de tejidos muertos que recubren los troncos y ramas de árboles y arbustos. Presentan diferentes comportamientos.

- a) Puede permanecer en el tronco
- b) Se desprende en forma de placas o laminas llamado ritidoma escamoso.
- c) Resulta de la formación de las peridermis sucesivas concéntricas alrededor del eje. Es el menos común y se denomina ritidoma anular.

Funciones de la corteza.

- a) Conducción realizada por el floema secundario.
- b) Protección mecánica a través del ritidoma.
- c) Almacenamiento de sustancias en el parénquima flemático y la felodermis.
- d) Conducción en sentido radial a través de los radios.
- e) Proporcionar dureza y sostén gracias a las fibras y esclarecidas.
- f) Aireación
- g) Asimilación

HACES VASCULARES

Los tejidos del xilema y floema no están dispuestos como capas continuas, sino que puedan presentarse como hebras separadas de células desarrolladas a partir del meristemo apical recibiendo cada hebra el nombre de haz vascular y consta de células de xilema en su parte interior y células de floema en su parte exterior y de acuerdo a las especies cada haz podría tener también una capa de cambium

vascular entre el xilema y el floema. De acuerdo a la relativa posición que ocupa el xilema y el floema se distinguen los siguientes tipos de haces. (**Figura 1. 49**).

- a) **Haz colateral.** Cuando presenta el leño al interior y el libera al exterior, colocada de frente en la posición de un radio. Puede ser abierto, cuando existe cambium vascular entre el xilema y el floema, y cerrado cuando no se presenta. El primero es característico de las Dicotiledóneas y el segundo de las Monocotiledóneas.
- b) **Haz bicolateral.** Es el que posee floema exterior e interior y cambium vascular solo entre el xilema y el floema exterior y cambium vascular solo entre el xilema y el floema exterior. Se localiza en Solanáceae y Cucurbitáceae.
- c) **Haz concéntrico.** Es cuando un tejido rodea por completo al otro y existen dos modalidades: perifloeático o anficribal en el cual una capa continua de floema rodea en su totalidad a la del xilema, (es común en Helechos) y perixilemático o anfivasal en el que el xilema rodea completamente el floema (se observa en rizomas de muchas Monocotiledóneas).
- d) **Haz radial.** Es propio de la raíz. En él la disposición es radiada y alterna entre el xilema y el floema.
- e) **Haz cribovasal.** El conjunto de, parénquimas, tubos cribosos y células anexas se conoce con el nombre de haz criboso o leptoma. El conjunto de parénquimas, vasos y traqueidas forman el tejido leñoso o hadroma. El leptoma y el hadroma se encuentran unidos en dos formando una red que recorre toda la planta.

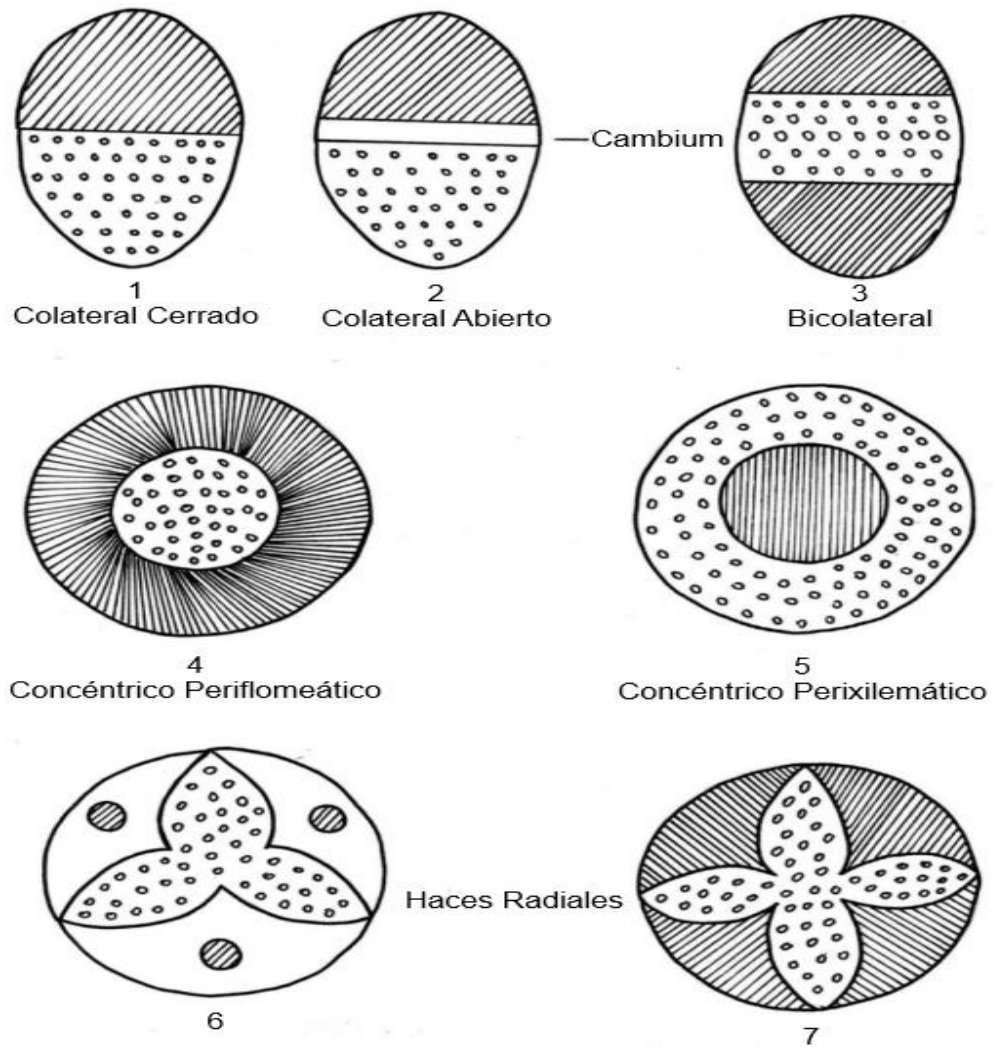


Fig. 1.49 Tipos de Haces

Diferencia entre raíz y tallo

Raíz	Tallo
Posición sub- apical	Posición apical en la zona embrional
Formación endógena	Formación exógena de los ápices laterales.
Raíces secundarias. Se originan en el periciclo.	Hojas y ramas, se originan del meristema apical.
Presencia constante de epidermis.	Presencia no constante
Disposición radial de los tejidos conductores.	Disposición colateral
Xilema exarco	Xilema endarco
Disposición central del tejido mecánico	Periférica
Elementos traqueales de mayor diámetro	De menor diámetro

Diferencias estructurales entre raíz y tallo

Raíz	Tallo
Funciones principales. Anclaje y absorción	Funciones principales: soporte y exposición de las hojas
Geotropismo positivo y sub-terráneo	Geotropismo negativo, aéreo
Cofia presente	Cofia ausente,
Hojas ausentes; sin nudos y entre nudos.	Hojas presentes; arregladas regularmente: nudos y entrenudos presentes.
Las ramas se originan internamente, a intervalos irregulares.	Las ramas originadas superficialmente de yemas axilares.
Los cordones de Protoxilema y floema primario se arreglan en radios alternos sin formar haces vasculares	Los cordones de Protoxilema y floema primario arreglados en los mismos radios, formando haces vasculares.
Protostélicos, con xilema exarco y sin médula.	Eustélicos o atactostélicos con xilema endarco, y ya sea con los haces vasculares esparcidos o con médula
Endodermis presente	Endodermis ausente

Hoja

Son órganos vegetativos laterales de la planta que se forman en los nudos del tallo, exógenos, con crecimiento limitado, de forma laminar y estructura dorsiventral o bifacial. Corresponden a formaciones derivadas de las conrescencias de telomas dispuestos en un plano (teoría del Teloma)

Comienzan su desarrollo en el ápice caulinar como pequeñas protuberancias conocidas como primordios foliares los cuales se diferencian en dos zonas: el epífilo o parte superior y el hipófilo o parte inferior.

El hipopodio o base es la parte de la hoja que la une al tallo y que en algunas hojas tiene apéndices frecuentemente laminares denominadas estipulas y en otras se ensancha constituyendo una vaina que abraza total o parcialmente a la ramita en que se inserta.

El acrófillo o limbo es una lámina generalmente aplanada y de un peciolo generalmente cilíndrico.

PARTES DE LA HOJA

En una hoja se distinguen fundamentalmente dos partes: el peciolo y el limbo. (**Figura. 1.50**).

Peciolo: Es un tallito alargado que une el limbo con el eje principal o con una rama.

Según el peciolo las hojas pueden ser.

- a) **Pecioladas:** Poseen peciolo.
- b) **Subpeciolada:** Presentan peciolo reducido
- c) **Sésiles:** Carecen de peciolo
- d) **Envainadas:** Cuando el peciolo es una vaina que envuelve al tallo.

Limbo: Es la porción generalmente laminar en la cual se aprecia una base por donde se inserta al peciolo, un ápice que es la región distal de la base y un borde o contorno foliar. Presenta dos caras: una superior o haz y una inferior o envés. Existen plantas que pierden sus hojas en una época determinada del año (caducifolias) y otras son siempre verdes ya que las conservan varios años y a medida que caen son reemplazadas de inmediato (perennifolias).

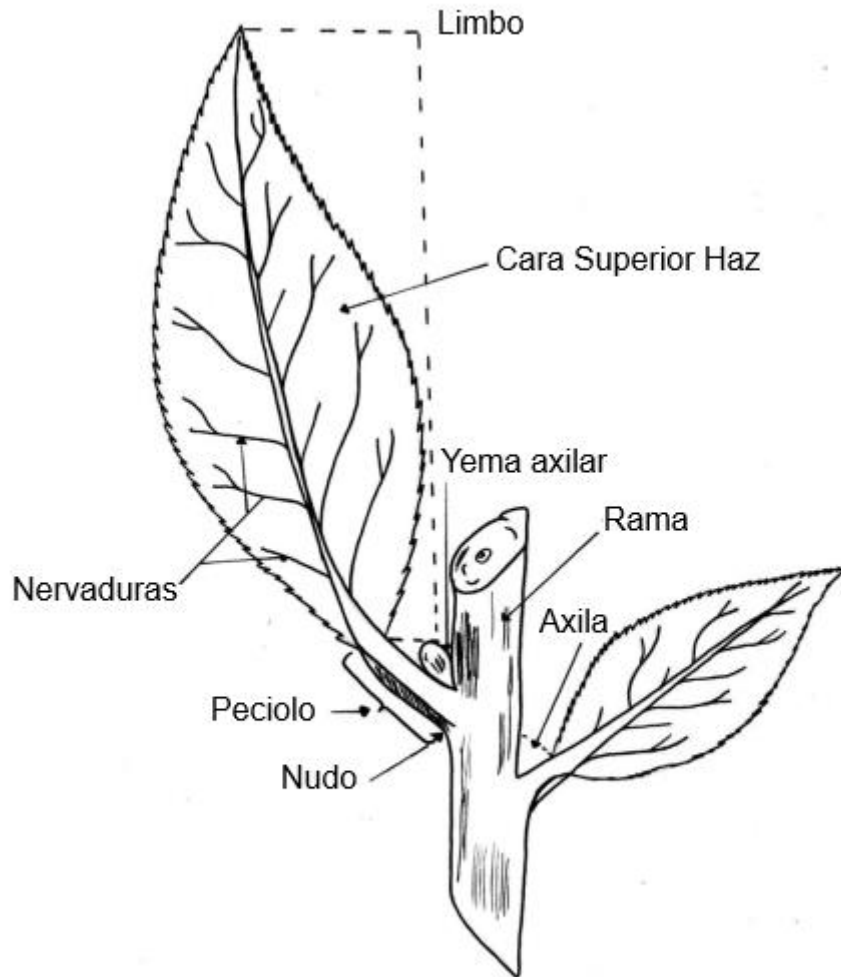


Fig. 1.50 Partes de la Hoja

Diversidad laminar

Generalmente las hojas son de forma laminar, sin embargo podemos conseguir de forma tubular (cebolla); lineal (pasto); abanico (palmas); aciculares (pino) y escamosas (ciprés).

SUCESIÓN FOLIAR

Las hojas de las plantas superiores, experimentan una serie de metamorfosis cuando se consideran a partir de los cotiledones hasta llegar a los antófilos u hojas florales. Cuando la sucesión es completa se distinguen los siguientes tipos: **hojas embrionales o cotiledones** que son la primera o cada una de las primeras hojas de la planta, que se forman en el embrión; **catáfilos**, que son hojas inferiores situadas entre los cotiledones y los nomófilos; **prófilo**, que es la primera o cada una de las primeras hojas, de cualquier brote lateral; **nomófilos** que son las hojas propiamente dichas situadas entre los catáfilos y los **hipsófilos**, que son hojas situadas entre los nomófilos y los antófilos.

ORIGEN Y DESARROLLO DE LAS HOJAS

Hasta ahora no se sabe cómo se originó la hoja filogenéticamente, pero hay teorías que tratan de explicarla. La hoja y el eje tienen relaciones muy estrechas ya que se considera que el sistema vascular del eje se forma en relación con los apéndices laterales y ambos hoja y tallo parecen tener sus diferencias estructurales basadas en sus funciones principales. En cuanto al origen ontogénico, la formación de las hojas se inicia como protuberancias laterales de las yemas apicales, por divisiones periclinales de las células meristemáticas. Con bastante regularidad algunas células de la capa exterior del ápice vegetativo caulinar, activan sus divisiones y forman excrecencias llamadas primordios foliares, los cuales al desarrollarse originan las hojas, con un número limitado y constante de células. Al principio la forma de crecimiento del primordio es apical. Esta zona es poco duradera, salvo al caso de los helechos donde su duración es mayor. Luego el crecimiento deja

de ser apical para constituirse en intercalar. En consecuencia el meristemo de la hoja se transforma en tejido adulto desde el ápice hasta la base, razón por la cual, es en la base donde el meristemo perdura más, es decir, el crecimiento de la hoja se inicia en el ápice y se orienta hacia la base: basiplasto. Una vez que llega a su estado adulto, el crecimiento se detiene. Esta propiedad la diferencia de los tallos y de las raíces, las cuales crecen durante toda la vida de la planta.

VERNACIÓN

Es la postura de cada una de las hojas vegetativa o reproductiva en la yema y depende del número de hojas existentes en un nudo.

TIPOS DE VERNACIÓN (Figura 1.51)

- a. **Reclinada, inflexa o doblada:** En esta vernación la hoja se dobla de través, de forma que el ápice se sitúa cerca de la base. Ejemplo. Las especies del género **acónitum**.
- b. **Conduplicada:** La hoja esta doblada longitudinalmente por la nervadura central. Este dobles ocurre de tal manera, que la parte superior de las dos mitades de las hojas se tocan quedando hacia afuera a la cara inferior. Ejemplo. El cerezo; **Trichilia trifolia**
- c. **Circinada:** La hoja se arrolla transversalmente, sobre su propia nervadura central, hacia la base. Ejemplo. Los helechos.

- d. **Convoluta:** Es un tipo de vernación en el cual la hoja se arrolla longitudinalmente y forma un tubo. Ejemplo. En el plátano; **Musa paradisiaca**
- e. **Involuta:** En este tipo de prefoliación cada semi-limbo forma su propio rollo doblándose sobre el haz. En esta forma, la parte superior de la hoja queda en el interior del rollo. Ejemplo. Suelda con suelda, **Conmelina virgínica**.
- f. **Revoluta:** Este tipo de prefoliación es igual al anterior, pero, en lugar de doblarse sobre la haz lo hace sobre el envés de la hoja; en consecuencia, la parte superior de ella queda hacia afuera y la inferior hacia adentro; Ejemplo. Uva de playa, **Coccoloba uvífera**.
- g. **Corrugada:** Las hojas se arrugan o forman pliegues irregulares en todas las direcciones, como se ve en los pétalos de la flor de granada **Punica granatum**.
- h. **Plana:** Aquí las hojas nacen en pares tocándose por la parte superior de ellas o sea por el haz. Ej. **Ixora**.

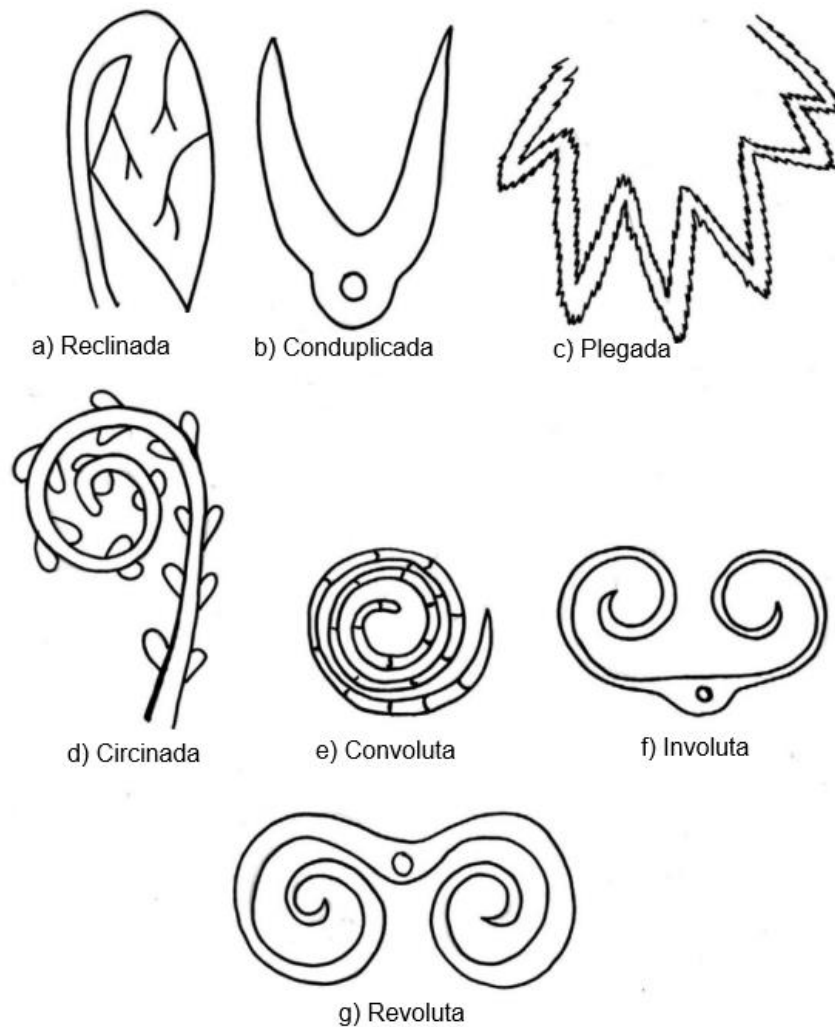


Fig. 1.51 Tipos de Vernación

ESTIVACIÓN

El término estivación o foliación, no debe confundirse con el de vernación o prefoliación, puesto que, estivación es la disposición de una hoja con relación a otra en la yema, en tanto que prefoliación de una hoja con relación a otra en la yema, en tanto que prefoliación es la disposición que adopta cada hoja en la yema.

Existen varios tipos de estivación: **(Figura. 1.52).**

- a) **Equitante:** Esta estivación no es más que la prefoliación conduplicada, pero en este caso envuelven a las hojitas más jóvenes. Ej. Cebolla **Allium cepa**
- b) **Semi-equitante u obvoluta:** Se repite el caso de la conduplicada, pero envuelve el semi.limbo de la hoja inmediata.
- c) **Valvar:** Las hojas se tocan por los bordes sin llegar a cubrir ni ser cubiertas. Ej. El cáliz de la cayena, **Hibiscus rosa-sinensis**.
- d) **Valvar induplicada:** Es el caso anterior, pero mostrando sus bordes curvados hacia su parte superior o interna.
- e) **Valvar reduplicada:** Es igual a la anterior, pero lo curvado lo presenta hacia su cara inferior o externa.
- f) **Imbricada:** Este tipo de estivación presentan sus hojas cubiertas por un lado y cubriendo por el otro a sus vecinas. Presenta cuatro modalidades que son: 1) **Contorta**, la cual presenta dos sub-modalidades: la **Dextro-contorta** y la **Levo-contorta**. 2) **Imbricada** propiamente dicho. 3) **Quincuncial** y 4) **Coclear**, esta también presenta dos sub- modalidades; la **vexilar o coclear descendente** y la **carinal o coclear ascendente**. **Contorta**. Cuando cada hojita cubre a la siguiente y queda cubierta por la que lo antecede. **Dextro-contorta**. El borde derecho de la hoja cubre a su inmediata.

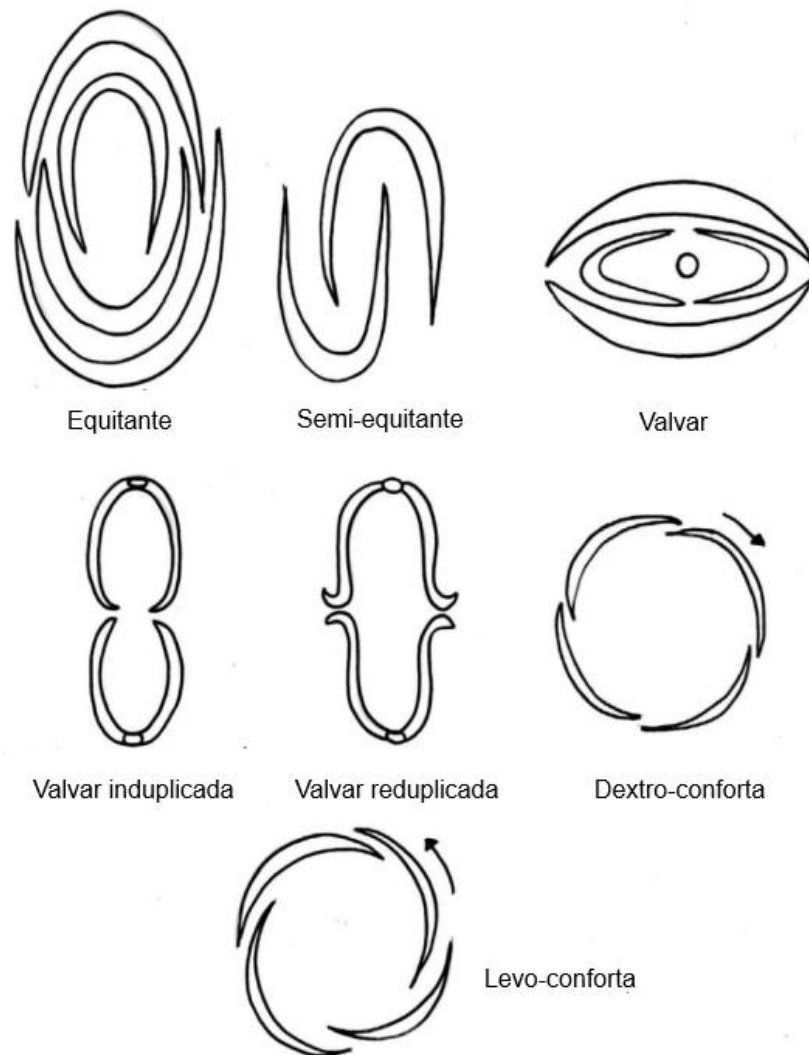


Fig. 1.52 Tipos de Estiración

Levo-contorta: El borde izquierdo de la hoja cubre a su inmediata.

Imbricada p.p.d. Tipo de estivación donde existen dos piezas vecinas una totalmente externa y otra interna; las restantes están cubriendo por un lado y son cubiertas por el otro.

TIPOS DE HOJAS

Existen una gran diversidad de tipos de hojas como consecuencia del elevado número de especies de espermatofitos existentes.

1) Descripción según vernación

- a) **Abierta:** Cuando los extremos de las hojas adyacentes no se tocan.
- b) **Valvada:** Cuando los extremos se tocan pero no se superponen.
- c) **Adpresa:** Cuando dos hojas del mismo nudo están cara a cara.
- d) **Imbrincada:** Es la que presenta márgenes superpuestos.
- e) **Obvoluta:** Cuando cada hoja es conduplicada presentando los márgenes de una pieza, sobrepuestos y alternos con los márgenes de otra pieza opuesta.
- f) **Equitante:** Cuando cada hoja es conduplicada, y una queda dentro de la otra, de manera opuesta.

2) Descripción según duración

- a) **Decidua:** Son las que caen al llegar a la madurez.
- b) **Persistentes:** Son las que permanecen en la planta cumpliendo sus funciones por un prolongado tiempo.
- c) **Fugaces:** Son aquellas que caen tan pronto son formadas.

3) **Descripción según disposición en el tallo. (Figura. 1.53)**

- a) **Opuestas:** Cuando presentan dos en cada nudo y son diametralmente opuestas.
- b) **Alternas:** Cuando existe una hoja en cada nudo.
- c) **Verticilada:** Tres o más hojas en un nudo.
- d) **Esparcida:** Si hay una hoja en cada nudo.
- e) **Espiralada:** Son hojas alternas en varios planos.
- f) **Fasciculadas:** Cuando están agrupadas en ramitas y comúnmente poseen una vaina en la base.
- g) **Roseta:** Cuando las hojas se desarrollan en la base del tallo muy cerca una de otras debido a que los entrenudos son muy pequeños.
- h) **Decusadas:** Cuando se encuentran dos hojas en cada nudo diametralmente opuestas y forman con el par inferior un ángulo de 90 grados.

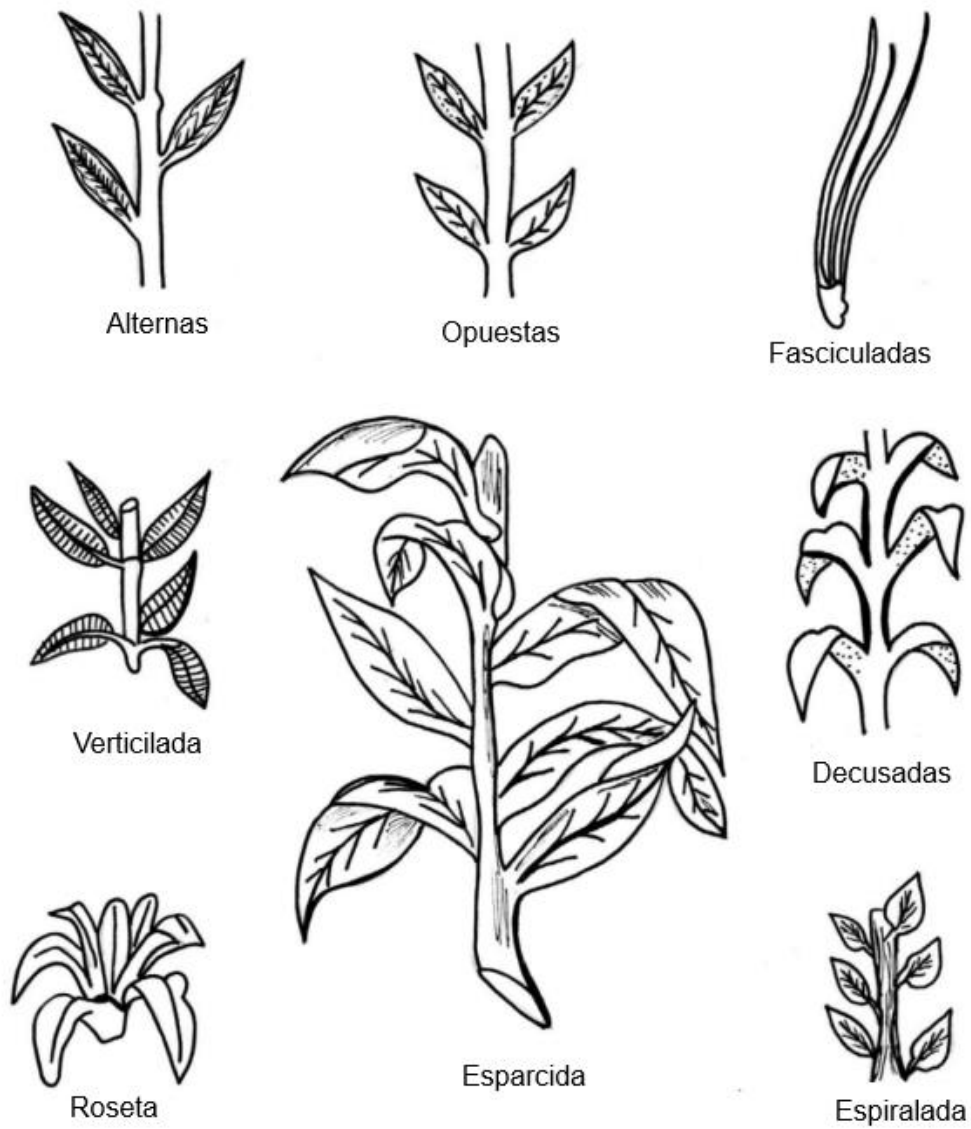


Fig. 1.53 Tipos de hojas según la disposición en el tallo

4) **Descripción según su composición. (Figura. 1.54)**

- a) **Simple:** Está formada por un solo limbo.
- b) **Compuestas:** Cuando están formadas por dos o más folíolos.
- c) **Pinnadas:** Cuando los folíolos están dispuestos a los dos lados del eje denominado raquis, y pueden ser paripinnadas o imparipinnadas si terminan en dos o un folíolo respectivamente.
- d) **Palmeada:** Cuando todos los folíolos salen del mismo punto del pecíolo.
- e) **Bipinnadas:** Son aquellas en que el raquis se ramifica dos o más veces.
- f) **Unifoliadas:** Son hojas compuestas que parecen una hoja simple debido a que los folíolos se han reducido, quedando solamente uno que tiene una articulación en el sitio donde se une el pecíolo (las hojas simples no las poseen).

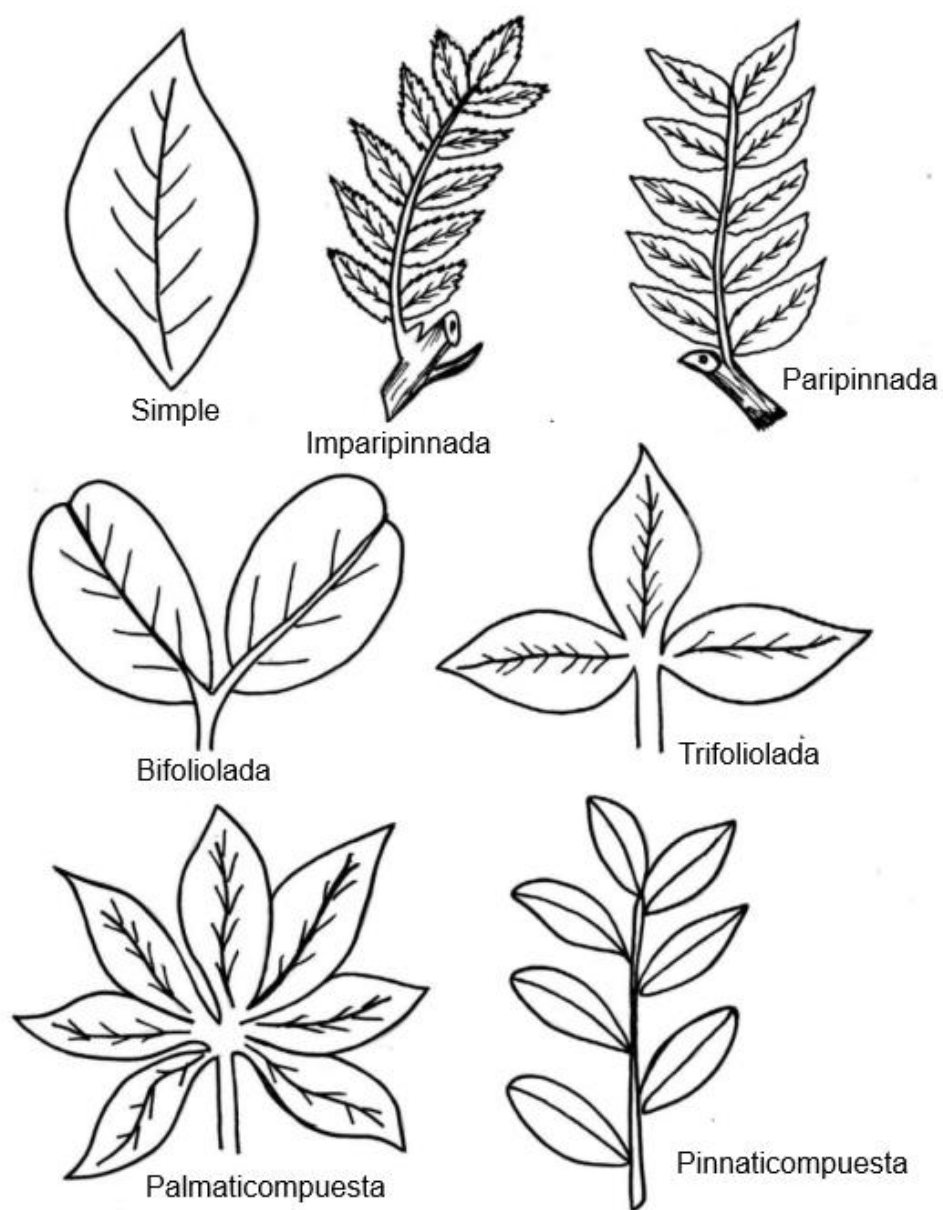


Fig. 1.54 Hojas por su Composición

5) **Descripción según consistencia del limbo**

- a) **Membranosas:** Son delgadas y con textura como el pergamino.
- b) **Coriáceas:** Son duras con textura como cuero
- c) **Carnosa:** Son jugosas y con textura blanda y gruesa

6) **Descripción según la forma del limbo**

- a) **Elíptica:** En forma de elipse
- b) **Lanceolada:** En forma de lanza
- c) **Oblonga:** Más o menos rectangular siendo más larga que ancha
- d) **Ovada:** En forma de huevo siendo la base más ancha que el ápice
- e) **Obovada:** En forma de huevo con el ápice más amplio que la base.
- f) **Cordiforme:** En forma de corazón
- g) **Reniforme:** En forma de riñón.
- h) **Espatulada:** En forma de espátula
- i) **Cuneiforme:** En forma de cuña.
- j) **Panduriforme:** En forma de guitarra
- k) **Sagitada:** En forma de flecha
- l) **Ensiforme:** En forma de espada
- m) **Acicular:** En forma de aguja

- n) **Peltada:** Delámina redondeada y con el peciolo inserto en el centro.
- o) **Alabardada:** Cuando tiene forma de alabarda
- p) **Circular:** De forma redondeada
- q) **Perfoliada:** Cuando por su base circuye totalmente el tallo
- r) **Deltoide:** Cuando el contorno recubre el de la delta
- s) **Romboide:** Cuando adopta forma de rombo
- t) **Hastada:** Hojas más o menos puntiagudas con dos lóbulos divergentes en la base.
- u) **Asimétrica:** Cuando no tiene un plano de simetría

7. Descripción según el margen del limbo

- a) **Entero:** Cuando el borde es liso
- b) **Ondulado:** Con curvas verticales como ondulaciones.
- c) **Sinuado:** Con senos poco profundos
- d) **Aserrado:** Con dientes agudos dirigidos hacia el ápice.
- e) **Festoneado:** El borde dividido en porciones redondeada.
- f) **Hendido:** Cuando la partidura de la hoja llega hasta la mitad de la distancia entre el borde foliar y el nervio medio.
- g) **Partido:** Cuando la partidura llega hasta $\frac{3}{4}$ de la distancia del margen al nervio medio.
- h) **Lobado:** Con divisiones grandes y redondeadas.
- i) **Espinoso:** Cuando presentan espinas.
- j) **Serrulado:** Cuando presentan dientes diminutos.

- k) **Digitado:** En forma de los dedos de la mano.
- l) **Dentado:** Con dientes perpendiculares al nervio medio
- m) **Denticulado:** Presenta dientes muy pequeños
- n) **Inciso:** Cuando está dividido en gajos irregulares y profundos
- o) **Ciliado:** Cuando presenta tricomas marginales.
- p) **Aculeado:** Son de forma rígida y punzante
- q) **Laciniado:** Cuando se divide en lacinias.
- r) **Lacerado:** Presentan divisiones desiguales más o menos profundamente.

8. Descripción según ápice

- a. **Agudo:** Con márgenes rectos o convexos.
- b. **Acuminado:** Presenta ápice agudo
- c. **Caudado:** Largo con márgenes cóncavos
- d. **Mucronado:** Ápice terminado en un pezón.
- e. **Obtuso:** Con márgenes rectos o curvos
- f. **Cuspidado:** Terminando en punta o cúspide
- g. **Truncado:** Cuando remata en un borde o en un plano transversal.
- h. **Emarginado:** Presentan un escotado ligero
- i. **Aristado:** Que remata en una arista
- j. **Retuso:** Ápice truncado y ligeramente y ligeramente escotado, a veces con un apículo en el centro
- k. **Cirroso:** Que tiene cirros o zarcillos.

l. **Marginado:** Es el que tiene reborde.

m. **Dentado:** Tiene prominencias.

n. **Asimétrico:** Sin simetría.

9. Descripción según la base

a. **Atenuada:** Con márgenes rectos o cóncavos formando un ángulo menor de 45°

b. **Cordada:** Con los lóbulos redondeados en forma de corazón.

c. **Cunneada:** Con márgenes rectos o cóncavos formando un ángulo mayor de 45°

d. **Obtusa:** Con un ángulo basal mayor de 90°

e. **Peltada:** Cuando presentan el peciolo unido a la porción central de la lamina

f. **Truncada:** Cuando remata en un borde transversal.

g. **Sagitada:** En forma de saeta

h. **Hastada:** Cuando presenta en la base dos lóbulos divergentes

i. **Aguda:** En forma de ángulo agudo

j. **Auriculada:** En forma de oreja

k. **Inequilatera:** Cuando no hay simetría.

10. Descripción según venación

Atendiendo al tipo de nervadura las hojas se clasifican así:

Dicotiledóneas:

- 1) **Pinnada:** Cuando presenta una vena primaria única la cual constituye el origen de las venas laterales mayores. Comprende los siguientes subtipos:
 - a) **Craspedódroma:** Cuando las venas laterales terminan en el margen.
 - b) **Camptódroma:** Cuando las venas laterales no terminan en el margen pudiendo existir los siguientes subtipos:
 - b.1) **Broquidódroma:** Cuando las venas laterales se juntan en series de arcos prominentes formando una vena pseudo-marginal.
 - b.2) **Eucamtodódroma:** Cuando las venas secundarias se arquean hacia arriba y disminuyen hacia los márgenes.
 - b.3) **Reticulódroma:** Cuando las venas secundarias pierden su identidad hacia el margen y forman un retículo.
 - b.4) **Cladódroma:** Cuando las venas secundarias se ramifican libremente hacia el margen.
 - c) **Hifódroma:** Cuando solo hay una vena media presente.
- 2) **Estriadódroma:** Cuando las venas mayores que se originan en la base del limbo no son equidistantes a lo largo de su curso anastomosándose hacia el ápice.
- 3) **Campilódroma:** Cuando varias venas primarias o sus ramificaciones se originan cerca o en un punto único formando arcos curvos antes de converger en el ápice del limbo.

- 4) **Acródroma:** Cuando existen dos o más venas primarias o secundarias que se extienden en arcos convergentes hacia el ápice.
- 5) **Actinódroma:** Cuando presenta 3 o más venas primarias las cuales divergen radicalmente de un punto único.
- 6) **Palinactinódroma:** Cuando presenta venas primarias las cuales tienen uno o más puntos subsidiarios de radiación por encima del punto más bajo.

Monocotiledóneas:

Presentan varios tipos siendo el más común el estriado cerrado encontrándose los siguientes subtipos:

- a) **Estriado:** Cuando la venación es paralela.
- b) **Estriado arqueada:** Cuando las venas laterales se curvan antes de llegar al ápice.
- c) **Estriadopinnada:** Cuando las venas laterales divergen de manera pinnada, similar a la de las Dicotiledóneas.

11. Descripción según su superficie:

- a) **Glabra:** Con superficie lisa, sin pelos.
- b) **Pubescente:** Cuando presenta superficie recubierta por pelos finos y suaves.
- c) **Aterciopelada:** Cuando presenta superficie recubierta por pelos cortos y tupidos.
- d) **Seríceo:** Con pelos inclinados y relucientes como la seda.

- e) **Hispida:** Con pelos ásperos y gruesos.
- f) **Vellosa:** Con pelos intermedio entre los pubescentes y los hispidos
- g) **Tomentosas:** Cuando los pelos son ramificados.
- h) **Pilosa:** Con tricomas suaves y largos.
- i) **Velutina:** Cuando está cubierta por tricomas densos, largos, suaves y rectos.
- j) **Bullada:** Como con ampollas.
- k) **Rugosa:** Con pliegues o arrugas.
- l) **Hirsutas:** Con pelos rígidos y ásperos al tacto.

12. Descripción según estípulas.

La estípula es un apéndice basal de un peciolo y podemos localizar los siguientes tipos:

- a) **Adnadas:** Unidas al peciolo.
- b) **Ocreadas:** Cuando dos estípulas axilares rodean al tallo por completo formando un tubo.
- c) **Foliáceas:** Son verdes y tienen la apariencia y consistencia de una hoja.
- d) **Infrapeciolares:** Colocadas entre la base del peciolo y el tallo.
- e) **Interpeciolares:** Están colocadas sobre el tallo, casi siempre entre las bases de hojas opuestas.
- f) **Protectoras:** Cuando cubren una yema.

- g) **Lateral:** Si se hallan lateralmente al pie del peciolo.
- h) **Concreseentes:** Cuando están unidos.
- i) **Opositifolias:** Cuando están opuestas.

MODIFICACIONES DE LA HOJA

Existen hojas que ayudan en la nutrición de la planta (carnívora), así como también, otras se especializan como estructuras protectoras de meristemos de partes reproductivas.

Tipos de hojas modificadas:

- a) **Embriófilos:** Forman parte del embrión y tienen como función digerir, absorber y almacenar sustancias del endospermo, para alimentar a la plántula.
- b) **Hipsófilos:** Son hojas modificadas que protegen a las flores.
- c) **Calículo:** Son apéndices foliares en la parte externa del cáliz.
- d) **Catáfilos:** Son hojas modificadas carentes de clorofila que se localizan en órganos subterráneos.
- e) **Pérulas:** Son hojas modificadas las cuales protegen las yemas en estado durmiente. **(Figura. 1.55).**
- f) **Ascidios:** Son hojas modificadas en forma de jarra que poseen en la boca una especie de anillo de pelos, orientados hacia el fondo así como glándulas.

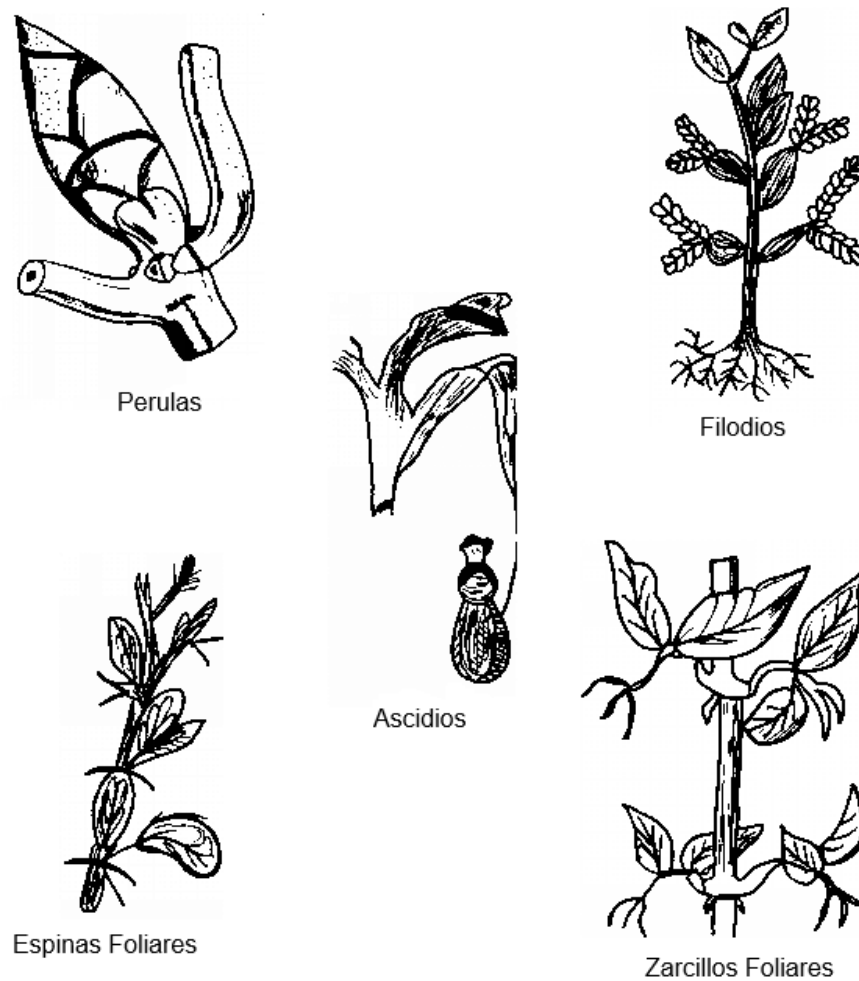


Fig. 1.55 Tipos de hojas modificadas

- g) **Secretoras de néctar:** Permiten atraer insectos hacia el interior del escidio.
- h) **Filodios:** Constituye dilataciones laminares del peciolo y que en ciertos casos reemplazan a los limbos de la hoja.
- i) **Zarcillos:** Son foliolos transformados que desempeñan función mecánica o de sostén.
- j) **Esporofilos:** Cumplen funciones reproductivas: son los estambres y carpelos.

- k) **Espinas:** Son estructuras endurecidas y puntiagudas, subyacentes a una yema o a un vástago presentando tejidos vasculares.

LA ADAPTACIÓN DE LA HOJA AL MEDIO

La hoja típica y corriente tiene exclusivamente una función asimiladora (fotosíntesis). En las regiones áridas a veces las hojas son sustituidas por espinas, con el fin de reducir la superficie de evaporación (**cactus**, etc.). En algunas plantas acuáticas, ciertas hojas se transforman en finas láminas acintadas, semejantes a raíces que absorben el agua.

Algunas plantas que están obligadas a ahorrar agua como los **sedum** de montaña o las **salicornias** de las orillas del mar, tienen hojas hinchadas y carnosas que constituyen reservas de agua.

Las plantas carnívoras que crecen en los medios pobres en nitrógeno (turberas), poseen hojas transformadas en trampas para insectos (droseras, **dionaea**, etc)

Las plantas trepadoras deben poder adherirse: para ello están provistas de zarcillos que se enrollan alrededor de los soportes. En algunos casos (leguminosas), es la hoja que se transforma en zarcillo.

Adaptaciones de la hoja

Para adaptarse a las condiciones en que tienen que vivir las plantas, las hojas se modifican con frecuencia:

1. Adaptación a la **dirección** de la planta, o sea, a su sostenimiento: plantas de tallos débiles como el doncenón y la alverja tienen los folíolos terminales transformados en zarcillos o sea prolongaciones filiformes, para arrollarse a los objetos vecinos y así levantarse del suelo; en el manto de María algunas hojas tienen el pecíolo alargado y con él se enroscan en objetos delgados, con lo cual la planta logra levantarse y extenderse.
2. Adaptación para la **defensa** de la planta: en lugares áridos suele haber plantas de hojas carnosas, que por eso, son apetecibles a la voracidad de los animales: de ellos se defienden por medio de los aguijones con que se cubren, así pasa con la pita o cabuya, con los cardos, con el espino de oro o táchuelo, etc. Algunas plantas como los cactus tienen transformadas totalmente las hojas en espinas o tunas, formaciones leñosas muy aceradas, que libran el tallo de los mordiscos de los animales.
3. Adaptación del clima. En los páramos y lugares helados los frailejones se defienden del frío por medio de la espesa lanilla que recubre sus hojas, y nuestra árnica con una sustancia viscosa. Y en el otro extremo, en lugares secos o ardientes las hojas se vuelven suculentas, acumulando notable cantidades de jugos de reserva que las capacitan para resistir las largas sequías, así pasa con muchas Crasuláceae como el chupahuesos de los tejidos, la hojasa o colombiana de los vallados, y los cactus que además del tallo jugoso tienen las hojas reducidas a espinas, con lo cual reducen al mínimo la transpiración. En los arenales sofocantes de la hoja del río Cabrera entre el Huila y el Tolima, los cactus gigantes cubren

grandes extensiones y dan al paisaje un aspecto extraño y misterioso.

4. Adaptación al **medio**. En plantas acuáticas con frecuencia las hojas que salen a la superficie son diferentes de las que viven dentro del agua, las cuales por estar impedidas casi totalmente para el ejercicio de sus funciones se atrofian y aún quedan reducidas al nervio central. En cienegas y zanjas de los potreros de tierra fría abunda el buchón de hojas abultadas, en las que se ha formado una masa esponjosa que las hace aumentar de volumen, y servir así de flotadoras para que las plantas sobrenaden. Por último las hojas o catáfilos que protegen las yemas, y las subterráneas que envuelven los bulbos de la azucena, la cebolla, etc, quedan reducidas a escamas o telitas amarillentas. Todas estas son adaptaciones de las hojas al medio en que vive la planta o alguno de sus órganos.
5. Adaptación al alimento. Los cotiledones de las plantas superiores no son sino hojitas cargadas de reservas nutritivas para alimentar el embrión. Los filodios que existen en varias acacias de Australia, en donde los rayos quemantes del sol no permiten un desarrollo normal de las hojas, reemplazan al limbo en su función alimentadora, y se colocan de filo a los rayos solares para evitar sus efectos perjudiciales. En plantas carnívoras exóticas, a veces cultivadas por aquí, hay transformaciones muy curiosas: las hojas de los *Nepenthes* se convierten en jarritos llamados ascidios, que sirven de reservorios de agua que atraen animalitos que son luego digeridos con las enzimas que segregan las hojas; la atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) de Norte América tiene

sus hojas en forma de bisagras, con los bordes erizados de pelos, y al menor contacto de un insecto se cierran capturando al animalillo; y la Drosera rotundifolia, de Europa, aprisiona y mata los insectos que la visitan con los largos pelos rígidos de sus hojas.

FUNCIONES DE LA HOJA

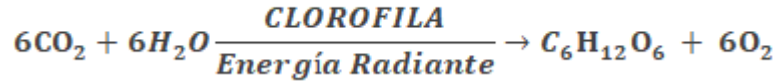
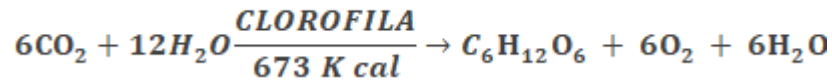
- 1) **Fotosíntesis:** Es la fijación del carbono utilizando las radiaciones luminosas. Proceso por medio del cual las plantas con clorofila sintetizan compuestos orgánicos utilizando para ello agua, bióxido de carbono, energía lumínica, clorofilas y enzimas y libera oxígeno al ambiente para la respiración de los seres vivos.

En la fotosíntesis se suceden una serie de numerosas reacciones químicas complejas, donde hay producción de carbohidratos, oxígeno y agua.

La energía lumínica es transformada en energía química. Las sustancias de reacción son CO_2 (tomado del aire a través de los estomas por difusión) y agua (tomada del suelo a través de raíces). El material absorbente de la luz es la clorofila a (pigmento verde presente en los cloroplastos).

Productos obtenidos: Glucosa, oxígeno (liberado) y nueva formación de agua.

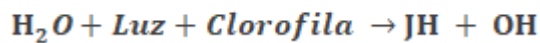
La representación general del proceso se puede expresar mediante la siguiente ecuación:



De la energía radiante o luminosa, que cae sobre una hoja solo un 5 - 8% es convertida en energía química. Absorbiéndose principalmente los colores rojos- violeta y azul.

Durante este complejo proceso de la fotosíntesis ocurren los siguientes pasos: Las dos primeras con reacciones a la luz:

Fotólisis. Escisión de la molécula de agua.



El H es usado para producir NADPH₂

1. Fosforilación fotosintética. Hay formación de ATP el cual se ha designado como la moneda energética para las células vivas porque constituye el vehículo químico de energía para la mayoría de las reacciones metabólicas que la constituyen.
2. Fijación y reducción del CO₂ a Hidratos de Carbono (de mayor contenido energético) usando NADPH₂ y ATP. Esta última reacción es en la oscuridad.
- 2) **Transpiración:** La mayor parte del agua absorbida es dispersada por las hojas estos actos se realiza de dos maneras: transpiración (dispersión del agua en forma de vapor) y gutación (dispersión del agua en estado líquido). La transpiración puede ser cuticular y estomática, también existen transpiración lenticelar.

La transpiración cuticular. Es de menor magnitud y está regulada por el mayor o menor desarrollo de la cutícula, presencia de revestimiento cerosos, abundancia o no de cobertura tricomatosa.

Transpiración estomática es la más importante, comprende dos fases:

- a) Paso del agua del estado líquido al gaseoso; esto ocurre sobre las paredes húmedas de las células del mesófilo en contacto con los espacios intercelulares.
- b) Difusión de este vapor desde estos espacios hacia el exterior a través de la apertura estomática.

Principales factores externos que afectan la transpiración:

Luz (A mayor luminosidad hay mayor temperatura y una mayor apertura estomática).

Humedad relativa de la atmósfera (A mayor contenido de humedad en la atmósfera hay una menor transpiración).

Temperatura: Movimiento del aire alrededor de la hoja.

Humedad del suelo y otros factores que afectan la absorción de agua por las raíces.

La transpiración es más rápida durante el día, que durante la noche.

En la rata o velocidad de transpiración, también intervienen factores internos fisiológicos y anatómicos de la planta (Ej. Conducta estomática, presencia de materiales coloidales en el protoplasma, que retienen tenazmente el agua, modificaciones foliares, tejidos

parenquimáticos, acuífero, cutina, estomas en cavidades hundidas, tamaño de las hojas, pérdida de las mismas, etc.

Gutacion. Pérdida o dispersión de agua en estado líquido a través de los hidátidos, que se encuentran en las márgenes y ápice foliar en las terminaciones de las nervaduras o venas. Ella se da cuando hay una humedad relativa alta, temperatura baja y un alto contenido de humedad en el suelo.

Los hidátidos. Son estructuras secretoras situadas generalmente en los extremos de las nervaduras, y generalmente comprenden un tejido especial, el epítima y la abertura de salida que es llamado estoma acuífero.

- 3) **Almacenamiento.** En las células del limbo se almacena parte de los alimentos producidos en la hoja.
- 4) **Respiración.** Tiene como objetivo la transformación de la energía de los alimentos en ATP. Síntesis de sustancias como proteínas, grasas, sustancias de crecimiento, inhibidores, etc.
- 5) **Reproducción vegetativa.** Ocurre por la formación de meristemoides o meristemas adventicios (que son un grupo de células meristemáticas, cuya actividad origina formación de estomas, tricomas, yemas adventicias, etc) a partir de células epidérmicas o sub-epidérmicas que originan yemas adventicias que darán lugar a una nueva planta. Algunas especies poseen hojas que al desprenderse y hacer contacto con el suelo pueden desarrollar yemas y raíces adventicias que les permite originar una nueva planta.

ANATOMÍA DE LA HOJA

La hoja es el órgano más variable de la planta presentando modificaciones en su estructura como respuesta a diferentes hábitats, siendo determinantes de dicho comportamiento entre otros factores la disponibilidad de agua, deficiencia de nutrientes y el frío. Por ser la hoja un órgano laminar debe hacerse una distinción entre las dos superficies foliares: la que está más próxima a la superficie del tallo y que por general mira hacia arriba se denomina haz, cara adaxial o cara ventral y la superficie alejada del tallo corresponde al envés, cara abaxial o cara dorsal. La hoja consta de tejido dérmico, vascular y fundamental, generalmente sin crecimiento secundario y si lo presenta es en algunos peciolo y nervios mayores.

Tejidos adultos primarios:

1. **Epidermis.** Persiste durante toda la vida de la hoja. La epidermis se encuentra por debajo de la cutícula y está constituida por células planas. En ella se encuentran los estomas, en especial, en la epidermis abaxial de la hoja recibiendo la denominación de las hojas hipostomáticas, en otros casos pueden localizarse también en la apidermis adaxial o superior de la lámina y la hoja se llama epistomática. También pueden presentarse en ambas caras y se llaman hojas anfistomáticas.

Un estoma está constituido por dos células arriñonadas llamadas células oclusivas o de cierre, que se colocan una frente a la otra, por su parte cóncava, dejando entre ambas un espacio llamado ostiolo.

El ostiolo se continúa hacia dentro con la cámara subestomática, la cual se encuentra enclavada en el tejido clorenquimático de la hoja y se continúa con la red de espacios intercelulares de la planta. De ésta manera es posible realizar el intercambio gaseoso entre el medio circundante y la intimidad de los tejidos, que es la verdadera función de los estomas. **(Figura. 1.56).**

De igual manera localizamos en la epidermis células típicas o epidermis, tricomas y otro tipo de células especializadas como células súberosas y silícicas, células buliformes y células bisagra en Monocotiledóneas especialmente en Gramíneas y Ciperáceas.

Las células epidérmicas presentan diversas formas, no presentan espacios intercelulares y carecen de cloroplastos, existiendo frecuentemente leucoplastos que rodean al núcleo. Los tricomas son excrecencias epidérmicas que varían en su composición y estructura y que le sirven a la hoja como protección contra depredadores y contra la radiación solar intensa, así como en la absorción y secreción.

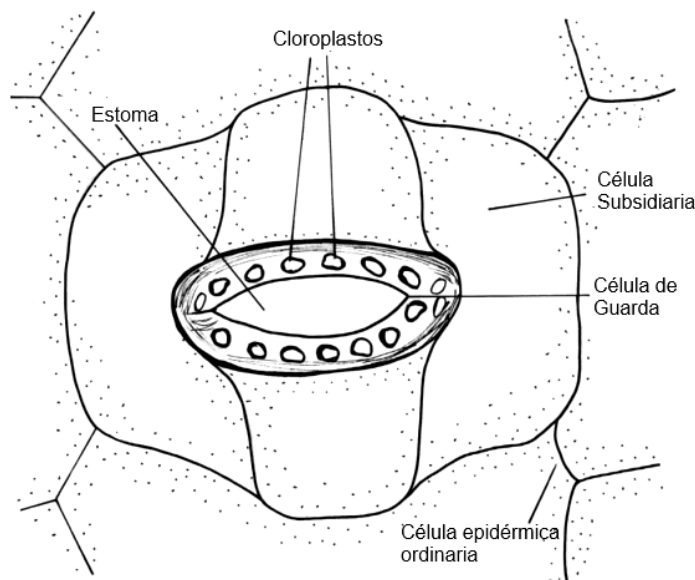


Fig. 1.56 Estoma

Los tricomas se clasifican en.

- a) **Papilas:** Son tricomas unicelulares cortos.
- b) **Simples:** Son los que no se ramifican y pueden ser cortos o largos y unicelulares o pluricelulares.
- c) **Tricomas:** Con dos brazos á cinco brazos: con dos brazos en forma de T-U-V-Y-J
- d) **Estrellados:** Con numerosos brazos.
- e) **Escamas:** Presentan forma de escudo y pueden ser sésiles o peltadas
- f) **Pelos dendríticos:** Ramificados a lo largo de un eje pudiendo ser unicelulares, pluricelulares, uniseriados y multiseriados.

Cutícula. La cutícula se encuentra recubriendo, de manera completa e ininterrumpida toda la superficie de la lámina foliar, con excepción de los estomas. Está formada por cutina, careciendo de celulosa, por completo, lo cual es una de sus características más notables en relación a su composición. Falta en las raíces y en los órganos sumergidos de las plantas acuáticas. Su espesor es inferior al de las capas celulósicas, de las cuales se distinguen bien por su mayor refringencia.

2. Mesófilo. Con este término se designa la parte comprendida entre la epidermis adaxial o superior y la abaxial o inferior de la hoja.

El mesófilo se encuentra tanto más desarrollado cuando mayor sea la cantidad de rayos solares que reciba. La porción más externa del mesófilo está constituida por células alargadas, colocadas una al lado de la otra con pequeños espacios intercelulares, abundantes cloroplastos y constituye el llamado tejido en empalizada, que es el representante más especializado y característico del clorenquima. La cantidad de capas de células que constituyen el tejido en empalizada no es constante, pues, varía de acuerdo con las condiciones ambientales. La porción del mesófilo que se encuentra por debajo del tejido en empalizada, ocupa la parte media de la hoja y que en ocasiones puede llegar hasta la epidermis abaxial se denomina parénquima lagunoso o esponjoso, por presentar grandes espacios intercelulares que le dan apariencia lagunosa. Las células del parénquima lagunoso presentan poca cantidad de cloroplastos por la cual la función clorofiliana se efectúa con poca intensidad.

En muchas Monocotiledóneas el mesófilo no se diferencia en empalizada y esponjoso existiendo un clorénquima con características similares hacia las dos epidermis y en este caso la hoja se denomina isolateral o equifacial. Las hojas con mayor exposición al sol del envés presentan dorsiventralidad opuesta.

La hoja unifacial no presenta diferenciación entre haz y envés y se origina por el aplanamiento de una hoja cilíndrica y ambas caras tienen igual exposición al sol y por ende presentan la misma anatomía.

Generalmente el parénquima en empalizada presenta mayor cantidad de cloroplastos que en el parénquima esponjoso. Ejemplo.

Fragaria - 86- 14

Ricinus – 82 - 18

Helianthus – 73 – 27

Brassica – 80 – 20

Phaseolus – 69 – 31

3. **Tejido vascular.** Los tejidos conductores están distribuidos en toda la hoja formando un sistema en el plano medio de la lámina, paralela a la superficie y que corresponde a lo que se conoce como nerviación. Las venas no son más que los haces vasculares de las hojas que la recorren por completo. Por lo general los tejidos conductores configuran haces colaterales en los que el xilema se presenta hacia el lado adaxial y el floema hacia el lado abaxial. Los haces vasculares pequeños ubicados en el mesófilo, están envueltos por una capa de células dispuestas en forma compacta constituyendo la vaina vascular.

Generalmente en las Dicotiledóneas sólo se presenta una vaina constituida por células esclerificadas y en la mayor parte de las Gramíneas se presentan dos vainas concéntricas y adyacentes, siendo más externa la vaina de parénquima y la mas interna denominada mestoma está constituida por células con paredes engrosadas.

VARIACIONES EN ANATOMÍA FOLIAR

La anatomía foliar se ha asociado a diferentes metabolismos fotosintéticos. Ello conlleva a la diferencia en cuanto a la fijación y asimilación fotosintética del CO₂. Las reacciones de fijación de carbono, se llevan a cabo en condiciones que no requieren luz, aunque algunas enzimas son reguladas por esta; se realizan en el estroma mediante el Ciclo de Calvin. El NADP y el ATP formados en

las reacciones que capturan energía lumínica se utilizan para reducir el dióxido de carbono. El ciclo produce gliceraldehído fosfato, a partir del cual puede formarse glucosa y otros compuestos orgánicos. El resultado de estas reacciones es que la energía química del ATP y del NADP se usa para incorporar carbono a moléculas orgánicas.

La transformación química del CO_2 no está directamente ligada a las dos reacciones de luz. Estas últimas proporcionan oxígeno, ATP y $\text{NADP-H} + \text{H}$, los dos últimos satisfacen las necesidades de hidrógeno listo para reaccionar y la energía química para la transformación del CO_2 a carbohidratos.

Aunque el esquema de reducción del CO_2 conocido como Ciclo de Calvin ha sido demostrado en la mayoría de los organismos fotosintéticos, se han encontrado variantes en la etapa de la fijación del CO_2 . Estas variaciones afectan no solo al mecanismo molecular de la fijación sino también a lugares de la planta donde se producen y al momento en que ocurren los procesos, y tiene profundas implicaciones fisiológicas, y por tanto adaptativas, en las plantas.

Plantas C3. Las plantas C3 tienen fijación diurna del CO_2 , presentan fotorrespiración en la que consumen cerca del 30% del O_2 incorporado. Su producto primario de fijación es el ácido fosfoglicérico, una molécula de 3 carbonos

Características de las Plantas C3

- Forma de la hoja: gran volumen y poca superficie. De aspecto carnosos (hojas suculentas)
- Células con paredes muy engrosadas, con cutícula gruesa. En algunas plantas la epidermis es pluriestratificada.
- Abundantes tricomas: protección de la luz y evitar la pérdida de agua.
- Son plantas que viven en climas áridos.
- El 85% de las plantas superiores son de tipo C3 (casi todas las arbóreas)
- Se llaman así porque en las de tipo C3 el primer compuesto orgánico fabricado en la fotosíntesis tiene 3 átomos de carbono.
- Las plantas de tipo C3 se ven favorecidas con respecto a las plantas de tipo C4, ya que las plantas de tipo C3 requieren menos energía para realizar la fotosíntesis.
- El CO_2 entra en el ciclo de Calvin y se fija a la RuDP produciendo dos moléculas de PGA (3C).
- Abundante parénquima en empalizada en ambas caras y que puede formar varias capas. Parénquima lagunar escaso o ausente. En su lugar parénquima acuífero.
- Abundante xilema.
- Abundantes estomas protegido en criptas o hundidos.
- Pueden estar enrolladas sobre sí mismas.
- Tienen una anatomía normal.
 - En las Gramíneas C3 la disposición es distinta

- Las células de la vaina no poseen cloroplastos y son pequeñas.
- La vaina mas interna que rodea al haz se llama vaina del mestoma entre haces.
- Suele haber más de 4 células de mesófilo.
- Ejem. Coníferas- árboles- helechos- trigo- cebada- remolacha- patata- arroz- tabaco- colza- olmo.

Plantas C4. Las plantas C4 cuyos productos primarios de fijación son ácidos de 4 carbonos, málico, aspártico; originados a partir del ácido oxalacético con fijación diurna del CO₂ y baja fotorrespiración. Un carácter anatómico en estas plantas es la disposición ordenada de las células del mesófilo con relación a la vaina del haz, formando capas concéntricas alrededor del haz que se conoce como tipo anatomía Kranz

Características

- Poseen la denominada anatomía Kranz o en corona.
- En las Gramíneas C4 las células del mesófilo y de la vaina del haz forman dos capas concéntricas alrededor de los haces conductores.
- Las células de la vaina son voluminosas y con grandes cloroplastos con pocas granas y mucho almidón
- Las células del mesófilo poseen cloroplastos, con muchas granas y poco almidón.

- Generalmente solo hay de 2 a 4 células de mesófilo entre vainas adyacentes.

En las llamadas plantas C₄, la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa PEPC une primero el dióxido de carbono al fosfoenol piruvato (PEP) para formar un compuesto de cuatro carbonos. El dióxido de carbono, así incorporado, atraviesa una serie de reacciones químicas y pasa a niveles más profundos dentro de la hoja, donde finalmente ingresa en el Ciclo de Calvin. Aunque las plantas C₄ gastan más energía para fijar carbono, en ciertas condiciones su eficiencia fotosintética neta puede ser superior a la de las plantas C₃, descritas anteriormente, debido a ciertas características clave que diferencian a las enzimas RuBP carboxilasa (presente tanto en las plantas C₃ como en las C₄) y PEP carboxilasa (presente en las C₄).

1. La enzima PEPC une primero el dióxido de carbono al PEP para formar un compuesto de cuatro carbonos (ácido málico u ácido aspártico).
2. Luego de una serie de reacciones químicas el ácido es transportado a espacios internos dentro de la hoja y finalmente se libera CO₂ que ingresa en el Ciclo de Calvin.

Las plantas que utilizan esta vía, o ruta Hatch-Slack, se llaman comúnmente plantas C₄, gracias al compuesto de 4 carbonos que sirve como aceptor del CO₂. La unión del dióxido de carbono al PEP es catalizada por la enzima PEP carboxilasa. El ácido Oxaloacético generado y en presencia de malato deshidrogenasa y NADH+H⁺, se reduce a ácido málico o se amina produciendo ácido aspártico. Ejem. Caña de azúcar, sorgo, papiros, maíz, mijo.

Plantas CAM. Las plantas CAM o con metabolismo ácido de crasuláceas se caracterizan por fijación diurna y nocturna del CO₂, succulencia y fuertes fluctuaciones de la acidez tisular. Este metabolismo ha sido descrito en crasuláceas, cactáceas, bromeliáceas, orquidiáceas, euforbáceas y liliáceas.

Durante la noche fijan CO₂ en ácidos orgánicos, principalmente málico; los cuales se acumulan en las vacuolas.

Características

- Se caracterizan por ausencia de una capa de células de empalizadas bien definidas.
- Un mesófilo esponjoso llena la mayor parte de la estructura fotosintética.
- La vaina de células que rodea los conductos vasculares es mesofilica.
- Las células del mesófilo contienen además de cloroplastos grandes vacuolas.
- Tienen los estomas abiertos durante la noche, en las que fijan el CO₂ sobre PEP.
- Aparecen estar mejor adaptadas a climas de aridez cíclica diurna, debido a los cambios acosados de temperatura del día a la noche.
- Dióxido de carbono fijado en ácidos orgánicos.
- Liberación de CO₂ en el día y utilizado en el Ciclo de Calvin.
- Reducción de la pérdida de agua, los estomas están cerrados de día.

Es característico de esta ruta fijar ácidos orgánicos, en especial ácido málico, durante el periodo oscuro en las hojas o en las demás partes verdes del vástago de algunas especies vegetales suculentas o semisuculentas como **Bryophyllum, Kalanchoe, Sedum, Kleinia, Crassula, Opuntia**. La variación diurna del contenido de ácido fue descubierta en representantes de la crasuláceas de ahí su nombre. La carboxilación reductiva en la que se basa está definida por la alta disponibilidad de CO_2 en la oscuridad. Durante el día, en la luz, ocurre un desdoblamiento rápido en el que se libera CO_2 el cual entrará directamente al proceso fotosintético.

Otra reacción de carboxilación típica de esta ruta, es la que sufre el ácido fosfoenolpirúvico originando ácido oxaloacético. La reacción es catalizada por la enzima fosfoenolpiruvato- carboxilasa y es de carácter reversible. En presencia de $\text{NADH} + \text{H}^+$ el ácido oxaloacético es luego transformado en ácido málico.

En las plantas CAM se realiza el metabolismo ácido de las crasuláceas; proceso por el cual algunas especies vegetales de climas cálidos y secos incorporan dióxido de carbono durante la noche fijándolo en ácidos orgánicos; el dióxido de carbono es liberado durante el día y utilizado inmediatamente en el Ciclo de Calvin. Este tipo de metabolismo permite reducir las pérdidas de agua asociadas a la apertura de los estomas, por donde difunde el dióxido de carbono; también se conoce como fotosíntesis CAM.

Ejemplo. Cardones- Orquídeas- Patito de Agua- **Kalanchoe-Sedum**- Sempervivum- **Echeveria**.

Xeromorfismo

Las hojas xeromórficas son generalmente pequeñas y compactas; tienen red vascular compacta, alto número de estomas, células epidérmicas pequeñas con paredes y cutícula gruesa, presentan tejidos almacenadores de agua y el parénquima en empalizada es muy desarrollado. Las plantas de los páramos presentan características xeromórficas como respuesta a las bajas temperaturas, altas velocidades del viento, deficiencia de fósforo en el suelo y alta humedad relativa.

Hidromorfismo

Se presentan en plantas que habitan ambientes húmedos presentando generalmente adaptaciones que le favorezcan la transpiración y con ello mantener la velocidad normal de transporte de nutrientes entre otras hojas delgadas, cutículas con paredes celulares delgadas, estomas elevadas sobre la superficie de la epidermis y mesófilo con amplios espacios intercelulares.

Sus principales características son:

- a. Existencia del H₂O por un tiempo determinado.
- b. H₂O de difícil eliminación.
- c. Ausencia de oxígeno disuelto (los microorganismos lo consumen en forma rápida en esta condición).
- d. Presencia de materia orgánica disuelta.
- e. El pH excesivamente ácido.

Se presenta en plantas que habitan en ambientes húmedos.

ABSCISIÓN DE LAS HOJAS

Bajo esta denominación se conoce el fenómeno de desprendimiento que sucede en cualquier parte de la planta. Ej. frutos, partes florales, los extremos de las ramas, ramas enteras y aún hasta las mismas hojas se desprenden de la planta madre. El desprendimiento de las hojas, es ocasionado por la formación de capas celulares especializadas, que determinan la zona de abscisión y se localiza en la base del peciolo o muy próxima a ella. El momento de aparición de la zona de abscisión varía y puede presentarse durante el desarrollo de la hoja o en su defecto después de desarrollada. Entre las características de esta zona, podemos enumerar las siguientes: sus células son parenquimatosas, pequeñas y falta en ellas la lignina; los haces conductores son más cortos y además se nota la ausencia de las fibras en el haz. Estas características dejan ver una manifiesta debilidad estructural de la zona.

Cuando ya la hoja va a desprenderse, se pueden experimentar cambios en la zona de abscisión, así tenemos que: pueden formarse una capa de células a través del peciolo, y luego desprenderse la hoja; puede que las laminillas medias se disuelvan y se produzca el desprendimiento o puede formarse una capa de corcho a través del peciolo y luego desprenderse la hoja. Cabe notar que la capa de corcho puede formarse antes de este fenómeno. Finalmente los vasos son taponados con gomas para evitar la entrada de los insectos.

Flor

La reproducción sexual de las Angiospermas comprende una serie de procesos secuenciales, aun poco conocidos en sus aspectos funcionales, ecológicos, morfológicos, etc, entre los cuales se han señalado:

- a. Inducción floral.
- b. Diferenciación de la yema o yemas florales
- c. Desarrollo efectivo de las flores que concluye con la antesis o apertura floral.
- d. Polinización.
- e. Fecundación doble.
- f. Desarrollo de semillas y frutos.

Inducción Floral: Comprende una serie de cambios fisiológicos en los órganos vegetales que se inician como consecuencia de una interacción entre factores internos de la planta y factores ambientales, comenzando el tránsito del estadio vegetativo al reproductivo, tránsito que se caracteriza, básicamente por la conversión de la yema apical del vástago en yema reproductiva, la cual va a dar formación a los diversos antófilos o a flores en el caso de una inflorescencia o agrupación de flores, en lugar de continuar la formación de hojas y yemas axilares.

Entre los factores ambientales que participan en la inducción floral se incluyen aquellos que muestran una cierta estabilidad en su variación estacional, es decir, no sujeta a oscilaciones bruscas y al azar, como el fotoperiodo, la temperatura y humedad edáfica.

Diferenciación de la yema floral: Tan pronto como corre la inducción floral, se inician cambios radicales en la actividad y morfología del meristemo apical del vástago, dando formación a una yema floral. Estos cambios están relacionados con el tipo de crecimiento definido característico de la última.

Entre ellos se citan:

- a) Aumento de la actividad mitótica, así como de la cantidad de ácido ribonucleico especialmente en la zona periférica.
- b) Alargamiento rápido del ápice, acompañado de un crecimiento en anchura de su base y aplanamiento del mismo.
- c) Este alargamiento es particularmente notorio en plantas con roseta (Bromeliaceae, algunas compuestas y Gramíneas).

- d) A diferencia del meristemo apical que se renueva constantemente, al diferenciarse los diversos apéndices florales, disminuye el tejido meristemático.
- e) Cambio en el tipo de organización histológica, ocurriendo un mayor número de capas en la túnica que se prolonga, además lateralmente y se refiere como manto meristemático, la zona de las células madres se diferencia parcialmente como células vacuoladas similares a las médulas, cosa que también sucede con los meristemas parcialmente diferenciados.

DESARROLLO EFECTIVO DE LAS FLORES

Al diferenciarse la yema floral, se puede consumir totalmente dando formación a una flor ó a una inflorescencia ó al comenzar su actividad ésta, se diferencian en secuencias acrópetas, generalmente, los diversos apéndices florales por divisiones periclinales de células ubicadas a diversos niveles en el manto meristemático, como consecuencia de ello, se forman los primordios de los sépalos, pétalos, estambres y carpelos. Los primordios de los sépalos y pétalos son similares a los de las hojas. Los de los estambres surgen como estructuras cortas, diferenciándose al filamento por crecimiento intercalar posterior. La diferenciación del gineceo varía de acuerdo al grado de unión de los carpelos. Cuando no están unidos surgen los primordios carpelares como una estructura en forma de herradura, en su crecimiento vertical posterior adquieren la forma de una cavidad cerrada; la parte superior del carpelo se diferencia en un estilo con su estigma en la parte superior del mismo.

La flor es el órgano de las plantas formado por un conjunto de hojas modificadas que contienen los órganos de reproducción y que reciben el nombre de verticilos florales.

Prefloración.

Concierne a la disposición y ordenamiento de los sépalos y de los pétalos en el botón floral. La prefloración, es la forma de distribución relativa de las hojas florales en el capullo o botón floral, en consecuencia, es sinónimo de estivación. Los mismos términos usados a propósito de estivación se usan para la prefloración.

Tipos:

- a) **Abierta:** Cuando los pétalos no llegan a tocarse ni a superponerse
- b) **Valvar:** Cuando los pétalos se tocan por sus márgenes o bordes
- c) **Imbricada:** Cuando sus pétalos se cubren y superponen de diversa manera por sus márgenes
- d) **Quincuncial:** En este tipo sólo hay cinco antófilos, dispuestos de tal manera que dos de los cinco son totalmente externos, otros dos completamente internos y el quinto es cubierto por un borde y cubre por el otro. **(Figura 1.57).**



Fig. 1.57 Prefloración Quincuncial

- e) **Vexilar:** Aquí el antófilo posterior queda totalmente al exterior. (**Figura 1.58**).

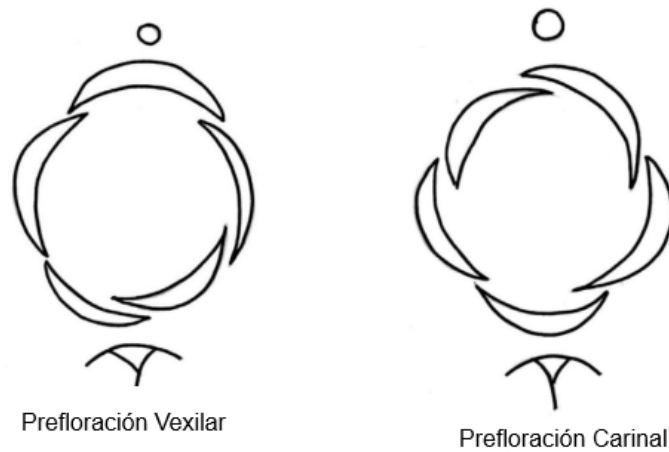


Fig. 1.58 Prefloración Vexilar y Carinal

- f. **Coclear o Carinal:** En este tipo hay cinco antófilos, uno de ellos totalmente externo, y otro, no vecino, queda totalmente interno; los restantes cubren por un borde y son cubiertos por el otro.

Partes de la flor (Figura 1.59)

Pedúnculo. Se da el nombre de pedúnculo al eje que sostiene a una flor en las flores solitarias, o en una inflorescencia simple, ya que en las inflorescencias compuestas se llama pedicelo. Cuando el pedúnculo falta del todo, la flor se llama sésil ó sentada.

El pedúnculo puede ser corto o largo y en el proceso de fructificación se convierte en un eje leñoso que sostiene al fruto.

Receptáculo. Constituye la base distal del pedúnculo presentando una porción engrosada que sirve de asiento a los vertículos florales. Está constituido por entrenudos cortos. El receptáculo, también denominado tálamo por autores modernos si es observado por sus contornos nos ofrece varias formas, que obligan a los verticilos florales a disponerse de igual manera que la adoptada por él. De esta manera, cuando su contorno es espiralado también lo será la disposición de los vertículos florales y se habla entonces de flores acíclicas; cuando es verticilado se hablará de flores cíclicas; y cuando por lo menos en parte forman ciclos se habla entonces de flores hemicíclicas.

Eje Floral. Está constituido por el pedúnculo y el receptáculo juntos. Por consiguiente comprende una porción basal que es estéril y otra distal que es fértil.

Paracaliz. Con este nombre se conoce el conjunto de estructuras estípulares que se encuentran por fuera del cáliz y da la impresión de ser un verticilo calicino suplementario que toma parte en la función

protectora de los sépalos. Es muy común en las malváceas y en las esterculiáceas. En la mayoría de las veces el número de piezas que forman el paracáliz no corresponde con las del cáliz.

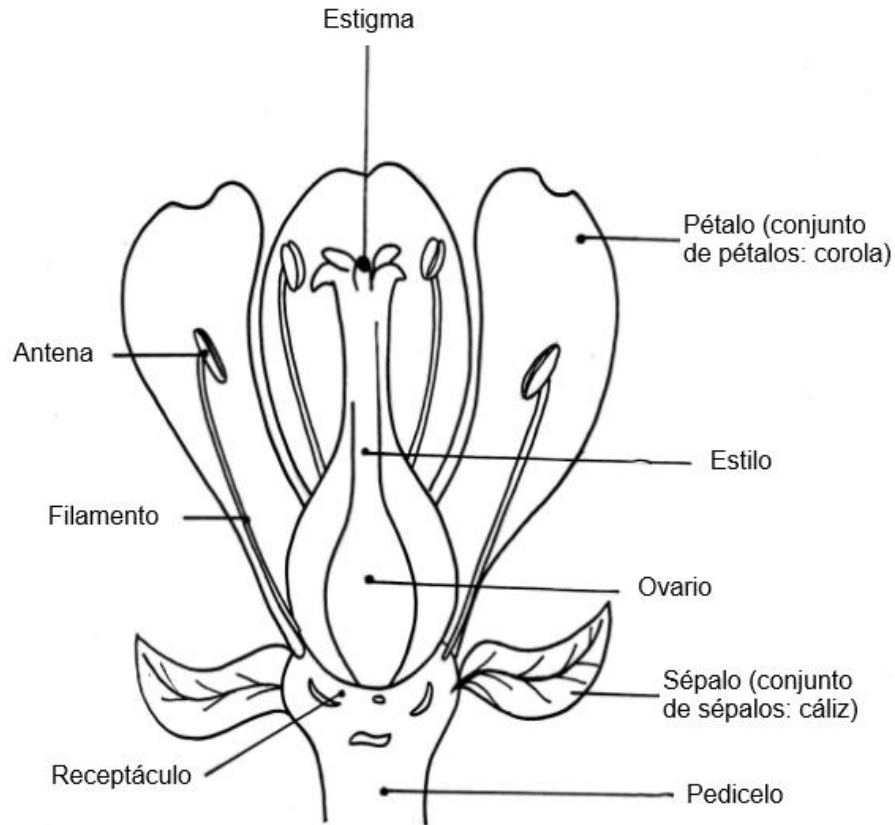


Fig. 1.59 Partes de la Flor

Perianto. Es el conjunto de hojas florales que rodea y protege a los esporófilos (estambres y carpelos) y lo constituye el conjunto de sépalos y pétalos.

Cuando los sépalos y los pétalos son de forma, magnitud, consistencia y color distintos se habla de perianto heteroclamídeo. Y cuando, por el contrario, las características anotadas son coincidentes se habla entonces de perianto homoclamídeo o perigonio.

Por lo que respecta al número de verticilos que forman el perianto, podemos clasificar las flores en:

- a. **Aclamídea o nudiflora:** Las que carecen de perianto y sus órganos sexuales están al descubierto o protegidos por brácteas.
- b. **Haploclamídea:** Presentan su perianto constituido por un solo verticilo, bien sea cáliz o corola.
- c. **Diploclamídea:** Cuando el perianto consta de dos verticilos iguales o diferentes. Ahora bien, cuando los dos verticilos son iguales se llama homoclamídea y cuando son diferentes heteroclamídea.
- d. **Apopétala:** Flores que han perdido su perianto por un proceso regresivo.
- e. La palabra **Perianto** es sinónimo de perigonio, aunque este último término se aplica a flores en las cuales no existe una diferenciación morfológica ni estructural entre cáliz y corola y sus elementos se denominan tépalos.

Cáliz. El cáliz, es el verticilo mas externo del perianto y las piezas que lo integran se denominan sépalos. Su coloración es, generalmente, verdosa. El cáliz puede clasificarse desde los siguientes puntos de vista:

Por su simetría

Por su grado de soldadura

Por su morfología externa

Por su consistencia

Por su duración

Por el extremo apical de los sépalos

Clasificación de los cálices por su simetría: De acuerdo con la distribución de sus sépalos, el cáliz, puede no presentar ningún plano de simetría llamándose por consiguiente asimétrico. Cuando presenta un plano de simetría se le llama irregular o zigomorfo y cuando presenta más de un plano de simetría se llama regular o actinomorfo.

Clasificación del cáliz por su grado de soldadura: El cáliz puede presentar sus sépalos soldados y se llama gamosépalo, o bien presentarlos libres y se llama dialisépalo. (**Figura 1.60**).

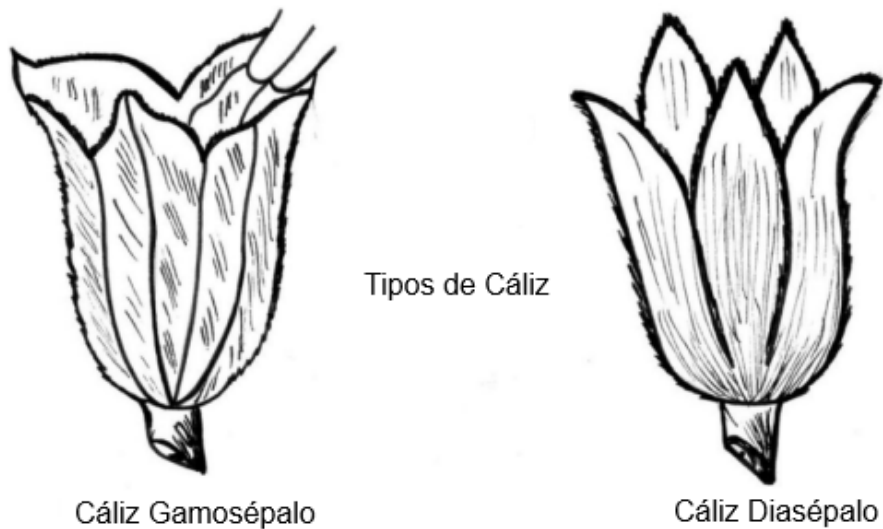


Fig. 1.60 Cáliz Gamosépalo y Diasépalo

En los cálices gamosépalos la soldadura puede ser de diferentes grados, es decir, pueden estar soldados por una pequeña porción, bien a medias o bien en su totalidad o tener apenas sus puntas libres. Así pues, los cálices gamosépalos los podemos clasificar en:

Partido: Cuando la partidura llega hasta más allá de la mitad de su longitud.

Hendido: La partidura llega, a lo sumo, hasta la mitad de su longitud.

Dentado: La partidura sólo llega a formar pequeños dientecitos no puntiagudos.

Aserrado: La partidura sólo llega a formar pequeños dientecitos muy puntiagudos que miran o no hacia el ápice.

Clasificación del cáliz por su morfología externa

Para hacer esta clasificación se toma en cuenta únicamente su apariencia morfológica.

Así pues, existen los siguientes tipos:

Cupuliforme: Con forma de cúpula

Campanulado: Forma de campana

Urceolado: Forma de olla

Tubular: Forma de tubo.

Clasificación del cáliz por su consistencia

Para hacer esta clasificación solo se toma en cuenta su textura o consistencia.

Herbáceo: Consistencia de hierba.

Escarioso: De consistencia membranosa, tiesa, seca, y por lo común translúcida. Ej. Las hojas secas de la cebolla, **Allium cepa**, o del ajo **Allium sativum**.

Cartilaginoso: Con consistencia de cartílago.

Glabro: Desprovistos de pelos.

Peloso: Que posee pelos

Glanduloso: Que posee glándulas

Foliáceo: Con consistencia de hoja

Petaloide: Con consistencia de pétalo

Clasificación del cáliz por su duración

Espinescente: Que se transforma en espina.

Caduco: Es el cáliz que se cae antes de la antesis o al momento de abrirse la flor.

Semicaduco: A este tipo de cáliz también se le llama parcialmente caedizo, en razón de que solo una sola parte de él se cae antes de la antesis o al momento de abrirse la flor.

Persistente: Es el que se conserva en su sitio después de la floración.

Acrescente: Es aquel tipo de cáliz que además de ser persistente crece formando una envoltura membranosa alrededor del fruto y además se transforma en pelos plumosos, cerdas estipitadas, que acompañan al fruto maduro, forman los llamados vilanos.

Clasificación del cáliz por la posición y forma del ápice de los sépalos.

Espinoso o acuminado: Cuando los sépalos terminan en punta sin importar su consistencia.

Conniventes: Cuando los sépalos están separados en su base, y se aproximan suficientemente en su parte superior sin llegar a soldarse, pero sí a tocarse.

Patentes: Cuando los sépalos forman un ángulo abierto de 80° con el tallo.

Reflexo: Cuando el ápice de los sépalos se dirigen hacia la base del tallo en el cual se insertan.

Los cálices zigomorfos o irregulares pueden ser:

Labiados: Son aquellos que presentan dos labios.

Caleados: Cuando alguno de sus sépalos tiene forma de casco.

Espolonado: En este tipo se observa un espolón.

Corola: Es el segundo verticilo de la flor constituida por piezas que reciben el nombre de pétalos, los cuales pueden ser blancos o coloreados y que unido a su fragancia pueden atraer insectos favoreciendo la polinización. En cada pétalo destaca la uña, que es la porción delgada que lo une al tálamo y el limbo que constituye la parte ensanchada.

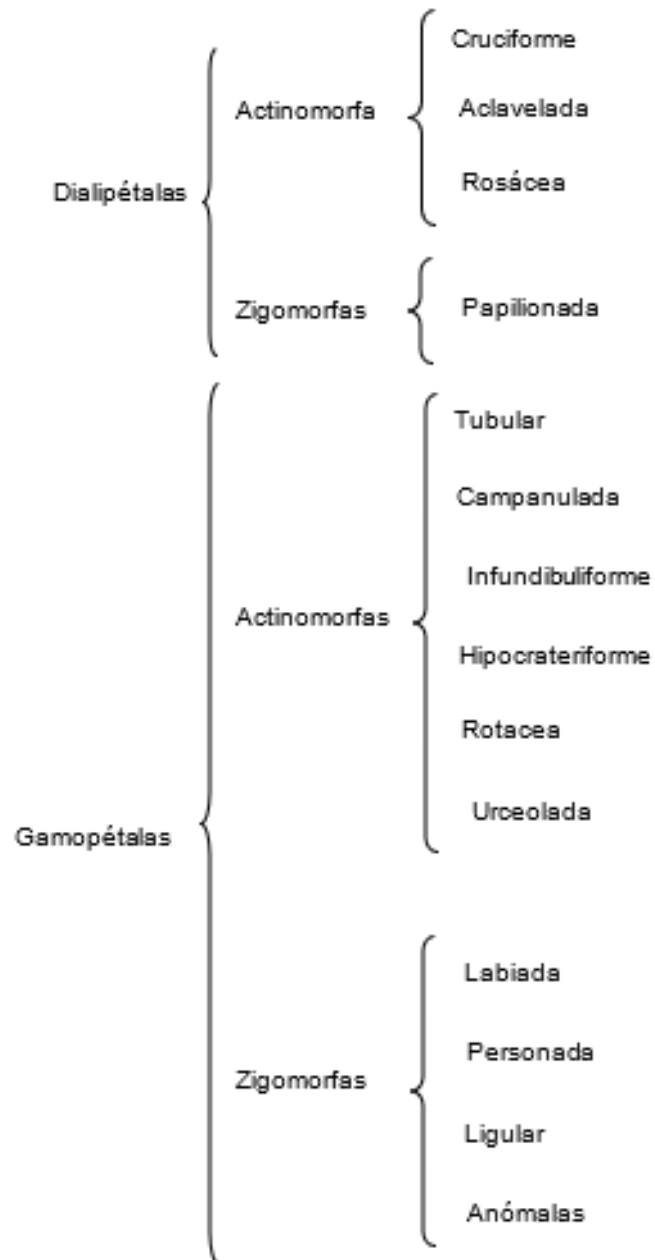
Clasificación de la corola

Para poder hacer una clasificación de la corola es necesario tener presente dos conceptos: a) su simetría y b) su grado de soldadura.

a) De acuerdo con la distribución de sus pétalos, la corola, puede no presentar ningún plano de simetría, llamándose por consiguiente asimétrica; cuando presenta un solo plano de simetría se llamará irregular o zigomorfa y cuando presenta más de un plano se llamará regular o actinomorfa.

b) La corola puede presentar sus pétalos soldados o libres y recibirá la denominación de gamopétala y dialipétala respectivamente.

Basándose en los anteriores conceptos podemos elaborar un cuadro de clasificación de las corolas en la forma siguiente:



Corola cruciforme: Constituida por cuatro pétalos opuestos dos a dos. Recuerda la forma de una cruz.

Corola aclavelada o cariofilácea: Está constituida por cinco pétalos de una larga y distribuidos regularmente.

Corola rosácea: Este tipo de corola también presenta cinco pétalos y distribución regular, pero las uñas son cortas.

Corola papilionada: Presenta un sólo plano de simetría y cinco pétalos. El pétalo superior tiene ancha lámina y es más desarrollado que los demás, llamado vexilo o estandarte. Otros dos laterales son simétricos y forman las llamadas alas. Los dos pétalos restantes, unidos, forman la quilla o carina.

Corola tubular: Con antófilos soldados en un trecho relativamente grande, y el limbo corto o nulo.

Corola campanulada: Su forma recuerda la de una campana.

Corola infundibuliforme: Es aquella que presenta forma de embudo.

Corola hipocrateriforme: Recuerda la forma de una copa pequeña. Presenta un tubo largo y angosto y remata en un limbo patente.

Corola rotacea: Presenta un tubo corto y su limbo dividido profundamente y patente.

Corola urceolada: Muestra un tubo relativamente grande y redondeado. Su limbo es poco desarrollado.

Corola labiada: Corola con cinco pétalos soldados en dos grupos, de dos y tres pétalos que forman un complejo bilabiado.

Corola personada: Es una corola bilabiada, pero se diferencia en que presenta una abolladura, que es el paladar, el cual cierra la garganta corolina.

Corola ligular: Presenta cinco pétalos, tres de los cuales son concrescentes en una prolongada laminilla y los dos otros dos, menos desarrollados, concrescentes entre sí completan un tubito.

Anómalas: Son corolas de una morfología muy variada.

Androceo. Está constituido por el complejo de estambres, representando cada estambre un microsporófilo, u hoja modificada productora de los granos de polen.

El androceo presenta una amplia variación de interés sistemático. Morfológicamente el estambre se ha interpretado de acuerdo a la teoría apendicular como una hoja modificada, otros morfólogos la consideran derivada de una rama fértil reducida. En la generalidad de los casos, se diferencia en el estambre un filamento y una parte fértil: la antera, la cual está formada por dos tecas, unidas por un tejido estéril: el conectivo. Dentro de cada teca se diferencian dos sacos polínicos donde se forman los granos de polen. **(Figura.1.61).**

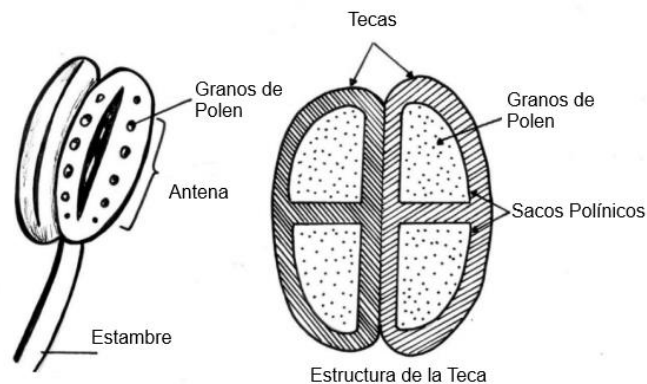


Fig. 1.61 Estambre y Estructura de la Teca

El filamento presenta una estructura simple, constituido por una epidermis cutinizada, un haz vascular anficribal y tejido parenquimático entre el haz y la epidermis.

Las anteras presentan rasgos anatómicos distintivos relacionados con la producción de los granos de polen. La capa de células subepidérmicas constituyen el tapete y son por lo general, multinucleadas, constituyen un tejido nutritivo para la formación de los granos de polen. En la zona más interna se desarrollan las células madres de los granos de polen, por división meiótica cada una de estas células da origen a una tétrada de granos de polen.

Como se dijo, cada una de las dos mitades de una antera se llama teca y en consecuencia cada antera presentará dos tecas. A pesar de eso, existen algunos que solo presentan una sola teca y en consecuencia solo presentarán dos sacos polínicos, como ocurre en las anteras monotecas de las malváceas.

En otras oportunidades, en anteras maduras y completas, se observa, aparentemente, un sólo saco polínico en cada teca; eso es debido a que los tabiques que delimitan la cavidad desaparecen y se produce una integración de cavidades, dando por resultado el fenómeno descrito, es decir, que aparentemente tienen un sólo saco polínico en cada teca; dos por cada antera.

Las formas de las anteras es muy variada y pueden ser:

Anteras ovoidales

Anteras tetraédricas

Anteras globosas

Anteras bífidas

Anteras sagitadas

Clasificación de las anteras

Las anteras pueden clasificarse por: a) su punto de inserción b) por su dehiscencia. c) por el número de tecas. d) por la orientación.

Por el punto de inserción. En base al punto donde se inserta al filamento, la antera puede ser:

Apicifija: Cuando se inserta por el extremo más agudo de la antera.

Vasifija: Cuando se inserta por el extremo más ensanchado de la antera.

Medifija: Cuando el filamento se inserta por la parte media de la antera. Esta inserción bien puede realizarse por la parte ventral y se la llamara ventrifija o bien por la parte dorsal y se llamará dorsifija, como ocurre en las Gramíneas.

Por la dehiscencia: El mecanismo de apertura varía y puede ser:

Longitudinal: Cuando se realiza por medio de dos fisuras longitudinales

Porifera: Cuando los granos de polen son liberados a través de uno o dos poros apicales.

Valvular: Cuando la apertura se realiza a través de valvas.

Transversal: Cuando la apertura se produce por medio de una fisura transversal continúa.

Por el número de tecas

Ditécicas: Cuando poseen dos tecas

Monotecicas: Cuando poseen una sola teca.

Por la orientación

Cuando miran hacia el eje de la flor de modo que el conectivo este por la parte de afuera del eje se le dice introrsa y cuando sucede lo contrario se le llama extrorsa.

Formación del polen

Se produce en los sacos polínicos. En ellos se forman, células diploides que se denominan células madres del polen. Cada uno se divide por meiosis originando cuatro microsporas haploides, que al madurar se transforman en granos de polen.

El polen es una célula vegetativa formado por una doble pared (intina y exina) y por dos núcleos (generatriz y vegetativo) los cuales desempeñan una función vital en la fecundación.

Clasificación de las flores por el número de estambres

Monandras: Si presenta un solo estambre. (**Figura. 1.62**).

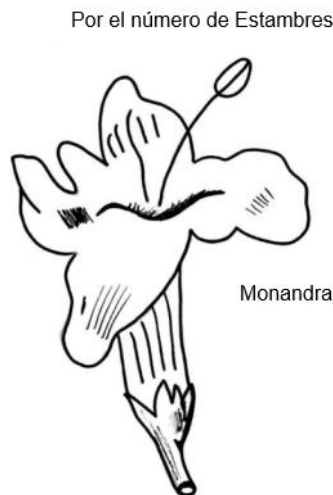


Fig. 1.62 Flor de Monandra

Diandras: Si presenta dos estambres. (**Figura.1.63**)

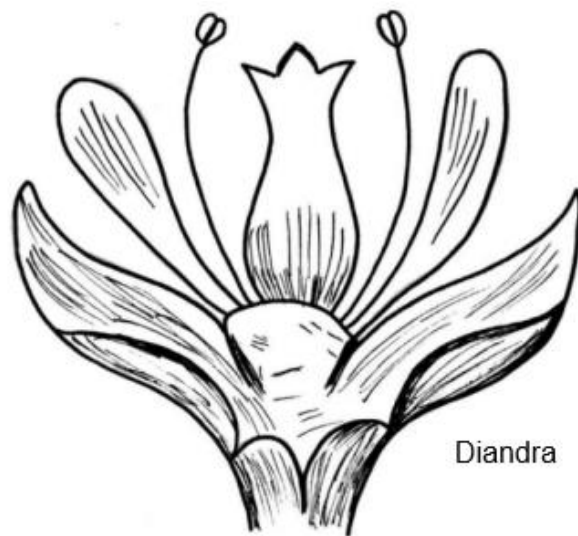


Fig. 1.63 Flor de Diandra

Triandras: Si presenta tres estambres.

Poliandras: Si presentan más de tres estambres.

Soldadura de los estambres

Los estambres pueden presentarse libres en toda su extensión, es decir, pueden salir directamente del talamo sin soldarse con los otros estambres recibiendo la denominación de dialistémonos; pero cuando se sueldan entres sí se les llama gamostémonos, y cuando se sueldan a elementos de otros verticilos como la corola o el gineceo se les llama adnatos.

La unión de los estambres puede llevarse a cabo de cinco maneras, a saber: por las anteras, por los filamentos, por los filamentos y anteras, es decir, estar unidos en su totalidad, a la corola y al gineceo. Cuando se unen por las anteras se les llama sinantéreos o singenéticos. Pueden suceder que las anteras se toquen, sin llegar a soldarse, entonces se le llama conniventes.

Cuando la soldadura se lleva a cabo por los filamentos formando, uno, dos o más manojos se les llama monadelfos, diadelfos o poliadelfos, respectivamente.

En un último caso, cuando la soldadura es total, tanto por el filamento como por la antera se llama sinfiandricos.

Cuando los estambres se sueldan a la corola se llaman epicorolinos y cuando sueldan al ovario se llaman epíginos.

Tamaño de los estambres

En relación al desarrollo de los estambres podemos encontrar los siguientes tipos:

Homodínamos: Cuando tienen aproximadamente la misma longitud. (**Figura 1.64**).

Heterodínamos: Cuando no poseen la misma longitud. En este caso se presentan modalidades a saber: cuando un estambre sobresale de los demás se le llama monodínamo (**Figura 1.65**), cuando son dos los que sobresalen se les llama didínamos (**Figura 1.66**), y cuando son tres se les llama tridínamos.



Fig. 1.64 Estambre Homodínamo



Androceo Monodínamo

Fig. 1.65 Estambre Monodínamo



Androceo Didínamo

Fig. 1.66 Estambre Didínamo

Exortos: Cuando la longitud de los estambres, sobrepasa a la de la corola o en su defecto a la del cáliz.

Inclusos: Cuando la longitud de los estambres, no sobrepasa a la de la corola o en su defecto a la del cáliz

Relación numérica estambre-pétalo: Cuando el número de estambres es igual al número de pétalos, la flor se llama isostémona. Ahora bien, cuando el número de estambres no es igual al número de pétalos, la flor se llamará anisostémona. En las anisostémonas se presentan las siguientes variaciones:

Meyostémonas: Cuando el número de estambres es menor que el número de pétalos en cada verticilo del perianto.

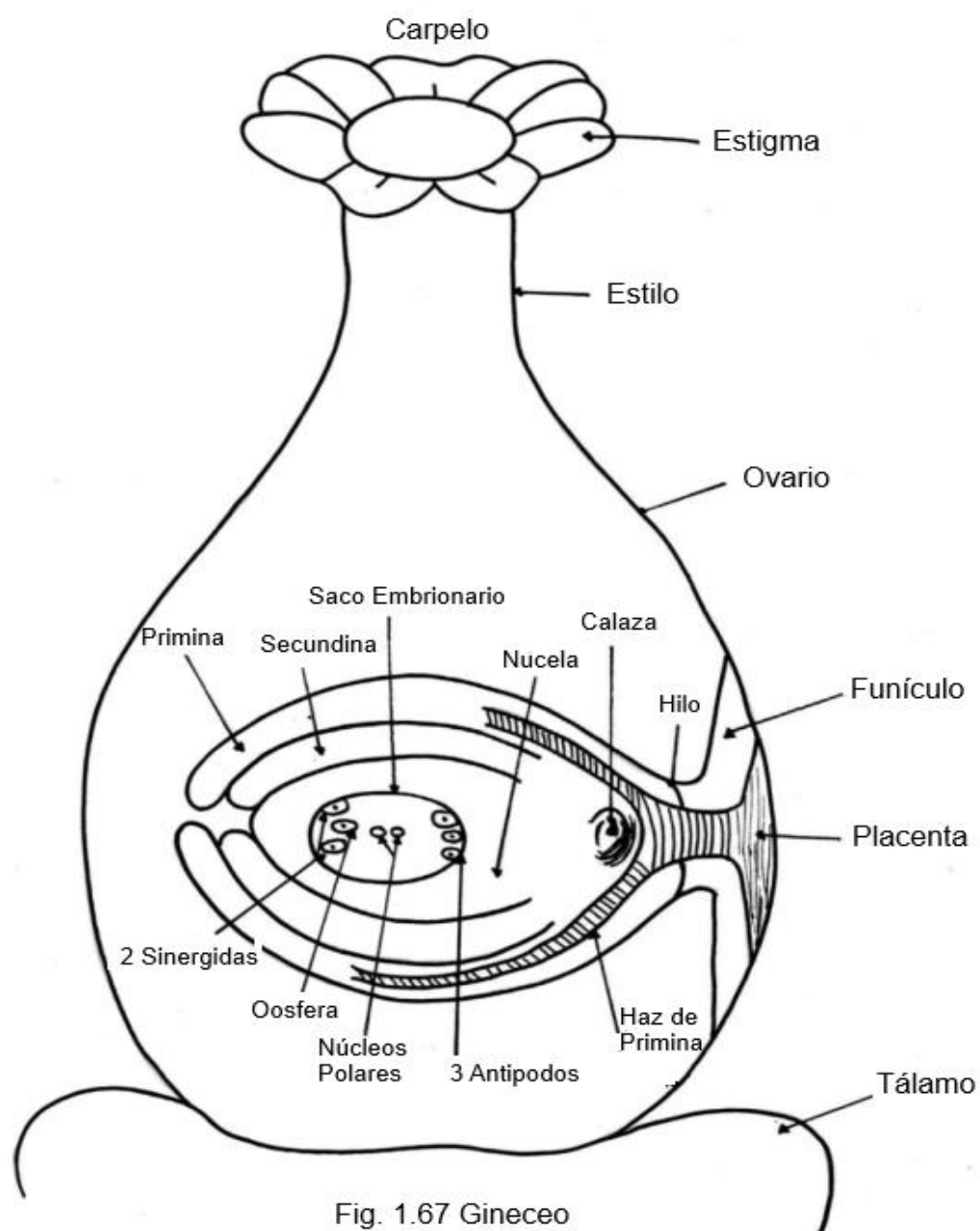
Diplostémona: Cuando el número de estambres es dos veces mayor que el número de pétalos.

Polistémona: Cuando el número de estambres es tres veces mayor que el número de pétalos

Gineceo

Es el órgano femenino de la flor, formado por carpelos u hojas modificadas y especializadas en la formación de los óvulos ó rudimentos seminales. Uno o varios carpelos pueden constituir al pistilo, en el cual se diferencian, por lo general las siguientes partes; una porción basal, ensanchada y hueca, en cuyo interior se diferencian los óvulos ó rudimentos seminales, denominándose ovario; una porción axial, prolongación de las paredes del ovario que recibe el nombre de estilo y en la parte apical del mismo una región ensanchada y especializada como superficie receptora de los granos de polen que se denomina estigma. **(Figura 1.67).**

En los diversos grupos de Angiospermas, el gineceo presenta una serie de variaciones relacionadas con el número de carpelos que lo forman, el grado de concrecencia entre los carpelos, la posición y el grado de concrecencia entre el ovario y el receptáculo, número de cavidades del ovario, tipo de placentación variaciones que representan caracteres de interés sistemático y filogenético. Así por el número de carpelos se halla gineceos nona, bi, tri ó policarpelares. Por el grado de concrecencia de los carpelos se distinguen gineceos apocárpicos, cuando los carpelos permanecen libres entre sí constituyendo tanto pistilos como carpelos existen y gineceos sincárpicos, si las hojas carpelares se fusionan unas a otras. Este tipo pueden formarse una dos, tres o más cavidades o lóculos, designándose el ovario como uni, bi, tri, o, pluricelular.



Tipos de Gineceo

Cuando el gineceo está compuesto por carpelos totalmente libres se habla de gineceo apocárpico y cuando esos carpelos se unen o yuxtaponen, formando una sola estructura, pero conservando tantas cavidades o lóculos como carpelos tenga, se llama gineceo sincárpico, y cuando está constituido por un solo carpelo recibe el nombre de mono carpelar. **(Figura 1.68).**

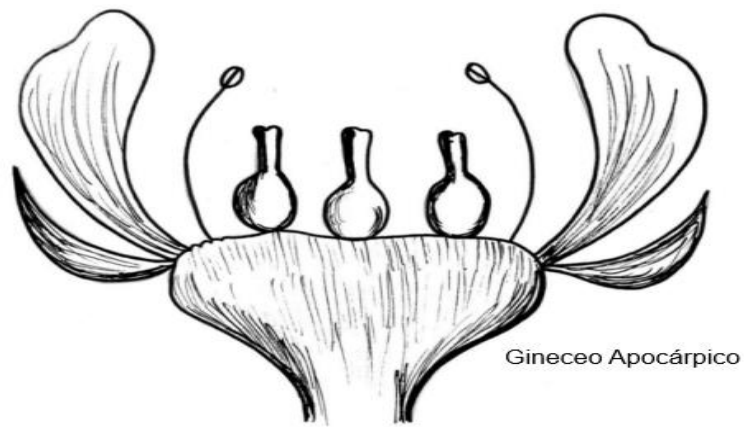


Fig. 1.68 Tipos de Gineceo

Otras partes de la flor

Calículos: Constituyen un conjunto de hipsófilos, de color verde que se encuentran por encima del cáliz.

Bractéolas: Son estructuras que se hallan sobre un eje lateral de cualquier inflorescencia en forma de escamas verdes.

Glándulas: Son estructuras de secreción externa representadas por tejidos secretores, pelos glandulares u osmóforos.

Nectarios: Son glándulas multicelulares que secretan néctar y que frecuentemente se desarrollan sobre los estambres o sobre las paredes del ovario.

Espolones: Son órganos tubulares o cilíndricos que se comunican con el ovario y son el resultado de la transformación del cáliz o de la corola.

Estaminodios: Son estambres que han perdido la función de producir polen, permaneciendo totalmente estériles al final de su desarrollo.

Simetría floral

Está referida únicamente al perianto o únicamente a la corola sin que se tome en cuenta los órganos reproductores u esenciales. De acuerdo a su simetría distinguimos los siguientes tipos de flores:

Actinomorfas: En este caso tiene piezas de perianto de forma y tamaño similar, es decir, que puede ser dividida en dos mitades iguales por un plano vertical en varias direcciones (simetría radial o polisimétrica).

Zigomorfas: Cuando el perianto o solamente la corola exhiben un sólo plano de simetría (simetría irregular o monosimétrica).

Bilaterales: Son las que presentan sólo dos planos de simetría (bisimétricas).

Asimétricas: Son las flores que carecen de simetría, siendo imposible dividir las en dos partes iguales y que puede ser el resultado de reducción, multiplicación o transformación de órganos.

De acuerdo al número de verticilos podemos distinguir los siguientes tipos de flor:

Pentacíclica: Cuando la flor está constituida por cinco verticilos.

Tetracíclica: Cuando la flor posee cuatro verticilos.

Pentámera: Cuando el número de elementos florales en cada verticilo es de cinco.

Tetrámera: Cuando el número de elementos, florales en cada verticilo es de cuatro.

Trímera: Cuando el número de elementos florales en cada verticilo es de tres.

Las Dicotiledóneas son pentacíclicas y pentámeras o tetracíclicas pentámeras mientras que las Monocotiledóneas son pentacíclicas trímeras o tetracíclicas trímeras.

Sexo en la flor

De acuerdo al tipo de estructuras reproductoras que poseen las flores pueden ser:

- a) **Hermafroditas:** Son las flores que presentan los dos sexos, es decir, poseen estambres y carpelos.
- b) **Unisexual:** Son las flores que poseen un solo sexo, o sea, sólo poseen estambres o sólo carpelos, se les denomina imperfectas y pueden ser: estaminada, si solo posee estambres o pistilada, la que solo contiene pistilos.
- c) **Neutra:** Es aquella que no posee ni estambres ni carpelos.

Sexo en la planta

De acuerdo a la condición sexual de las flores clasificamos a las plantas en:

- a) **Monoicas:** Son las plantas que poseen flores unisexuales (estaminadas pistiladas) en la misma, pero en partes distintas de ella (flores estaminadas en una rama y flores pistiladas en otra).
- b) **Dioicas:** Son las especies que poseen flores unisexuales pero con flores estaminadas y pistiladas en plantas separadas, es decir, que las flores estaminadas está en una planta y las pistiladas en otra de la misma especie.
- c) **Polígamas:** Cuando existen flores unisexuales y bisexuales, en la misma planta o en plantas diferentes de la misma especie; puede ser:

Andromonoica: En la misma planta existen flores estaminadas y flores hermafroditas.

Androdioica: Cuando existen flores estaminadas sobre una planta y flores hermafroditas sobre otra.

Ginomonoica: Cuando existen flores pistiladas y hermafroditas sobre una misma planta.

Ginodioica: Cuando existen flores pistiladas sobre unas plantas y flores hermafroditas sobre otras.

Trimonoica: Cuando posee flores hermafroditas, estaminadas y pistiladas.

Poligamodioica: Cuando en la población existen individuos con flores estaminadas, pistiladas, de ambos sexos o hermafroditas.

Tipos de ovarios:

En relación a la posición y grado de concrecencia entre los carpelos y el tálam o se distinguen tres tipos de ovarios: el supero, cuando los carpelos se insertan en la parte apical del tálam o y completamente independiente del mismo; hablándose de flor hipógina por insertarse las otras partes florales por debajo del gineceo, ovario semi-infero, cuando el perianto y los estambres se insertan en el borde de un disco o tubo (hipanto) producto de la fusión de la porción basal de los mismos, hallándose por encima del ovario, en tal caso la flor se designa como perígina y ovario ínfero, cuando el hipanto se fusiona con el ovario hallándose, éste por debajo de los otros órganos florales, refiriéndose como epigina. **(Figura 1.69).**

En resumen podemos señalar:

Las flores hipóginas jamás desarrollan hipanto

Las flores periginas siempre desarrollan hipanto

Las flores hipóginas y periginas poseen ovario superior

Las flores epiginas presenta ovario ínfero o semiínfero.

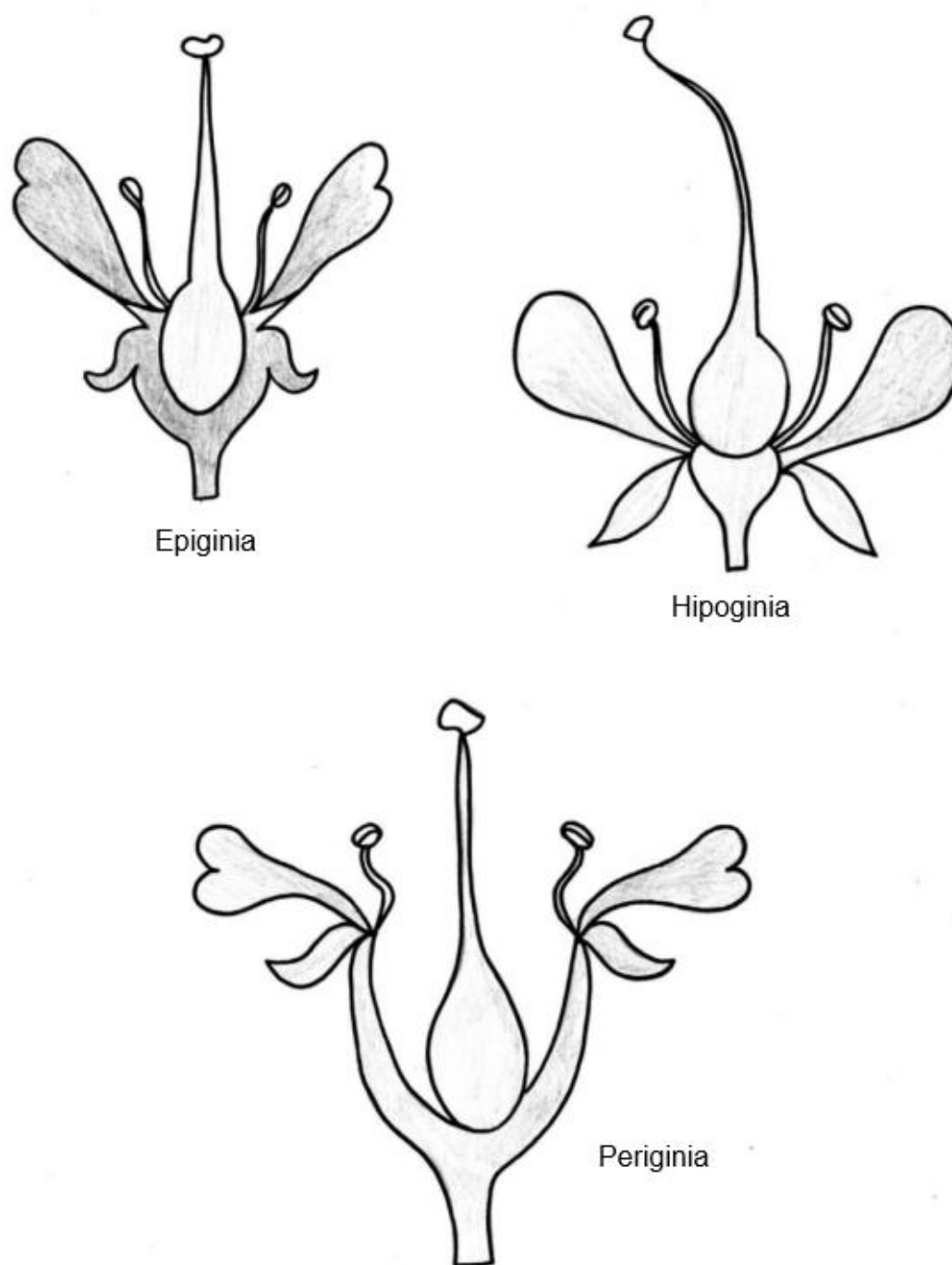


Fig. 1.69 Tipos de Ovarios

Placentación.

Es la disposición de la placenta o placentas en el ovario o en la hoja carpelar, existiendo los siguientes tipos: **(Figura 1.70).**

Placentación parietal: Este tipo de placentación ocurre cuando las placentas se hallan en las paredes del ovario.

Placentación central: Cuando las placentas están dispuestas sobre la columna que atraviesa longitudinalmente la cavidad ovárica, total o parcialmente.

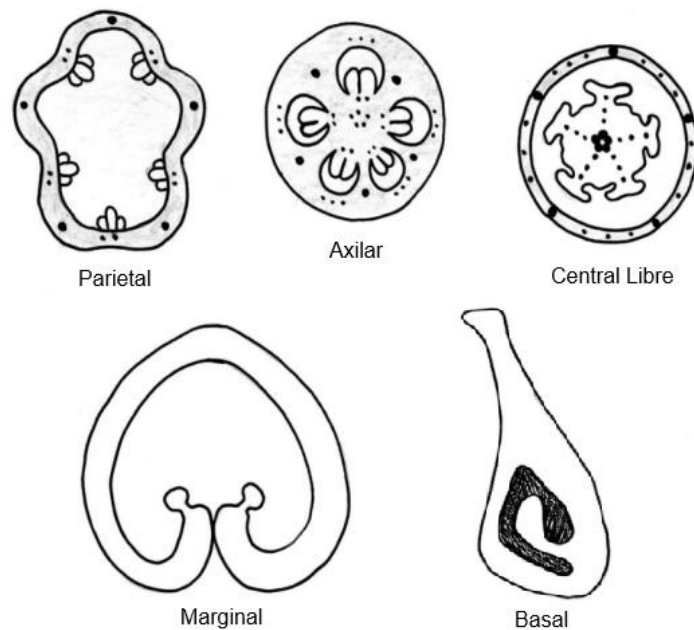


Fig. 1.70 Tipos de Placentación

Placentación apical: En este tipo de placentación central, los rudimentos seminales se forman en el punto que corresponde al extremo superior de la columna que atravesaba longitudinalmente la cavidad ovárica, pues la columna, en esta placentación no existe.

Placentación basal. En este tipo de placentación central los rudimentos seminales se forman en la parte que correspondía a la base de la columna que atravesaba longitudinalmente la cavidad ovárica, pues, en esta placentación tampoco existe la columna.

Cuando la localización de las placentas no se refiere al ovario sino a la hoja carpelar, se presentan los siguientes tipos de placentación: marginal, laminal y axial.

Placentación marginal. Cuando las placentas se encuentran en los bordes del carpelo.

Placentación laminal. Si se halla en la lámina y no en los bordes de la hoja carpelar.

Ovulo ó Rudimento Seminal

En cada ovario es posible encontrar uno o más óvulos, los cuales se han originado de sus respectivas placentas.

En cada placenta se observa una estructura mamiliforme, es decir, con forma de pezón, que está constituida por células vegetativas y esporógenas con abundante citoplasma y núcleos bien aparentes; la nucela. Durante el crecimiento de la nucela se forma un poco por debajo de ella, una estructura que la rodea y se desarrolla más rápidamente, razón por lo cual, en poco tiempo, la nucela quedará recubierta por esa estructura llamada secundina, o tegumento interno del ovulo. En forma similar se forma un nuevo tegumento que cubre a la secundina y se llama primina o tegumento externo.

Ambos tegumentos recubren toda la nucela, excepto en un pequeñísimo punto de la parte distal de su eje, que se conoce con el nombre de micrópilo, el cual generalmente, da paso al tubo polínico.

El cuellito que mantiene unido el ovulo a la placenta se llama funículo; éste se halla atravesado por un haz vascular el cual al llegar a la base nuclear se ramifica para dirigirse a cada una de las partes de los tegumentos; ese punto de ramificación se conoce con el nombre de cálaza.

Así pues, resumiendo muy brevemente, el óvulo en estas condiciones está formado por: primina, secundina, nucela, cálaza y funículo.

En la parte central de la nucela se diferencia una célula que llamaremos célula madre de la macróspora, macrosporofito o arqueporio, la cual por meiosis origina cuatro células, llamadas macrosporas o megásporas.

En este estado, al conjunto de nucela y macrosporas se denomina macrosporangio.

Ahora bien, de las cuatro megásporas, tres se desorganizan y sólo una, la más profunda, o la mas distal del micrópilo, es la funcional. Esta se agranda alimentándose del tejido nucelar y divide su núcleo tres veces consecutivas para formar ocho núcleos, de los cuales cuatro se orientan hacia la zona proximal del micrópilo formando el aparato ovular y los otros cuatro se orientan hacia la porción distal del micrópilo formando el aparato antipodal.

De los ocho núcleos existentes, seis se recubren de membrana y forman seis células, y los núcleos restantes, uno inferior y otro superior, sin recubrirse de membrana, viajan al centro de la macrospora y constituyen los llamados núcleos polar superior y núcleo polar inferior, respectivamente. Estos en la mayoría de los casos se funden en uno solo, que se llama núcleo secundario del saco embrional, o núcleo del endospermo o albumen, con $2n$ cromosomas.

El aparato ovular, oogonio, queda formado por tres células de las cuales una se aleja un poco por debajo de las otras dos y origina la oosfera. Las dos restantes reciben el nombre de sinérgidas, que en muchos casos se desorganizan.

El llamado aparato antipodal, queda reducido a tres células iguales llamadas antípodas, las cuales también se desorganizan.

El conjunto de antípodas, sinérgidas, el núcleo del endospermo y la oosfera es lo que se conoce con el nombre de gametófito femenino o macrosporofito.

En razón de lo antes explicado, es necesario aclarar que el gametofito femenino será una planta de reducida dimensiones, comúnmente rodeada del endospermo que no es otra cosa, que el tejido del cual se va a alimentar mientras permanezca en ese estado.

Así pues, el ovulo queda en condiciones de ser fecundado.

Tipos de óvulos (Figura 1.71).

- a) **Ortótropo ó atropo.** Este tipo de óvulo posee el funículo, la calaza y el micrópilo en el mismo eje vertical.
- b) **Anátropos.** En este tipo de óvulo, el funículo se prolonga formando la rafe, y en consecuencia hace que el ovula gire 180° aproximadamente, quedando la calaza en la parte superior, en tanto que la base del funículo y el micrópilo quedan en el mismo plano horizontal.

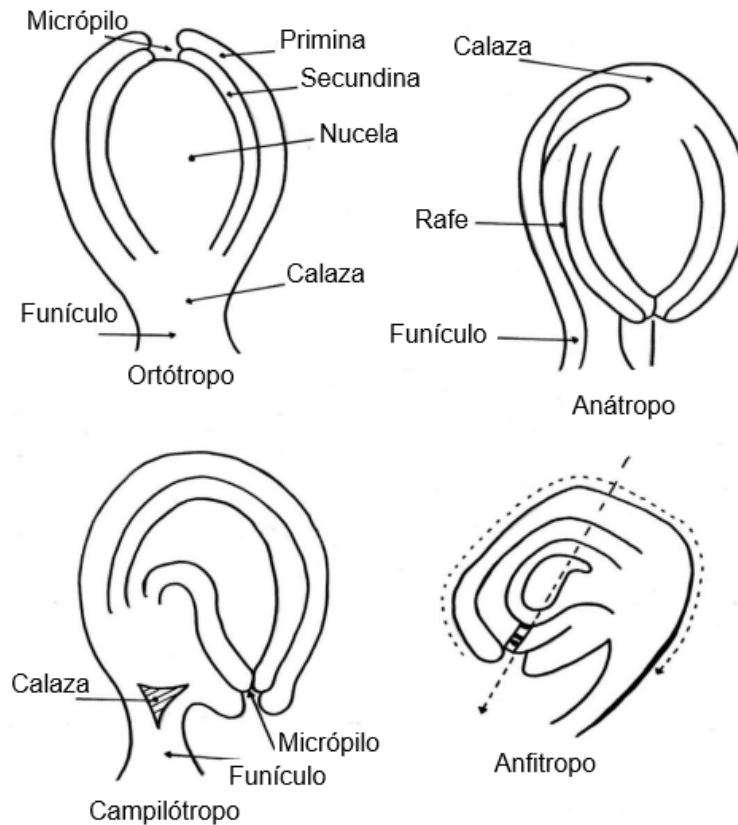


Fig. 1.71 tipos de Óvulos

- c) **Campilótropo.** Este tipo de óvulo se dobla de tal manera que su funículo no se prolonga y en consecuencia al micrópilo se acerca a la calaza y se coloca en el mismo plano que ella.
- d) **Anfitropo.** Cuando el ovulo se mantiene recto pero gira 90° sobre su funículo y se inserta lateralmente al ovario.
- e) **Circinótropo.** Cuando el funículo es muy largo y circunda el cuerpo central del óvulo.

Fecundación:

Es la fusión de gametos. Unión íntima de dos células sexuales hasta confundirse sus núcleos respectivos.

Las Angiospermas presentan lo que se denomina doble fecundación y que consiste en la unión de uno de los núcleos espermáticos del tubo polínico con el núcleo de la ovocélula, mientras que el otro núcleo espermático se une al núcleo secundario del saco embrional. De la primera unión resulta el embrión y de la segunda el endosperma. Puede ser:

Porogámica. Cuando el tubo polínico penetra por el micrópilo.

Aporogámica. Cuando el tubo polínico no penetra por el micrópilo en el rudimento seminal, sino por cualquier otra vía.

El grano de polen germina sobre el estigma dando formación al tubo polínico que penetra a través del canal estilar; por lo general al germinar el polen ó antes, el núcleo del mismo (haploide) se divide y da origen a un núcleo espermático y vegetativo, siendo este último el que se preside el crecimiento del tubo polínico. Posteriormente el núcleo espermático se vuelve a dividir y da formación a dos núcleos espermáticos.

Al llegar el tubo polínico al rudimento seminal penetra generalmente por el micrópilo (también puede hacerlo por la calaza), atraviesa la nucela y una de las sinérgidas rompiéndose el extremo del mismo, dejando en libertad a los dos núcleos espermáticos, de los cuales uno fecunda a la oosfera para dar origen al cigoto y el otro fecunda al núcleo secundario, producto de la fusión de dos núcleos polares; esta fusión da origen a un núcleo triploide que por divisiones sucesivas y celularización dará formación al endosperma. El cigoto, también experimenta varias divisiones para formar el embrión. Esta doble fecundación es exclusiva de las Angiospermas.

Normalmente el endospermo empieza a desarrollarse antes que el embrión, por división sucesiva del núcleo endospermico triploide. El cigoto se divide varias veces y constituye el embrión pluricelular. Pasada la fecundación los sépalos, pétalos estambres, estigma y estilo se marchitan y caen.

Inflorescencias

Inflorescencia. Es todo sistema de ramificación que se resuelve en flores. Si la flor nace solitaria, ya sea en el ápice del tallo, ya sea en la axila de una hoja, no existe inflorescencia.

Se diferencian del resto del tallo vegetativo por algunas características tales como:

- Tienen crecimiento limitado, concluyendo su vida cuando se ha realizado la función reproductora, a diferencia del tallo vegetativo que tiene crecimiento ilimitado.
- Sus yemas se suelen transformar en ramas, de ahí que a menudo estén muy ramificadas, a diferencia del tallo vegetativo que mantiene yemas inactivas.

- Suelen presentar hojas diferentes en el tamaño, forma y color de las que porta el tallo vegetativo. Estas hojas se denominan brácteas, y su misión suele ser la protección de las ramas reproductoras.
- La ramificación de las inflorescencias se completa en muy poco tiempo, a diferencia de la relativa lentitud del tallo vegetativo para ramificarse.
- Los elementos de las inflorescencias son tallos o ramas con hojas en cuyas axilas nacen flores. A los tallos se les llama eje de la inflorescencia, que puede ramificarse en ejes secundarios, terciarios, etc.

Las hojas de las inflorescencias se denominan brácteas o hipsófilos, y de sus yemas axilares se originan tanto los ejes como las flores.

Las inflorescencias se denominan **abiertas** cuando los meristemas apicales de los diversos ejes mantienen su actividad mientras dura el crecimiento de éstas. En este tipo de inflorescencia todas las flores son laterales.

Se denominan **cerradas** cuando los meristemas apicales de los diversos ejes se consumen en la producción de flores. Por debajo de la yema terminal convertida en flor, otras yemas laterales producen nuevos ejes. En este tipo de inflorescencias todas las flores son terminales.

En las inflorescencias abiertas el eje de crecimiento va produciendo yemas laterales a medida que crece, siendo las yemas más antiguas las más alejadas del ápice. Por lo tanto, en este tipo de inflorescencias se abrirán antes las flores más alejadas del ápice. Por

el contrario, en las inflorescencias cerradas la flor terminal del eje principal es la primera en abrirse, seguida de las flores terminales de los ejes de segundo orden, tercer orden, etc. A veces los ejes de las inflorescencias son muy cortos y las flores aparecen más o menos apretadas, formando inflorescencias condensadas.

PARTES DE LA INFLORESCENCIA

- a. Un eje principal que recibe el nombre de eje inflorescencial.
- b. Un conjunto de flores.
- c. Brácteas

En relación al número de flores pueden diferenciarse en multifloras si llevan muchas flores y paucifloras cuando poseen pocas flores.

Una inflorescencia posee brácteas en cuyas axilas se originan las flores. Si carece de flores recibe el nombre de ebracteada. Los grupos de brácteas forman el involucre y cuando se forman involucre secundarios se denominan bractéolas o involucelas.

CLASIFICACIÓN

Se pueden clasificar en base a su origen y a su modo de ramificación.

De acuerdo a su origen o posición en la planta puede ser:

- a. **Terminales.** Cuando se originan a partir de yemas terminales de las ramas o del ápice del tallo.
- b. **Axilares.** Cuando se originan de las axilas de las hojas vegetativas, o de las brácteas en el tallo o ramas.
- c. **Terminales y axilares.** Cuando durante la época de floración desarrollan simultáneamente inflorescencias terminales y axilares.
- d. **Caulógenas.** Cuando se originan del tronco o de las ramas madres, o de ambas partes, pero en completa independencia de las yemas normales se pueden dar dos casos: **Caulifloria.** Cuando las flores aparecen sobre cualquier punto del tronco o de las ramas, o en ambas partes. **Ramifloria.** Cuando las flores nacen sobre las ramas madres pero no sobre el tronco
- e. **Tronquifloria.** Cuando las flores nacen únicamente sobre el tronco
- f. **Basifloria.** Cuando las flores nacen solamente sobre la base del tronco.
- g. **Idiocladantia.** Cuando las flores nacen sobre ramas especiales derivadas del tronco.
- h. **Flagelifloria.** Cuando las flores nacen sobre ramas axilares muy largas y delgadas.
- i. **Adnatas.** Cuando el eje de la inflorescencia concrece íntimamente con el tallo, o con la hoja o bráctea que lo subtiende y puede ser:

Concaulescentes. Cuando no nacen directamente de la axila de la hoja, sino un poco más arriba.

Recaulescentes. Cuando nacen inmediatamente sobre la hoja, en íntima asociación con la base foliar, o el peciolo.

De acuerdo al modo de ramificación se clasifican en **racemosas**, **cimosas** y **mixtas**.

Inflorescencias racemosas. Cuando el meristemo terminal del eje de la inflorescencia crece indefinidamente aunque en algunas ocasiones engendra una flor que es la última que se forma en la inflorescencia.

TIPOS (Figura 1.72).

1. **Racimo.** Presenta un eje central a lo largo del cual hay pedúnculos de similar longitud.
2. **Espiga.** Las flores carecen de pedúnculo y nacen en gran número en el eje inflorescencial alargado.
3. **Amento.** Es similar a la espiga y está compuesta de flores unisexuales sin pétalos, pudiendo ser largo o corto y generalmente péndulo.
4. **Espádice.** Es similar a la espiga con un eje carnoso, envuelto en una bráctea, a veces coloreada que recibe el nombre de espata y posee flores unisexuales y diminutas.
5. **Corimbo.** Es similar al racimo con un eje vertical y pedúnculos de diferentes longitudes.
6. **Capítulo.** Inflorescencia de flores sésiles sobre un eje corto y por lo común más o menos dilatado, ligeramente convexo. El eje dilatado recibe el nombre de receptáculo.

7. **Umbela.** Inflorescencia formada por varias ramas las cuales se originan de un mismo punto, en el extremo distal del pedúnculo.
8. **Panícula.** Es una inflorescencia compuesta en la que las ramitas van decreciendo de la base al ápice tomando un aspecto piramidal.
9. **Tirso.** Inflorescencia más o menos apiñada de forma ovoide en la cual el número de ramitas laterales del eje común es indefinido y cada ramita lateral termina en una flor.

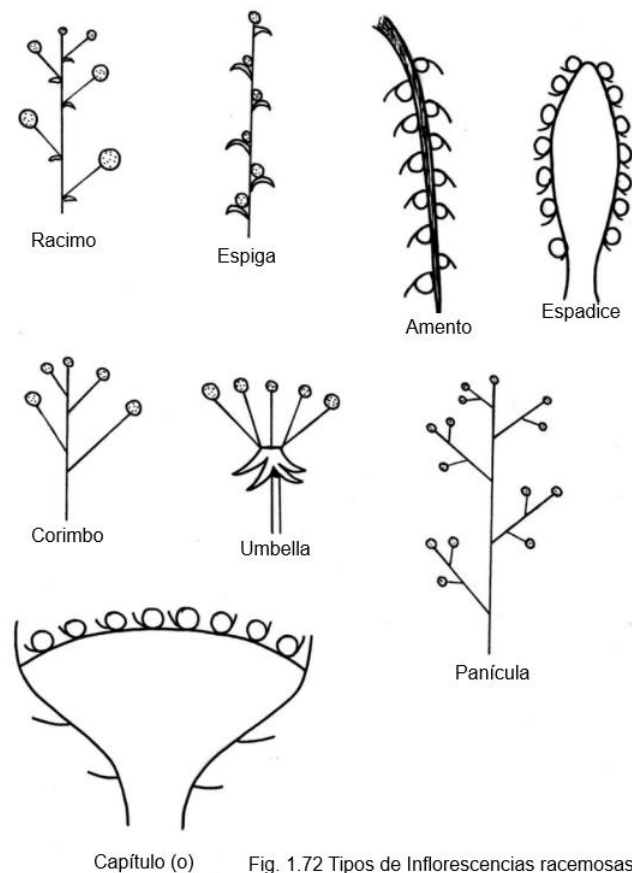


Fig. 1.72 Tipos de Inflorescencias racemosas

INFLORESCENCIA CIMOSAS

Son aquellas cuyo eje principal remata, en una flor o en una estructura equivalente. **(Figura 1.73).**

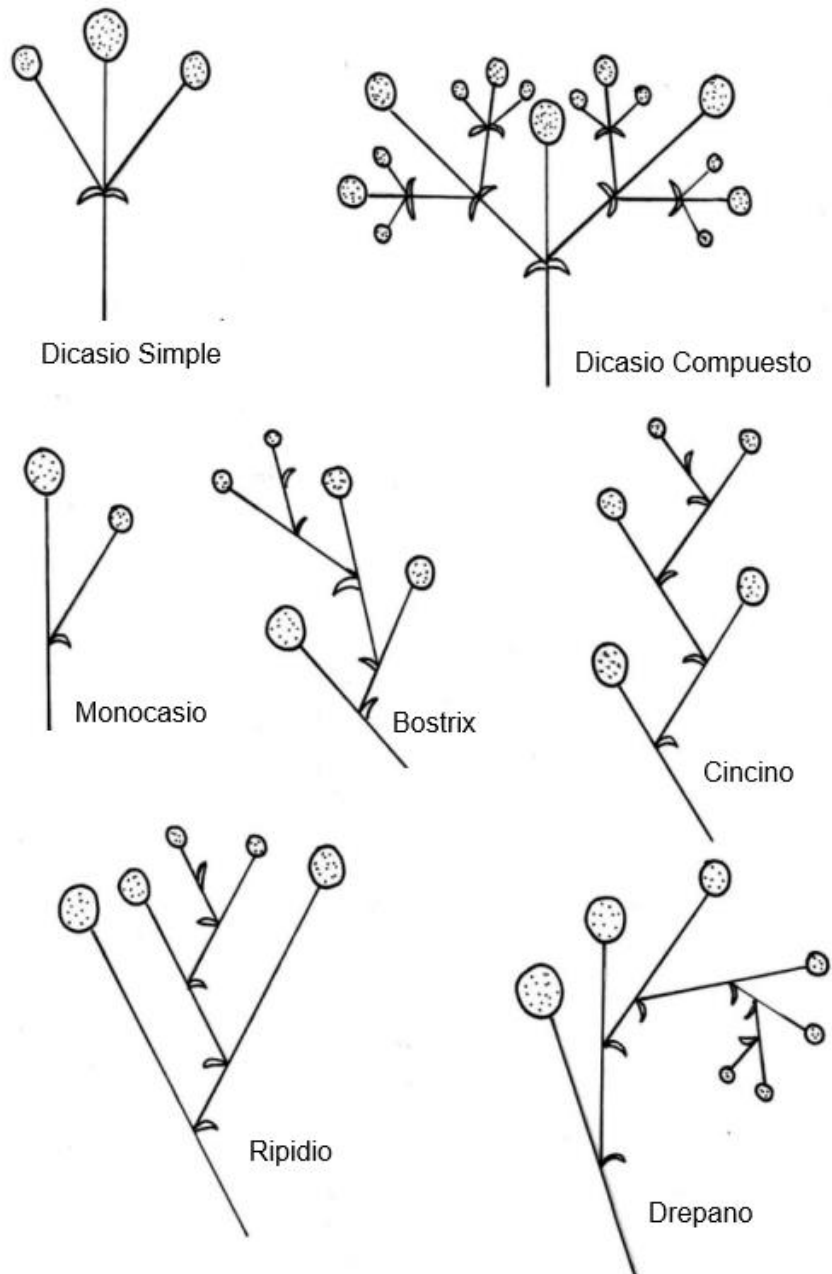


Fig. 1.73 Inflorescencias Cimosas

Tipos:

1. **Dicasio.** Está formado por un pedúnculo con una flor terminal y un par de ramas que producen una sola flor lateral madurando primero la flor central.
2. **Monocasio.** Es aquella en la que por debajo del eje principal terminado en flor se desarrolla una ramita lateral florífera. Presentan los siguientes tipos:
 - a) **Bostrix.** Cuando el plano medio de cada ramita está colocado transversalmente con respecto al plano medio de la hoja tectriz de su eje madre y con las ramitas laterales sucesivas que nacen siempre a un mismo lado, o sea, que no se sitúan en un mismo plano.
 - b) **Cincino.** Cuando el plano medio de cada ramita está colocado transversalmente con respecto al plano medio de la hoja tectriz de su eje madre y con las ramitas laterales dispuestas alternativamente a derecha e izquierda, o sea, que las diversas ramitas que forman no caen todas en un mismo plano.
 - c) **Ripidio.** Cuando las ramitas caen en un mismo plano y por detrás de sus ejes madres respectivos.
 - d) **Drepanio.** Cuando las ramitas o flores se desarrollan por delante de sus ejes madres respectivos, o sea, hacia un mismo lado.
3. **Glomérulo.** Es una cima contraída generalmente ramificada, de forma más o menos esférica y por lo general sésil.

4. **Verticilastro.** Está constituida por cimas dicasiales condensadas de tal forma que aparentan formar un verticilo de flores a nivel de cada nudo, siendo en realidad falsos verticilos.
5. **Pleocasio.** Inflorescencia cimosa en que por debajo del eje principal terminado en flor, se forman tres o más ramitas laterales también floríferas.

INFLORESCENCIAS MIXTAS

Resultan de una combinación de inflorescencias racemosas con cimosas o de un arreglo de una racemosa con otra racemosa o de una cimosa con otra cimosa.

En base a ello podemos establecer entre otras a:

Racemosas con cimosas.

1. Racimos dicasiales
2. Racimos cincinales
3. Panículas dicasiales
4. Panículas cincinales

Cimosas con racemosas

1. Dicasio de racimos
2. Monocasio de espigas

Racemosas con racemosas

1. Racimo de espigas.
2. Racimo de umbelas.

3. Espádice de racimos

Cimosas con cimosas

1. Dicasio monocasial
2. Monocasio dicasial.

INFLORESCENCIA TIRSOIDES

Se llaman así, cuando las ramificaciones primarias vuelven a dividirse, pudiendo establecerse dos tipos de inflorescencia tirsoides; cuando las nuevas ramificaciones son del mismo tipo que el inicial, se llaman compuesta y cuando al tipo inicial de división se asocian otro tipo de ramificación se llama inflorescencia mixta. Así pues, las inflorescencias tirsoides resultan de la combinación de las descritas. En consecuencia, pueden ser definidas o indefinidas. **(Figura 1.74).**

Entre las inflorescencias tirsoides principales tenemos:

Tirso panícula, antela y corimbotirso.

Tirso panícula. También llamada mazorca. Esta inflorescencia corresponde a un racimo de racimo, en el cual las ramitas van decreciendo de la base al ápice.

Antela. Es un racimo de racimo, pero las ramitas laterales son más largas que el eje principal.

Corimbotirso. Es un corimbo en el cual las ramificaciones secundarias forman otro corimbo. Es decir, es un corimbo de corimbo.

Además de las inflorescencias tirsoides descritas y de muchas otras que se pueden incluir en las tirsoides, como consecuencia de combinaciones, es útil mencionar otras que son también de gran

importancia y que llaman la atención del estudiante, como son: sicono y ciatio.

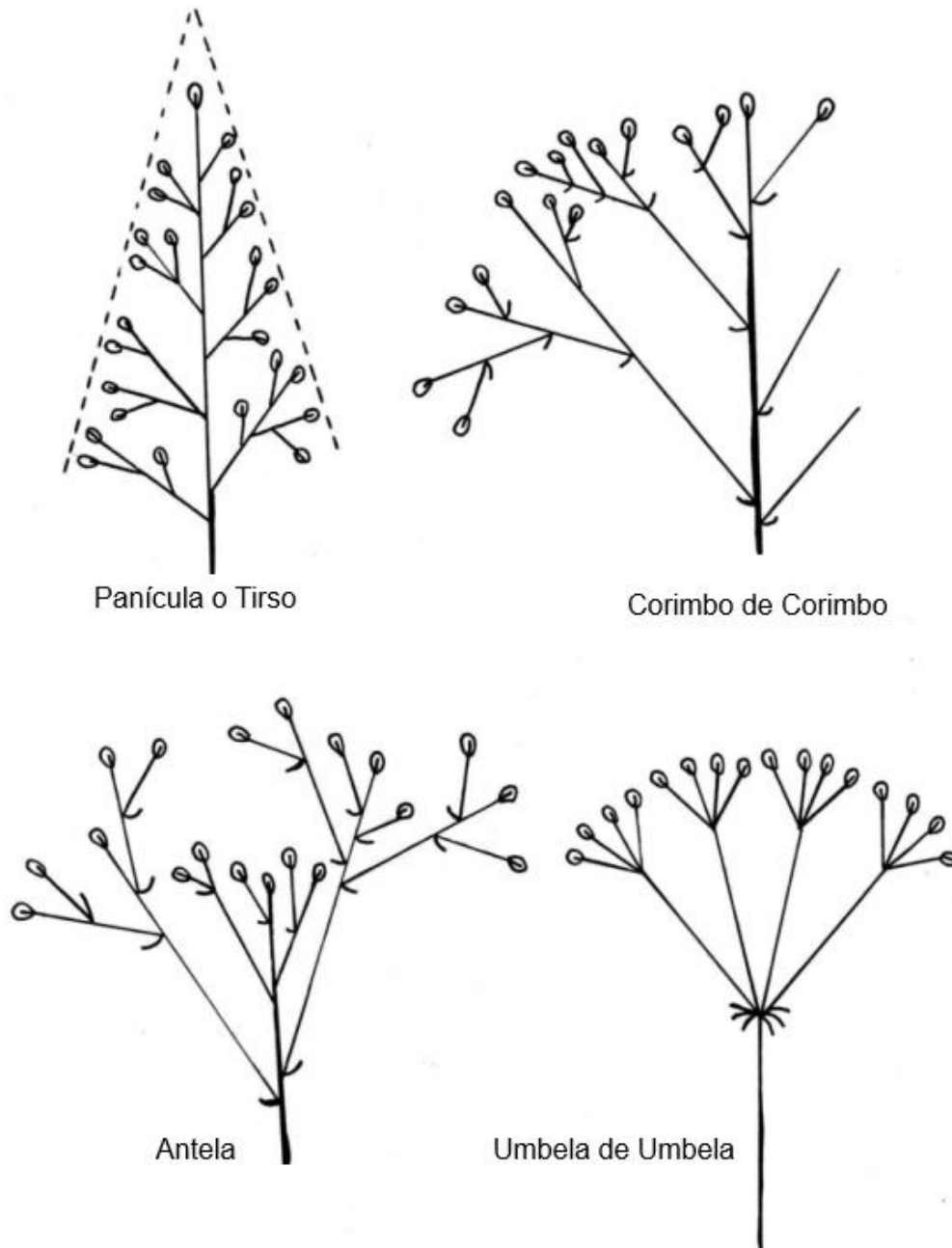


Fig. 1.74 Inflorescencias Tirsoides

Sicono. El receptáculo es muy aparente y claramente acopado de tal forma que las flores, masculinas, femeninas o hermafroditas, quedan incluidas en la cavidad receptacular, como ocurre en el higo **Ficus carica**. (Figura 1.75).

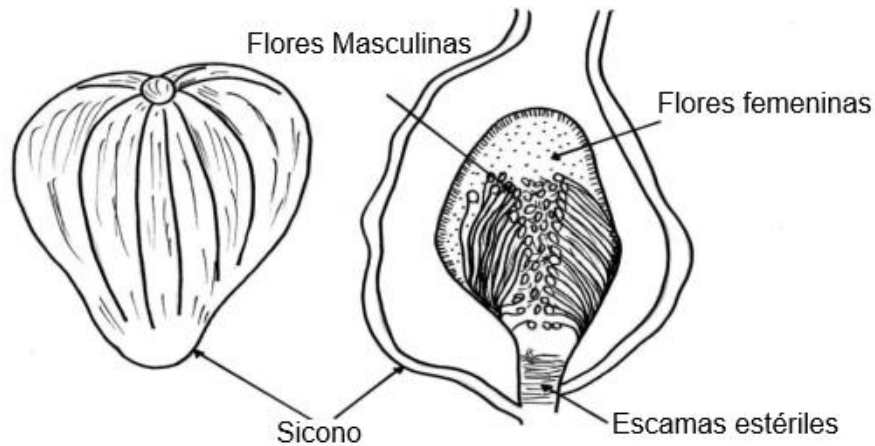


Fig. 1.75 Sicono

Ciatio. Conjunto de flores con apariencia de una sola flor, característico del género *Euphorbia*, constituido por una sola flor femenina central aclamídea reducida a un ovario de tres cavidades, pedicelado, por cinco grupitos de flores masculinas, formando otros tantos cincinos. (Figura 1.76).

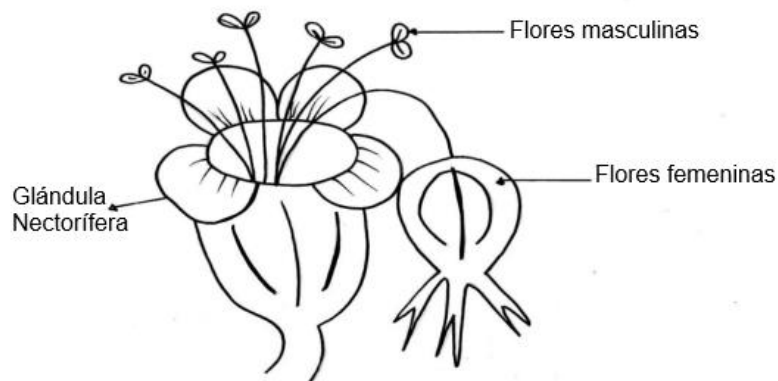


Fig. 1.76 Ciatio

Heterantias. Son inflorescencias que tienen dos o más tipos de flores diferentes las cuales se distinguen por su forma y su función.

Pseudantos. Inflorescencias que por la manera de disponerse en ellas las flores semejan ser una sola flor.

Los ejemplos más comunes son:

1. Capítulos de las Asteraceae
2. Ciatos de **Euphorbia**
3. Capítulo de **Ficus**

Capítulos de las Asteraceae. Un gran número de ellas aparentan ser flores solitarias, considerándose al involucre como un pseudocaliz, a los pétalos como una pseudocorola y a las flores centrales como el pseudopistilo.

En ellas los pseudantos en los capítulos radiados al pseudocaliz se forman por hipsofilos en forma de pétalos y la pseudocorola se forman a partir de los pétalos de las flores marginales.

De esa manera distinguimos el pseudocaliz formado de hipsófilos verdes y en cambio la pseudocorola está formada de flores zigomorfas marginales las cuales son femeninas por reducción de un sexo o completamente estériles mientras que las flores radiales ubicadas en el centro del disco son fértiles imitando en casos a estambres debido a su forma y el color amarillo.

Al contrario en otros casos el pseudocaliz está formado por hipsófilos de color verde y la pseudocorola se forman de hipsofilos que se aumentan y se colorean de amarillo o rojo imitando de esta manera a los pétalos encontrándose en el centro flores fértiles con una corola simpétala y un estigma compuesto de dos carpelos.

Ciatos de Euphorbia. Es una inflorescencia formada por un grupo de flores masculinas, sin perianto representadas cada una por un estambre y una sola flor femenina en la parte central, con un largo pedicelo y carente igualmente de perianto. Alrededor de este grupo de flores se halla un involucre de hipsófilos.

Pseudanto de Ficus. Presenta una inversión del eje inflorescencial que ocasiona que las flores queden encerradas en un receptáculo hueco, con un orificio apical denominado ostiolo.

En los Ficus monoicos se localizan tres tipos de flores en el interior del pseudanto: en la parte apical flores masculinas y en la parte basal flores macróstilas y fértiles y flores micróstilas y estériles.

Al alcanzar la madurez la inflorescencia recibe el nombre de sicono.

Polinización

Consiste en la transferencia de los granos de polen desde los estambres al estigma al producirse la maduración y dehiscencia de la antera.

Puede ser:

Autopolinización o autógama. Cuando se produce entre flores de una misma planta o desde una antera hasta el estigma de una misma flor.

Polinización cruzada o alógama. Cuando se produce entre flores de plantas diferentes de una misma especie.

Híbridas. Cuando el polen fecundante pertenece a flores de individuos de especies diversas.

Hemos señalado entre las ventajas de la producción sexual, el aumento de la variabilidad, en efecto en una gran mayoría de plantas se aprecian una serie de dispositivos ó mecanismos funcionales que favorecen la polinización cruzada o alógama. La ocurrencia de flores unisexuales es, obviamente, un mecanismo para la alogamia.

En el caso de las flores hermafroditas la polinización cruzada puede ser consecuencia de la dicogamia ó sea la maduración no simultánea de los pistilos y de los estambres; en algunos casos, maduran primero los pistilos (proteroginia) y en otros, los estambres (protandria).

Cuando estambres y pistilos maduran simultáneamente, pueden ocurrir dos casos: a) que no ocurra la antesis ó apertura floral, (flores cleistógamas), en cuyo caso es obligada la autopolinización, b) que ocurra normalmente la antesis (flores casmógamas), en este caso existen los siguientes mecanismos que limitan la autopolinización: 1) la ercogamia, en la cual la posición espacial recíproca de los estambres y del pistilo, impide el acceso de los granos de polen al estigma. 2) La heterostilia, en la cual la longitud de los estilos, ó bien, es mayor que la de los estambres ó bien, es muy corta, dificultando o impidiendo la autopolinización. 3) La autoesterilidad consiste en la producción por el estigma y estilo de sustancias que inhiben el desarrollo del tubo polínico.

En la polinización autógena puede presentarse en flores bisexuales; sin embargo este tipo es raro por la existencia de mecanismos que impiden su ocurrencia.

Un ejemplo lo constituye la maduración estacional y desigual de los pistilos y los estambres pudiendo existir la proterandria (granos de polen maduros pero el pistilo no es receptivo debido a que no ha

alcanzado su completo desarrollo o el caso contrario (proterogino). Así mismo en el caso de la sinantesis cuando anteras y pistilos maduran al mismo tiempo pero como anteras y estigmas se encuentran muy separados no se logra la autopolinización.

POLINIZACIÓN CRUZADA

Es la más frecuente en la naturaleza y la clasificación de los diversos tipos se basa en el agente polinizador implicado. Ellos son:

1. **Anemofilia.** Es realizada por el viento. Se realiza en plantas con flores poco vistosas y poco atractivas para los insectos y su polen es pequeño, liviano, con estigmas plumosos, no existe producción de néctar, o sea, ausencia de nectarios, ni perfumes. Ejemplo pasto, maíz, pinos y ciperacias.
2. **Hidrofilia.** Cuando el agente polinizante es el agua siendo de ocurrencia rara debido a que el polen pierde su variabilidad cuando se humedece. Además la mayor parte de las plantas acuáticas producen flores que emergen del agua por lo que ésta no interviene en su polinización. Algunas plantas monoicas presentan sus flores femeninas sumergidas y el polen de las flores masculinas tiene el mismo peso específico del agua dispersándose en ella para entrar en contacto con los estigmas sumergidos. En las plantas dioicas presentan sus yemas florales sumergidas y al madurar van emergiendo por alargamiento del pedicelo de manera que la polinización se da en la superficie del agua.

3. **Entomofilia.** Es la que realizan los insectos como abejas, mariposas, moscas u otros. Para ello se requiere, que la flor sea de color característico y emita fragancia o perfume característico que permita que la flor sea localizada por el insecto. Que los granos de polen sean pegajosos u oleaginosos que permitan que se fijen al cuerpo de modo que puedan ser transportados a grandes distancias. Que la flor produzca un alimento que garantice la visita del insecto. Los insectos polinizadores pueden ser:

- Mosca- mofilia
- Mariposas- sicofilia
- Abejas- melitofilia
- Avispas- vespofilia
- Hormigas- formicofilia
- Colepteros- canterofilia
- Polillas- palaeofilia

4. **Ornitofilia.** Es la polinización realizada por los pájaros. Deben carecer de olor y en cambio poseer colores intensos y brillantes. Requieren de sustancias azucaradas y producción de polen abundante requiriendo por lo general de una corola tubular.

5. **Quiropterofilia.** Es la polinización realizada por murciélagos. Las flores se deben abrir al anochecer, disponer de abundante néctar y presentar un olor parecido al de los ratones. Deben poseer una textura áspera y estar dispuestas en ramas colgantes u horizontales, siendo grandes y ampliamente campanuladas siendo pálidas o blancuzcas mezcladas con ocre, verde o morado.

6. **Artificial.** Es realizada por el hombre para la propagación de plantas y su fitomejoramiento permitiéndole obtener variedades de características genéticas más recientes a enfermedades y condiciones adversas y de un gran interés económico.

*Fruto***X**

El fruto es el ovario desarrollado y maduro siendo su función proteger las semillas y facilitar su dispersión. El desarrollo del fruto comprende:

1. Iniciación y desarrollo de la yema floral.
2. Crecimiento de la pared ovárica y su transformación en pericarpo.
3. Desarrollo de la semilla a partir del ovulo fertilizado.
4. Maduración del fruto la cual es seguida por la senescencia y en otras oportunidades por la dehiscencia y abscisión.

FORMACIÓN DEL FRUTO

Luego de la fecundación los óvulos se convierten en semillas mientras que el carpelo que los envuelve se transforma hasta convertirse en fruto.

Fruto verdadero. Es el que se origina a partir del ovario.

Fruto accesorio. Es el que se origina a partir de los sépalos, pétalos o receptáculo.

CRECIMIENTO DEL FRUTO

Abarca dos aspectos: crecimiento del pericarpo y crecimiento de los tejidos producto de la doble fecundación. Para su crecimiento es imprescindible la acumulación de agua y carbohidratos.

MADURACIÓN DEL FRUTO

Es el compendio de una serie de procesos asociados con la adquisición de su tamaño máximo, así como con la transformación cualitativa de los tejidos. En las sustancias de reserva se producen una serie de cambios hidrolíticos los cuales dan como resultado la formación de azúcares a partir del almidón y sustancias lipídicas. De igual manera la maduración está asociado con cambios drásticos en la tasa respiratoria la cual aumenta recibiendo el nombre de respiración climatérica y esta sustancialmente relacionada con la concentración de etileno, y por ende, dicha alteración de la actividad respiratoria depende de los niveles de etileno existente. Igualmente se asocian al proceso de maduración el aumento del ARN, la síntesis de proteínas y el cambio en la permeabilidad celular. En ese sentido podemos definir al climaterio como el periodo en la ontogenia de

determinados frutos durante el cual tienen lugar numerosos cambios bioquímicos, los cuales permiten la transición de crecimiento a senescencia y maduración de los frutos.

ESTRUCTURA DEL FRUTO

En el fruto se distinguen dos partes: pericarpio y semilla.

Pericarpio. Es la parte que rodea a la semilla y en su mayoría está constituido por tres capas fácilmente diferenciables que son:

Epícarpo corresponde a la parte más externa del fruto.

Mesocarpo, es la parte carnosa y generalmente comestible de los frutos.

Endocarpo, es la parte más interna, es decir, la parte que se pone al contacto con la semilla. **(Figura. 1.77).**

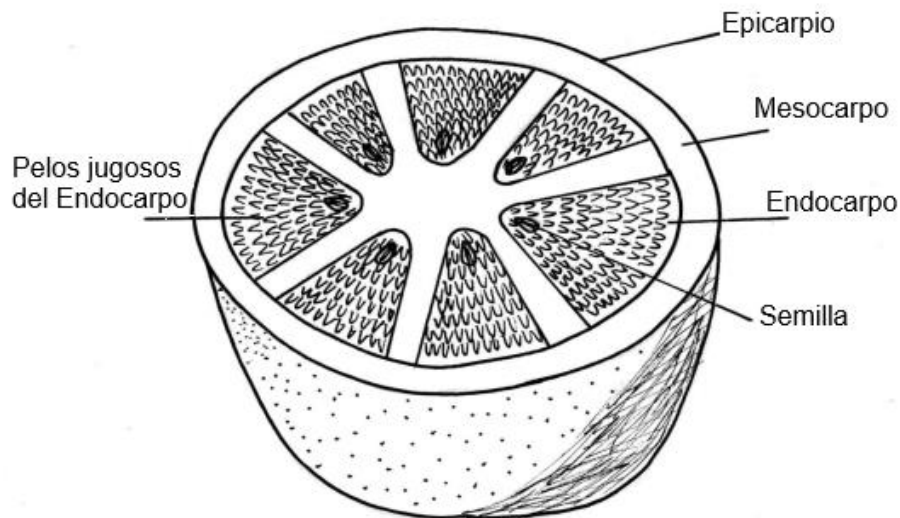


Fig. 1.77 Capas del Pericarpio

Esas tres capas según la clase del fruto que se trate, se desarrollan de diversas maneras, a veces incluso, se complican por conrescencia con otros tejidos del tálamo

Los frutos varían en relación al número de semillas pudiendo ser:

Monospermos. Contienen una sola semilla. Mango – Durazno.

Oligospermos. Contienen pocas semillas (de 2 a 5). Uva – Níspero

Polispermos. Contienen muchas semillas. Melón - Parchita.

TIPOS DE FRUTOS

Existen 3 tipos básicos:

Frutos simples. Proceden de un solo ovario, el cual puede estar formado por uno o varios carpelos, y por ende, pueden formarse varios frutos en cada flor.

Frutos agregados. Se forman a partir de una única flor poseedora de varios carpelos libres, cada uno de los cuales origina un fruto componente del fruto global.

Frutos múltiples. Se forman de los pistilos de un grupo de flores distintas pero aglomeradas íntimamente.

Accesorios. Son aquellos en cuya formación intervienen cualquier otra parte de la flor.

Dehiscencia. Es el mecanismo por medio del cual el fruto deja libre a la semilla para que sea dispersada y produzca una nueva planta.

Tipos:

Dehiscencia longitudinal. Es la que se produce como consecuencia de rajarse los carpelos a lo largo, es decir, según planos paralelos al eje del fruto. Presenta dos modalidades que son: la dehiscencia longitudinal ascendente y la longitudinal descendente.

La primera es aquella en que las rajaduras de las paredes carpelares se inician en la base del fruto y prosiguen hacia el ápice. De este tipo de dehiscencia se conocen dos variedades, que son: la placentífraga y la placentícida.

La placentífraga es aquella que se efectúa cuando el fruto se raja a lo largo, por medio de dos fisuras paralelas y muy próximas a las placentas.

La placentícida, es aquella que se efectúa cuando el fruto se raja a lo largo de la parte media de las placentas.

La dehiscencia longitudinal descendente. Es aquella en que la rajadura de las paredes carpelares empieza en la parte superior del fruto y continua hacia abajo. Presenta tres modalidades que son: dehiscencia loculicida, dehiscencia septifraga y la dehiscencia septicida.

La dehiscencia loculicida. Es aquella que se produce cuando el fruto se raja a lo largo de la nervadura media de las hojas carpelares, de forma tal, que si los carpelos son cerrados, y por ende el fruto tiene varias cavidades, éstas quedan destruidas. Ej. Las cápsulas de las Liliáceas, Iridáceas y muchas Amarilidáceas, cápsulas del algodón.

La dehiscencia septifraga. Es aquella que se produce por la fractura de las laminillas que dividen la parte interna del fruto en dos o más compartimientos, según planos paralelos al eje del fruto. En este caso, las porciones internas de las laminillas quedan unidas a una columna central. Externamente se parten en la unión de los carpelos.

Dehiscencia septicida. Es aquella que se produce en un ovario cuyas hojas carpelares han formado, cada una, su propia cavidad y a la vez se sueldan unas a otras. La dehiscencia septicida consiste en separar esas cavidades. Como se ve las semillas aún no han quedado en libertad, puesto que permanecen dentro de esas cavidades ya separadas. En consecuencia ésta dehiscencia necesariamente presenta una asociación con otro tipo de dehiscencia cualquiera, para poder dejar en libertad la semilla.

Dehiscencia foraminal. En este tipo de dehiscencia los frutos se abren por agujeros o poros de forma irregular, aunque en número y posición fijos para cada especie. También se llama poricida o poral.

Dehiscencia transversal. Es la que ocurre cuando al fruto se hiende a través, es decir, según un plano perpendicular al eje vertical del fruto. También se llama circuncisa.

Dehiscencia dental. Es la que se produce por medio de dientes, como sucede en numerosas cariofiláceas.

CLASIFICACIÓN DE LOS FRUTOS

- Se deben tomar diversos criterios
- Estructura del gineceo
- Posición del ovario
- Estructura del pericarpo
- Dehiscencia del fruto
- Cantidad de semillas producidas
- Adición de elementos accesorios

Tomando en consideración estos criterios el fruto se clasifica en tres grandes grupos

- Frutos simples
- Frutos agregados
- Frutos múltiples

Frutos simples. Se subdividen en:

- Secos- deshicentes
- Secos- indehiscentes
- Carnosos.

Frutos secos deshiscentes

Son aquellos que al madurar se abren de alguna manera para facilitar la dispersión de las semillas.

Tipos

1. **Folículo.** Fruto monocarpelar que se abre por la sutura ventral, conteniendo varias o muchas semillas. (**Figura. 1.78**).



Fig. 1.78 Folículo

2. **Legumbre.** Fruto monocarpelar en forma de vaina que se abre por dos suturas longitudinales conteniendo varias o muchas semillas. (**Figura. 1.79**).



Fig. 1.79 Legumbre

3. **Lomento.** Constituye una variedad de legumbre que no se abre por las suturas dorsal y ventral, sino que se descompone en fragmentos transversales monospermos, separados unos de otros. (**Figura. 1.80**).



Fig. 1.80 Lomento

4. **Cápsula.** Frito sincárpico y generalmente polispermo conteniendo varias o muchas semillas y al madurar se abren de diversas maneras. (**Figura. 1.81**).

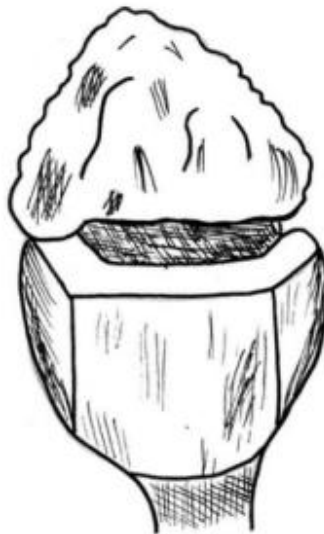


Fig. 1.81 Cápsula

5. **Silicua.** Fruto sincárpico capsular, formado por dos carpelos abiertos que se unen por sus bordes, con un falso tabique en la cavidad resultante. Se abren por deshiscencia placentifraga en dos valvas que empiezan por separarse por la parte inferior del fruto. **(Figura. 1.82).**

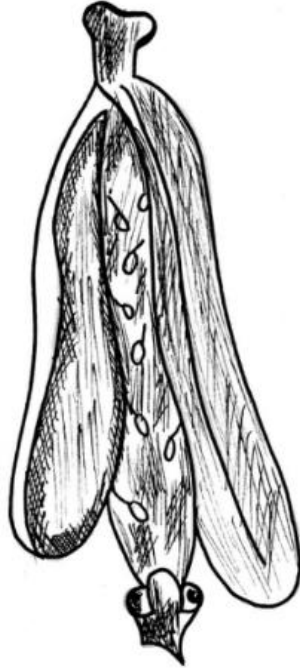


Fig. 1.82 Silicua

6. **Esquizocarpo.** Fruto sincárpico que al madurar se desintegra en sus carpelos correspondientes. Las unidades son los mericarpos (cremocarpo, carpopodio), recibiendo el nombre de carcerulo si la unidad es equivalente a medio carpelo.
7. **Clusa.** Constituye un tipo de equizocarpo procediendo de un ovario sincárpico formado por dos lóculos conteniendo dos óvulos cada uno, pero que al madurar se produce una constricción que lo divide en 4 lóculos.

Frutos Secos Indehiscentes

Son aquellos que al madurar no poseen ningún mecanismo para abrirse y dar salida a la semilla, la cual quedara en libertad cuando su pericarpo sea consumido o descompuesto.

Tipos

1. **Aquenio.** Fruto monospermo en el que el pericarpo se adhiere a la semilla en un solo punto, y es derivado de un ovario con un solo lóculo. (**Figura. 1.83**).



Fig. 1.83 Aquenio

2. **Cariópside.** Fruto monospermo proveniente de un ovario simple y con pericarpo delgado y soldado al tegumento de la semilla. Es típico de las gramíneas. (**Figura. 1.84**).

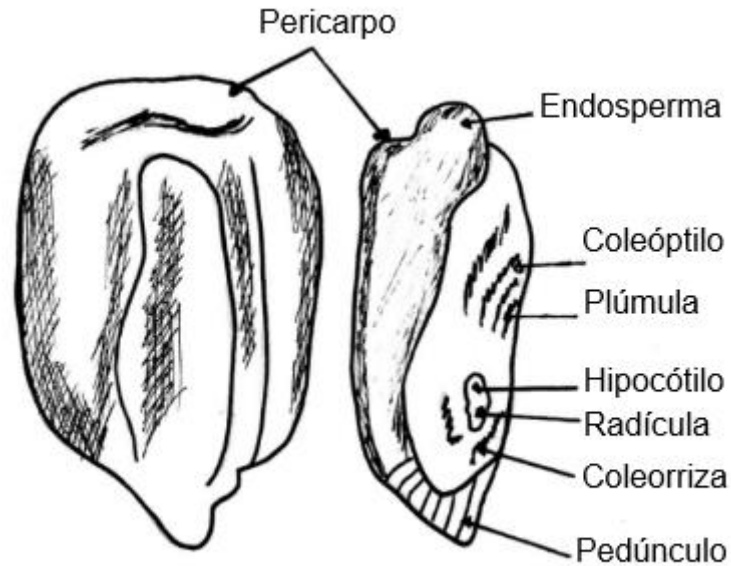


Fig. 1.84 Cariópside

3. **Cipsela.** Parecido al aquenio y es derivado de un ovario inferior con un lóculo.
4. **Sámara.** Es un fruto usualmente monospermo derivado de uno o más carpelos, con una o dos semillas y un pericarpo provisto de prolongaciones laminares a manera de alas que le permite su dispersión por el viento. (**Figura. 1.85**).



Fig. 1.85 Sámara

5. **Nuez.** Fruto derivado de dos o más carpelos con pericarpo muy duro. (**Figura. 1.86**).

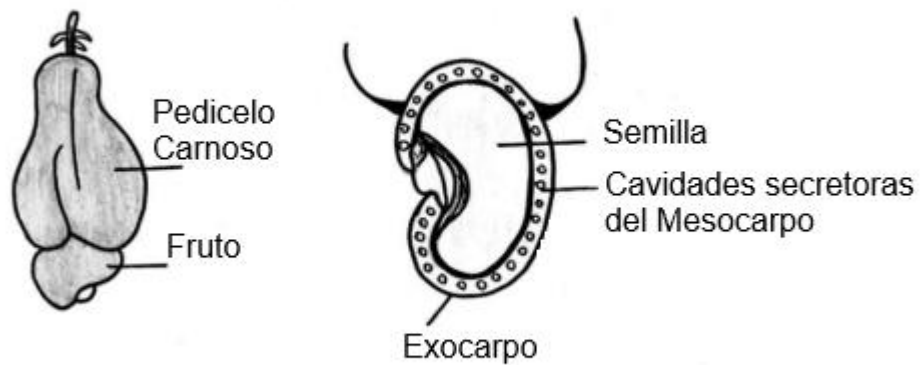


Fig. 1.86 Nuez

6. **Utrículo.** Fruto sincárpico con una sola semilla, pequeño, vesicular e inflado. (**Figura. 1.87**).



Fig. 1.87 Utrículo

7. **Balausta.** Fruto sincárpico producto de un ovario y en cuya formación interviene el talamo soldado al ovario. Presenta pericarpo coriáceo con lóculos y semillas numerosas. (**Figura. 1.88).**

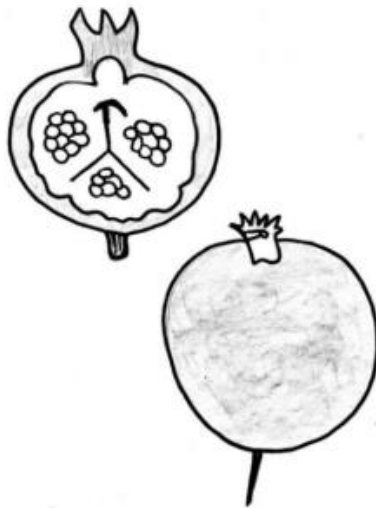


Fig. 1.88 Balausta

Frutos Carnosos

Son los frutos que al madurar tienen un pericarpo carnoso y jugoso, y derivan de un carpelo monocarpelar o multicarpelar. Uno de sus estratos es succulento siendo generalmente comestible.

Tipos:

1. **Pomo.** Es un fruto complejo procedente de un ovario sincárpico e ínfero siendo generalmente pentacarpelar. El receptáculo e hipantio adnatos al ovario constituyen la parte carnosa principal siendo su endocarpo cartilaginoso. Se desarrolla de flores hipóginas o epíginas y sincárpicas y la pulpa comestible se origina del desarrollo de hipanto. **(Figura. 1.89).**

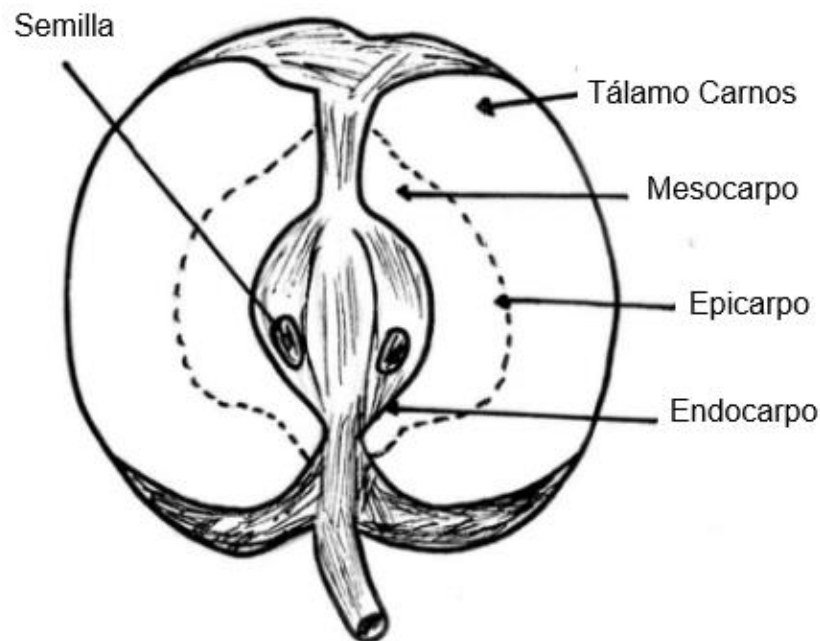


Fig. 1.89 Pomo

2. **Baya.** Es un fruto derivado de un ovario monocarpelar o pluricarpelar sincárpico y que se caracteriza por presentar el mesocarpio y el endocarpio de consistencia carnosa. El pericarpo en la mayoría de las veces consta en dos partes: una externa que constituye la cascara y una interna que forma la pulpa carnosa del fruto. (**Figura.1.90**). Por lo común tienen forma redondeada y a menudo colores llamativos. Contienen varias o muchas semillas en su interior y según la naturaleza de su pulpa distinguimos:



Fig. 1.90 Baya

- a) **Bayas.** Presentan pericarpo carnoso y la cascara puede presentarse en forma de una película delgada o como una capa celular gruesa. Se subdividen en:

Polismeras- Muchas semillas. Ej. Lechosa-Tomate-Guayaba.

Oligospermas- Pocas semillas. Ej. Uva-Níspero-Mamey.

Monospermas- Una sola semilla. Ej. Zapote

- b) **Hesperidio.** Es una baya que posee un epicarpo coriáceo, generalmente con 10 carpelos y un endocarpo formado por vesículas jugosas que se origina de emergencias pluricelulares (gajos). Se deriva de un ovario supero pluricarpelar sincárpico con el epicarpo rico en esencias y el endocarpo membranoso y jugoso. (**Figura.1.91**).

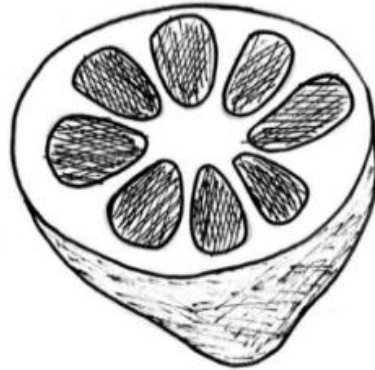


Fig. 1.91 Hesperidio

- c) **Pepónide.** Es una baya que tiene un epicarpo duro que se originan de ovarios íferos 3-5 carpelares siendo sus semillas carentes de endosperma y su embrión es recto siendo rico en aceite ejemplo- melón- auyama- patilla- pepino- calabaza. (**Figura. 1.92**).



Fig. 1.92 Pepónide

Drupa. Es un fruto carnososo con un hueso en su interior derivado de uno o muchos carpelos. Presentan una única semilla y un endocarpo muy duro, o sea que existen 3 zonas bien diferenciadas: el epicarpo que constituye la capa externa, el mesocarpo formado por una masa carnosa, ya succulenta ya fibrosa y el endocarpo constituido por una envoltura dura y leñosa envolviendo a la semilla. Presentan 3 categorías drupas, drupreolas y los pirenos. (**Figura. 1.93**).



Fig. 1.93 Drupa

Drupas. Frutos con pulpa carnosa, generalmente comestible con un hueso interno protector de la semilla. Generalmente son monospermas.

Existen también dos o más semillas. Se subdividen en sincárpicas y unicarpelares.

Drupas Sincárpicas. Coco- almendrón- jobo- mango

Drupas Unicarpelares. Ciruelo.

Drupéolas. Al madurar algunos frutos apocárpicos quedan formados por pequeños drupas, cada una de las cuales proceden de un carpelo.

Pirenos. Son drupas con dos- tres o más semillas cada una encerrada en un esclerocarpo propio, cada una dentro de un lóculo y como son la representación de los carpelos los pirenos proceden de ovarios sincárpicos y septados. Ejemplo Café- Semeruco- Cereza de monte

Frutos agregados. Son frutos que derivan de un ovario apocárpico, cada uno de cuyos carpelos origina un fruto. Los ovarios monocarpelares maduran independientemente pero en el proceso de la fructificación se agregan condensándose para constituir un fruto único. **(Figura. 1.94).**

Comprenden:

- a) Aquenacetum- Agregado de aquenios- fresa.
- b) Baccacetum- Agregado de bayas- chirimoya.
- c) Drupacetum-Agregado de drupillas- bursera
- d) Foliacetum- Agregado de folículos- guattaria
- e) Samaracetum- Agregado de samares- tilia

De igual manera puede incluirse el pseudofruto del género rosa denominado cinorrodon constituido por un talamo profundamente acopado acrecido y de color rojo encendido, que encierra en su interior diversos núculos.

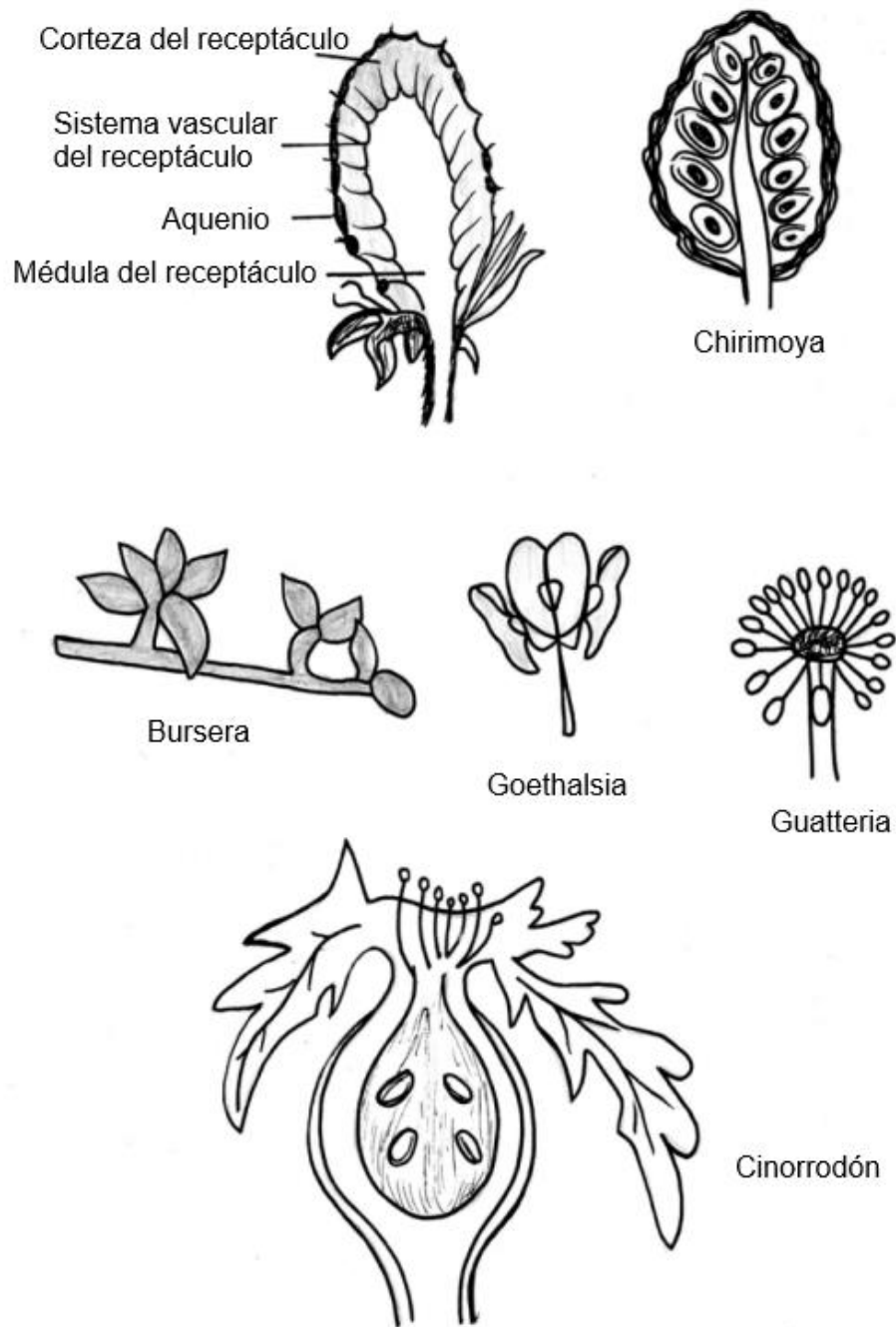


Fig. 1.94 Frutos Agregados

Frutos Múltiples

El fruto múltiple o infrutescencia es el resultado de la fructificación de una inflorescencia, o sea, una unidad formada por frutos procedentes de varias flores, pudiendo intervenir también el eje de la inflorescencia y hasta las brácteas floríferas, y su unidad de construcción puede ser una baya, un cariósipide, una drupa o un aquenio. Son ejemplos: la sorosis, la piña, el sicono del higo y la mazorca del maíz. **(Figura.1.95).**

Frutos de las gimnospermas. Las gimnospermas no poseen flores y por ende en sus estructuras reproductoras denominadas estróbilos no existen ovario. En razón de ello no existe un proceso de formación de frutos. En base a ello a los estróbilos o conos con semilla se les denomina falsos frutos. **(Figura. 1.96).**

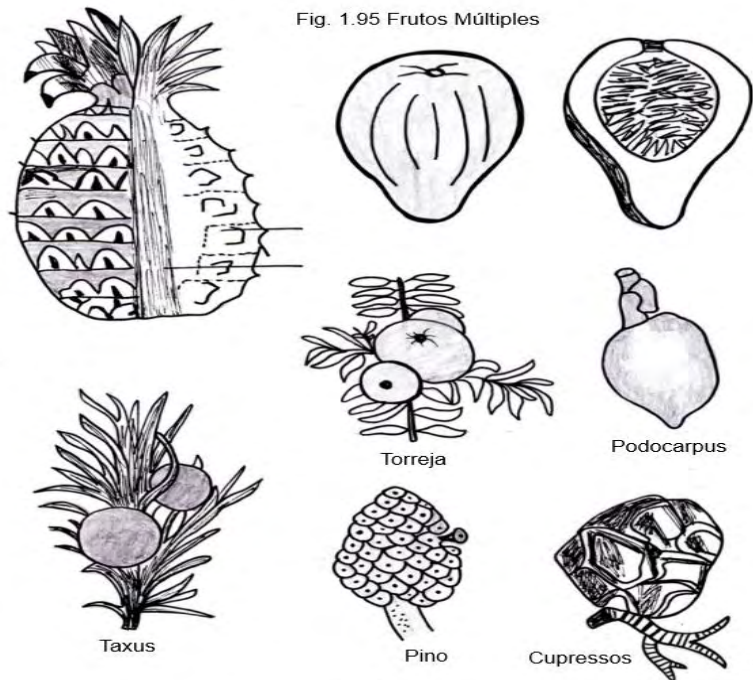


Fig. 1.96 Falsos frutos en Gimnospermas

En algunas especies vegetales puede ocurrir la formación de frutos sin polinización como en el cambur y reciben el nombre de frutos partenocárpicos.

DISEMINACIÓN DEL FRUTO

La constitución del fruto generalmente guarda relación con el tipo de diseminación de las semillas que contiene, es decir, que existe una íntima relación entre tamaño y peso de un fruto y el medio por el cual es dispersado, siendo esa dispersión el medio que permitirá la supervivencia de la especie.

La dispersión de las plantas hacia sitios diferentes a los de su origen se producen a través de diferentes mecanismos.

- a) Por el viento- Frutos anemocoros
- b) Por los animales- Frutos zoocoros
- c) Por el agua- Frutos hidrocoros
- d) Por el hombre- Frutos antropocoros
- e) Por la propia planta- Frutos autocoros
- f) Que carecen de mecanismos- Frutos antitelocoros

Frutos anemocoros. Se diseminan por el viento, siendo este el medio de dispersión más extendido en los hábitats donde se desarrollan las plantas. El arrastra fragmentos fructíferos y en hierbas anuales puede ser arrastrada la planta entera. Los frutos tienen poco peso siendo generalmente, indehiscentes, secos monospermos y están provistos de adaptaciones como alas, vilanos o apéndices plumosos que facilitan su dispersión.

Se diseminan por el viento, siendo este el medio de dispersión más extendido en los hábitats donde se desarrollan las plantas. El arrastra fragmentos fructíferos y en hierbas anuales puede ser arrastrada la planta entera. Los frutos tienen poco peso siendo generalmente, indehiscentes, secos monospermos y están provistos de adaptaciones como alas, vilanos o apéndices plumosos que facilitan su dispersión.

Frutos zoocoros. Es la diseminación por animales pudiendo ser:

a) **Endozoocoros:** Existen aves y mamíferos que comen frutos carnosos y granos, cuyas semillas no son digeridas siendo así dispersadas por las heces, siendo protegido el embrión por la testa de la semilla o por el hueso leñoso del fruto. Ejemplo: tomate-higo-guayaba-patilla-melón-almendrón-mango.

b) **Epizoocoros:** Se produce por cuanto se adhieren a la piel o plumaje de animales por poseer pelos o espinas o por poseer una epidermis pegajosa. Otros tipos carentes de adaptaciones específicas pero por su tamaño minúsculo pueden extenderse al pelaje, patas o pelaje del animal. Ejemplos: Cadillo- pega pega- abrojo.

c) **Mirmecoros:** Son frutos o parte de él dispersados por algunas especies de hormigas. Están provistos de eleosomas que las hormigas utilizan como fuente de alimento.

Frutos hidrocoros. Son diseminados por el agua, especialmente quebradas, ríos, mares o por la fuerza de las aguas de lluvia. Hay plantas que presentan capsulas que se abren en condiciones húmedas, para expulsar en el momento oportuno a las semillas. Existen plantas acuáticas que producen frutos adaptados a flotar durante algún tiempo, por lo cual presentan una epidermis recubierta por una capa impermeable de cutina, así como de cámaras internas almacenadores de aire y de haces fibrovasculares vacíos que contribuyen a reducir su peso.

Frutos antropocoros. El hombre constituye el medio de dispersión más eficaz ya sea de forma accidental o de forma voluntaria.

Frutos autocoros. Son producidos por algunas plantas que poseen dispositivos especiales para expulsar violentamente a distancia las semillas al llegar a su madurez existiendo dos mecanismos.

- a) Plantas de lanzamiento fisiológico
- b) Plantas de lanzamiento mecánico

Frutos antitelocoros. Pertenecen a plantas productoras de frutos y semillas que al madurar quedan al pie de la planta madre, y no son dispersados por ningún agente biológico o físico, pudiendo existir dos grupos:

- a) Plantas propias de lugares áridos o desérticos
- b) Plantas de lugares húmedos y calientes

Semilla

Constituye el producto final luego de la transformación que experimenta el ovulo cuando es fecundado. Las semillas que resultan de la doble fecundación se desarrollan a partir del óvulo en el ovario.

FECUNDACIÓN

Es la fusión de gametos. Para comprender este proceso es necesario revisar la descripción del óvulo, y recordar que se trata de una estructura compuesta por un conjunto de núcleos, alguno de los cuales se transforman en células.

Este conjunto queda integrado en la siguiente forma: 2 sinérgidas, 1 oosfera, 1 núcleo polar superior, otro núcleo polar inferior que se fusionan para formar el grupo secundario del endospermo, y 3 antípodas. La estructura así formada recibe el nombre de gametófito

femenino o macrogametófito, el cual se encuentra recubierto por la nucela y ésta por la secundina y la primina.

En estas condiciones, el óvulo está en capacidad de ser fecundado. El grano de polen, en sección transversal presenta las siguientes partes: exina, intina, citoplasma y núcleo. **(Figura. 1.97).**

La exina es de una gran resistencia y presenta en su superficie grabaduras de importancia en sistemática. En muchas oportunidades presenta trechos (opérculos) que son más delgados que el resto de ella y que facilitan la salida del tubo polínico, cuando el polen germine. En otras ocasiones, en lugar de presentar esos opérculos presenta manchas claras que tendrán la misma finalidad que los opérculos. Esos espacios, o esas manchas se conocen con el nombre de poros germinales.

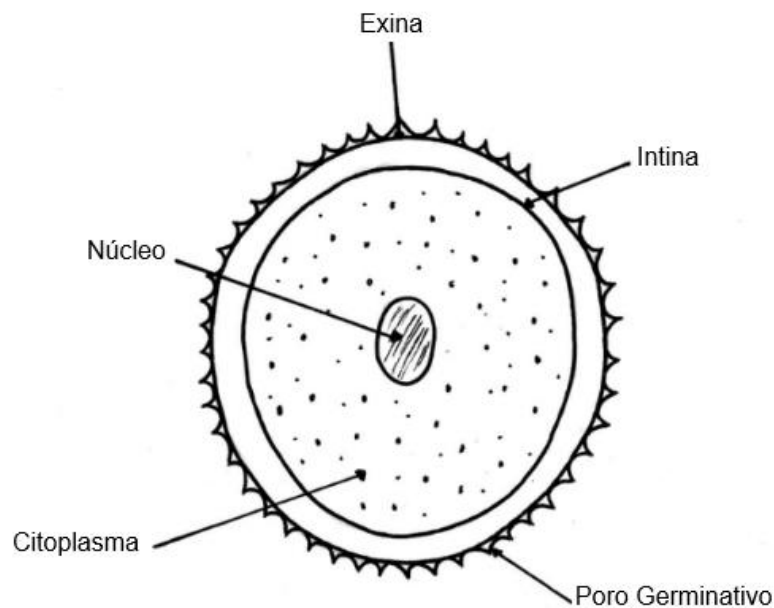


Fig. 1.97 Grano de Polen

La intina es menos resistente y de naturaleza predominantemente celulósica. En cuanto al núcleo, podemos decir que por lo común el grano de polen, contiene un solo núcleo el cual en un determinado momento se divide y forma dos núcleos, uno de los cuales queda en completa libertad dentro del citoplasma y se llama núcleo del tubo o núcleo vegetativo, y el otro, y que se rodea de citoplasma se llama núcleo generativo. (**Figura. 1.98**).

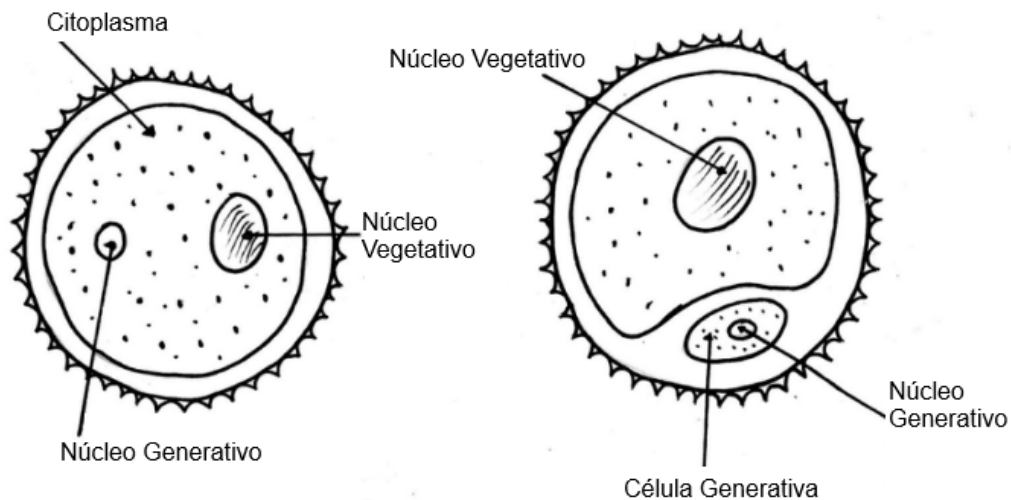


Fig. 1.98 Grano de Polen con sus núcleos

En estas circunstancias el grano de polen llega al estigma, donde inicia su germinación. De lo explicado se concluye que la polinización, es el proceso que se inicia desde la salida del grano de polen de las anteras, hasta su feliz llegada al estigma, y en el caso de los gimnospermas hasta el micrópilo, pues las gimnospermas tienen el óvulo al descubierto.

El polen puede llegar al estigma bien por autogamia o bien por alogamia. En el primer caso, nos referimos a las flores cleistógamas, es decir, flores cuya polinización se realiza con su propio polen, permaneciendo cerradas (necesariamente son flores hermafroditas). La autogamia puede ser directa e indirecta; es directa cuando el polen llega por sí mismo al estigma, es indirecta cuando hay intervención de un agente extraño.

La alogamia se emplea solamente en las flores casmógamas, es decir, en aquellas flores cuya polinización se efectúa estando abiertas, y el polen procede de una flor que se encuentra en la misma planta o en otra de la misma especie.

La alogamia puede ser de dos tipos: geitinogamia y xenogamia, ésta última también se le llama adelfogamia o gneisogamia. La geitinogamia se produce cuando el polen procede de una flor que se encuentra en la misma planta y la xenogamia cuando procede de otro individuo que no está próximamente emparentado.

El transporte del grano de polen puede realizarse por intermedio de varios vehículos a saber: anemogamia, cuando el vehículo utilizado es el aire; zoogamia, cuando son los animales; ornitogamia, cuando son las aves; hidrogamia, cuando es el agua; la artificial cuando la realiza el hombre, y finalmente entomogamia, cuando son los insectos. (pronubos).

La polinización reduce el efecto de atracción floral en especies con flores hermafroditas, en flores pistiladas de las especies dioicas y en flores protándricas sin afectar a las flores protiginas.

POLINIZACIÓN BIÓTICA Y ABIÓTICA

La polinización de las Angiospermas puede ser biótica o abiótica y en la mayor parte de sus especies participa más de un vector. En el género *Mabea* la polinización diurna la realizan las abejas y la nocturna los murciélagos.

La polinización biótica puede ser realizada por:

- a) Insectos-entomofilia
- b) Aves-ornitofilia
- c) Murciélagos-quiropterofilia
- d) Reptiles-malacofilia

La polinización abiótica puede ser realizada por gravedad, viento o agua.

La polinización se realiza por la acción de un gran número de agentes que trasladan el polen hasta el estigma para permitir la realización de la fecundación. Entre los principales tenemos:

1. **Polinización anemófila.** Los granos de polen, por su peso liviano y por poseer cámaras de aire, son llevados por el viento al estigma. Este tipo de polinización es frecuente en el maíz y el trigo.
2. **Polinización entomófila.** Los insectos son atraídos por los colores de algunas flores con corolas llamativas o por su aroma, y allí llegan para libar el néctar que segregan las flores. En sus patas y otras partes de su cuerpo se pega el polen, que es trasladado a otras flores cuando vuelan de flor en flor. Este tipo de polinización es común en las orquídeas, el uvero de playa y otras.

3. **Polinización ornitófila.** Se produce por pájaros que liban el néctar de las flores o que atrapan insectos que frecuentan las flores para obtener su néctar. Entre estos pájaros mencionaremos los colibríes y las reinitas.
4. **Polinización hidrófila.** Se presenta en las plantas acuáticas. Generalmente las flores masculinas se desprenden y son llevadas por el agua, logrando ponerse en contacto los estambres y los estigmas de las flores de la misma especie.
5. **Polinización artificial.** Es la provocada por el hombre para obtener variedades de plantas nuevas, que producen, por ejemplo, frutos de mayor tamaño, de mejor sabor, o que producen mayor cantidad de frutos, o para obtener plantas más resistentes a las plagas o a las condiciones de un medio determinado.
6. **Polinización cruzada en frutales.** Permite una mayor variación en la descendencia y capaz de enfrentar los distintos cambios del habitat donde se desarrollan, además que les permite la obtención de semillas de mejor calidad.

En la mayor parte de los frutales el polen es muy pesado y pegajoso que impide ser diseminado por el viento por lo que en la mayoría de los casos es realizado por insectos, especialmente por abejas. Ej. pepino, mango, patilla, cereza, durazno, fresa, uva, aguacate, pera, melón, mora, etc.

Una vez llegado al estigma, la exina del grano del polen se rompe en los puntos llamados poros germinales, a través de los cuales emerge la intina formando el tubo polínico. **(Figura. 1.99).**

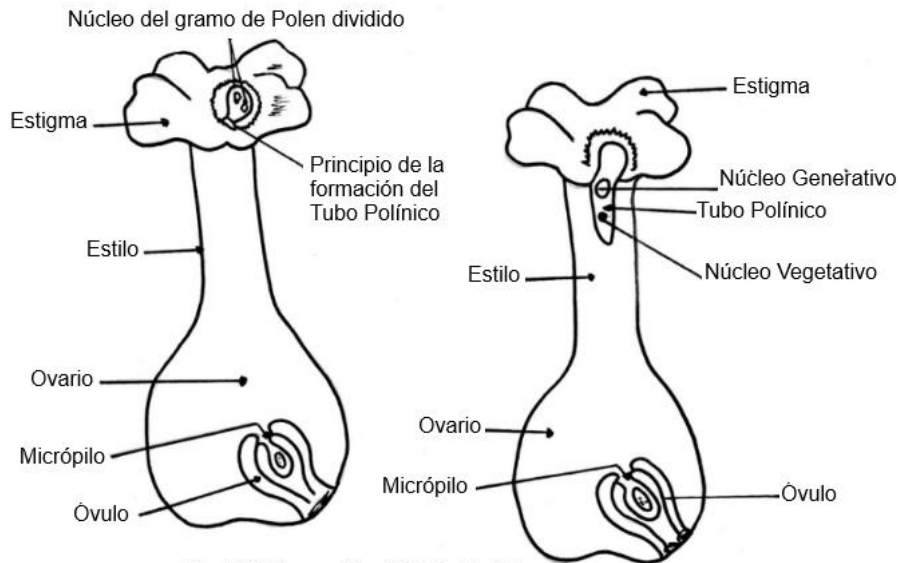


Fig. 1.99 Formación del Tubo Polínico

Muy cerca del extremo distal de este tubo, se localiza el núcleo del tubo, y un poco más atrás el generativo. Este tubo penetra a lo largo del pistilo, es decir, a través del estigma y del estilo, hasta penetrar en la cavidad ovárica en donde se orienta hasta introducirse por el micrópilo y llegar hasta las sinérgidas y el aparato ovular. Para este momento, el núcleo generativo, se ha dividido en dos núcleos que van a constituir los verdaderos gametas masculinas o espermatozoides. **(Figura.2.0).**

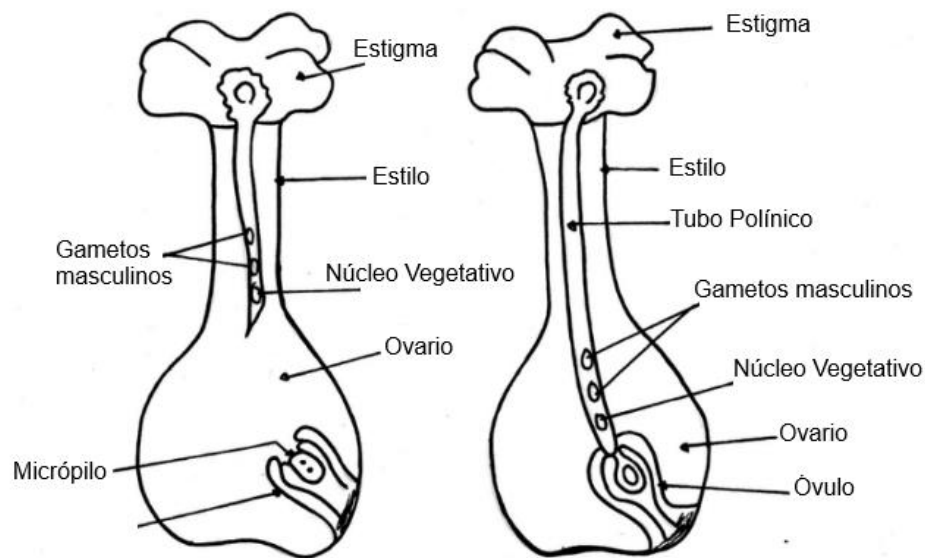


Fig. 2.0 Crecimiento del Tubo Polínico

Aquí, el extremo del tubo se rompe, debido probablemente a la acción de las enzimas, y su contenido es vertido cerca de la oosfera.

(Figura. 2.1).

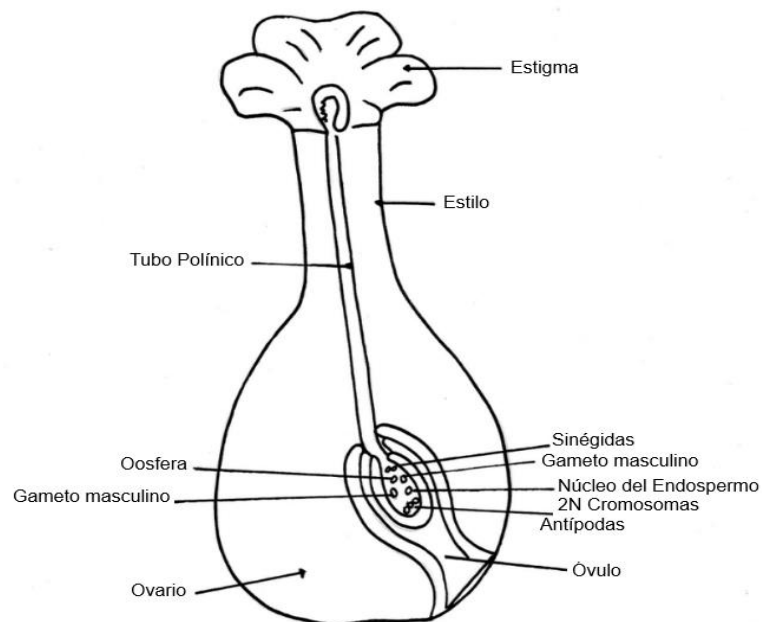


Fig. 2.1 Rompimiento del tubo polínico

Uno de los gametas fecunda la oosfera, la cual inicia una serie de transformaciones hasta formar un embrión; en tanto que el otro, fecunda el núcleo secundario del endospermo y origina el endospermo o albúmen que acumula las sustancias de reservas que usará el embrión cuando germine. Este último proceso, donde la oosfera recibe al gameta masculino, se llama fecundación.

En síntesis, el ovulo fecundado origina la semilla y los carpelos transformados originan el pericarpo. El conjunto de semillas y pericarpo forman el fruto. De esta manera podemos ver que a la polinización sigue la fecundación.

El tipo de fecundación descrita, es decir, cuando el tubo polínico penetra a través del micrópilo se llama porogámica. En los casos donde el tubo polínico penetra por otra parte se llama aporogámica.

APOMIXIS

Este fenómeno es de un inmenso valor comercial y científico hoy en día, dado que representa una forma de producir frutos sin semillas, llamados apirenos.

Esencialmente este fenómeno consiste en la formación de un embrión sin que haya habido una fecundación previa. Para que se produzca la apomixis no siempre es necesario la estimulación del ovulo, de allí la existencia de la apomixis autónoma o vegetativa y la estimulativa o etionoma. La apomixis en general presenta dos variantes: la partenogénesis y la apogamia.

Partenogénesis

Consiste en la formación de un embrión a partir de un ovulo no fecundado. Existen tres tipos: haploide, diploide y poliploide.

Haploide se llama también legítima o generativa. Consiste en que el embrión se forma a partir de un ovulo con “n” cromosomas.

Diploide, consiste en la formación del embrión a partir de un óvulo que no ha sufrido el proceso de reducción cromosómica. También se llama somática.

Poliploide, consiste en la formación del embrión a partir de un óvulo poliploide.

Apogamia

Es la producción de un embrión a partir de cualquier célula que no sea la ovocélula. De esta forma de reproducción se conocen dos modalidades que son: la apogamia somática que se produce cuando la célula embriógena es diploide, y la generativa que se produce cuando la célula embriógena es haploide.

Las semillas resultantes de la doble fecundación se desarrollan a partir del óvulo en el ovario y al madurar constan de testa o cubierta seminal, el endospermo o tejido nutricio y el embrión.

Cubierta seminal

Deriva de los integumentos recibiendo también el nombre de episperma y constituye la envoltura celular de la semilla. Los tejidos tegumentarios del óvulo sufren profundos cambios al producirse la diferenciación de sus células. Generalmente el tegumento interno se

aplasta y reduce o se degenera mientras que el tegumento externo se desarrolla y constituye la única estructura protectora de la semilla., sin embargo, existen taxones en que sus dos tegumentos persisten como capas protectoras de la semilla.

La testa

Presenta una cutícula y una capa esclerificada teniendo como función la de preservar el embrión del ataque de microorganismos e insectos, y de la pérdida de agua, evitando el intercambio de gases y agua entre el embrión y su hábitat. Así mismo protege e inhibe la germinación de la semilla. También se atribuye a la testa funciones de dispersión: alas, glándulas, pelos, estructuras carnosas, espinas, etc y el mantenimiento del letargo o diapausia.

La testa puede ser permeable, semipermeable e impermeable al agua. Las semillas de vida corta que germinan fácilmente pertenecen a las dos primeras, mientras que las impermeables incrementan el lapso de tiempo de vida de las semillas, previniendo cualquier tipo de intercambio gaseoso o de agua entre el embrión y la atmósfera exterior, al mismo tiempo manteniendo al embrión en ausencia de oxígeno y permite un elevado grado de desecación.

Tejido nutricional

Esta constituido de células vivas o muertas generalmente parenquimatosas en las que se depositan los nutrientes necesarios para que el embrión pueda crecer.

Su origen varia así:

En las gimnospermas se origina directamente del gametofito femenino permaneciendo siempre como haploide.

En las Angiospermas es de naturaleza triploide ya que se origina por la fusión de un núcleo haploide del tubo polínico con otro diploide (núcleo polar) del saco embrionario. En algunas plantas las reservas nutritivas son acumuladas por la nucela, recibiendo el nombre de perisperma. Existen plantas como el jabillo y el tártago en que su tejido nutricio está constituida por endospermas más perisperma.

En base a la presencia o ausencia de tejido nutricio clasificamos las semillas en albuminosas y exalbuminosas.

Albuminosas. Son las que poseen endosperma o perisperma. Ej. Flamboyant, Tártago, Jabillo.

Exalbuminosas. Son las que carecen de endosperma, perisperma, o ambas, siendo almacenadas las reservas en el embrión, los cotiledones o en el hipocótilo. Ejemplo: Caraota, Cara-caró, Mango; Aguacate, Girasol.

Embrión

Producto de la fusión de la ovocélula con una célula espermática; se encuentra en estado latente dentro de la semilla y constituirá la plántula en el que se distinguen las siguientes partes.

- a. **Cotiledones.** Son las hojas embrionarias pudiendo actuar como órganos de almacenamiento, como estructuras fotosintéticas o como absorbentes de las reservas alimenticias de las semillas (gramíneas). Constituyen las primeras hojas de las plantas interviniendo en la digestión y absorción de alimentos desde el

endosperma o como reservorio de alimentos cuando la semilla carece de él.

- b. **Epicótilo.** Se llama también plúmula o gémula constituido por hojas rudimentarias y meristemo apical estando situado por encima del punto de inserción de los cotiledones y que se transformará en el vástago de la nueva planta.
- c. **Hipocótilo.** Está situado por debajo del punto de inserción de los cotiledones, comprendido entre éstos y la radícula formando la conexión entre la raíz y el vástago. Se diferencia del epicótilo por ser una porción desnuda que no lleva ni produce hojas.
- d. **Radícula.** Está situada en el extremo opuesto al epicótilo dando lugar al sistema radical de la nueva planta.

DESARROLLO DE LA SEMILLA

Hemos señalado anteriormente que el embrión no siempre se origina de la ovocélula por lo que se entiende que existen semillas poliembrionales. La poliembrionia es el fenómeno por el cual se originan dos o más embriones por semilla.

En las Angiospermas se presentan tres casos:

- 1. **Poliembrionia esporofítica.** Se debe a la formación de embriones adventicios mediante gemación esporofítica de células de la nucela o de los tegumentos. Ej. Melón- Mango- Naranja.
- 2. **Poliembrionia por clivaje.** Se debe a la separación y fragmentación del proembrión en dos o más unidades, cada una de las cuales se desarrolla en un embrión separado. Ej. Lirio- Orquídea.

3. **Poliembronia euploide.** Se produce al originarse dos o más embriones con cargas genéticas distintas, pero múltiplos del número básico. Ej. Tabaco- Papa- Algodón.

Desarrollo de la ovocélula

La ovocélula se divide perpendicularmente al eje del gametófito, originando dos células: la proximal, se transforma por sucesivas divisiones en el ligamento suspensor del embrión o embrióforo, y lo empuja hacia el centro del ovulo. La célula que une suspensor y embrión recibe el nombre de hipófisis.

La célula distal, llamada también proembrional o proembrión, se divide perpendicularmente tres veces consecutivas dando origen a ocho células cada una. De este conjunto, las células periféricas originan la epidermis, el eje hipocotílico o sea la porción que se halla debajo de la inserción de los cotiledones, y una parte de la cofia de la raíz principal. La capa profunda se divide según las tres direcciones del espacio y da origen a los tejidos internos, es decir al cilindro central y a la corteza. En esta forma queda integrado definitivamente el embrión.

El embrión consta de las siguientes partes: ápicecaulinar, cotiledones, eje hipocotílico y radícula. **(Figura. 2.02).**

El ápice caulinar ocupa el extremo superior del embrión, el eje hipocotílico ocupa la zona comprendida entre el ápice caulinar y el punto de inserción de los cotiledones; los cotiledones constituyen las hojas primordiales y la radícula ocupa el extremo inferior del embrión y da origen a la raíz.

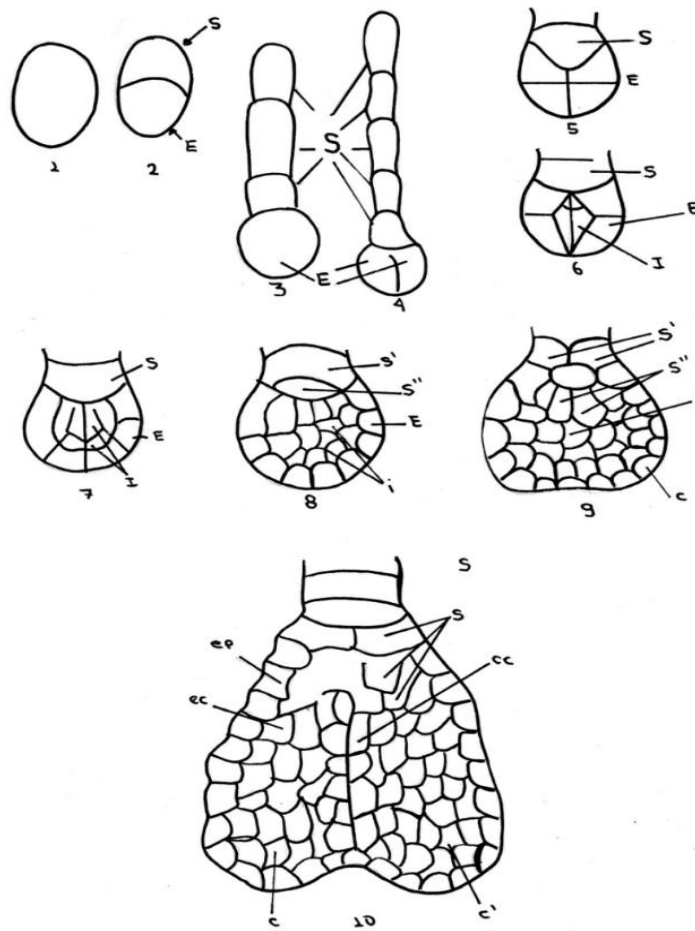


Fig. 2.2 Proceso de Formación del Embrión

En las dicotiledóneas se formaran dos cotiledones y entre ellos la plántula. Para las monocotiledóneas solo se formara un cotiledón y el embrión se coloca lateralmente, en relación con el cotiledón único o escutelo. Ahora bien, al mismo tiempo que esta serie de transformaciones se experimentan en la ovocélula, se suceden otras en el núcleo secundario del saco embrional o núcleo del endospermo. En principio las divisiones nucleares no van acompañadas de una inmediata formación de membranas, razón por la cual los núcleos se colocan alrededor del gametofito femenino muy juntos y libres. Más

tarde se inicia la formación de membranas celulares de afuera hacia dentro. En esta forma queda integrado el llamado albúmen celular.

En otros casos, esas paredes celulares jamás llegan a formarse y los núcleos quedan libres, estos se conocen como albumen nuclear.

A este tejido así formado, le corresponde de un principio la función de reserva cuando el embrión germina.

Ya para entonces, él o los tegumento del ovulo se han transformado también, adquiriendo una gran consistencia y pasan a formar parte de los tegumentos de la semilla o episperma; testa y tegmen.

En resumen, la primina origina la testa, la secundina el tegmen, la oosfera fecunda el embrión, y el núcleo secundario del gametofito femenino originara el endospermo o albumen. **(Figura. 2.03).**

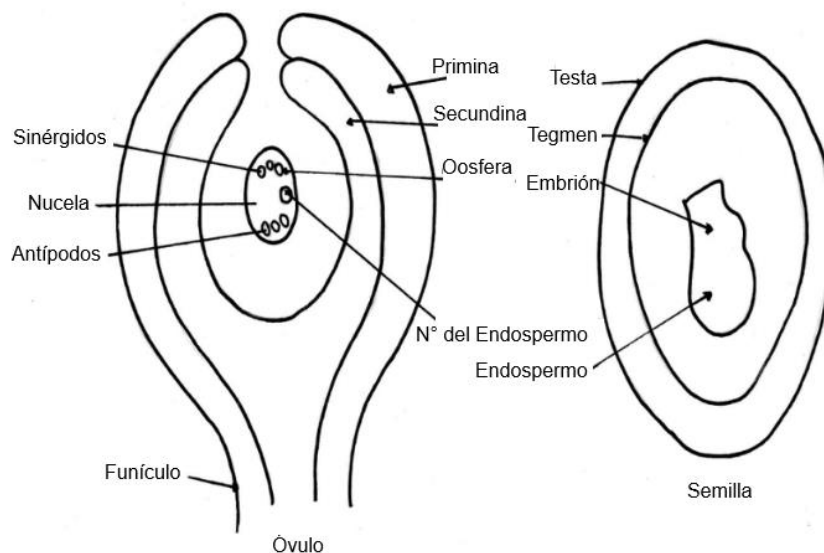


Fig. 2.3 Transformación esquemática de un óvulo en semilla

Para concluir lo referente a la semilla vale mencionar que muchas de ellas poseen órganos especiales que le permitan asegurar una diseminación excelente. Así por ejemplo pueden presentar pelos, vilanos, arilos o infinidad de formaciones que aseguren el transporte a otros sitios.

CLASIFICACIÓN DE LAS SEMILLAS POR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TEJIDO NUTRICIO

a) **Amiláceas.** Existe predominio de almidón. Ejemplo arroz, sorgo, trigo, maíz, lenteja, garbanzo, cebada centeno. En el caso del maíz apreciamos en su endosperma una parte córnea de coloración amarillenta contentiva de almidón y una ínfima porción de proteína; una parte blanda de color blanco completamente almidonosa y una capa de células vivas en la periferia del endosperma con numerosos granos de aleurona.

b) **Oleaginosas.** Contiene aceites en forma de ácidos grasos no saturados en las que las reservas grasas se depositan en forma de gotas finamente dividida. Ejemplo: coco, tártago, jabillo, girasol, ajonjolí, nogal, lino, cáñamo, algodón.

c) **Proteináceas.** Cuando las reservas están constituidas por glúten, granos de aleurona u otra proteína inactiva, los cuales se ubican en organelos celulares denominados cuerpos proteicos, las cuales se ubican en organelos celulares denominados cuerpos proteicos, y se clasifican en cuatro grupos.

1. Cuerpos proteicos con globoides
2. Cuerpos proteicos con globoides y cristaloides
3. Cuerpos proteicos sin globoides nicristaloides

El globoide es un compuesto fosfatado mientras que el cristaloides es un depósito proteico cristalino.

4. Córneos. Las células del endosperma tienen membrana fuertemente impregnadas con celulosa o hemicelulosa. Ejemplo café, dátil.

GERMINACIÓN

Es necesario antes de adentrarnos en este tema conocer los términos de quiescencia o latencia y longevidad de la semilla.

Al llegar las semillas a su madurez el embrión entra en estado de vida latente por lo cual su respiración y nutrición se atenúan y se división celular cesa por completo. Por consiguiente; la maduración de la semilla conlleva una intensa deshidratación de sus tejidos, lo cual le permite resistir ese estado de vida latente. Por ende, para que se produzca el estado de reposo debe producirse la pérdida de agua, la inactivación progresiva de los procesos biológicos y la acumulación de sustancias inhibitoras. La longevidad de la semilla o sea el tiempo que dura en vida latente es muy variable y depende de la especie, de las condiciones de maduración, de la temperatura, de los tipos de reserva, así como del sitio en que se encuentran al salir del fruto.

Si guardamos semillas en sitios húmedos generalmente tienden a germinar, o son atacadas por hongos y bacterias.

Si se colocan en sitios secos apropiados persisten durante un tiempo más o menos largo de acuerdo con el tipo de reserva que posea.

Las oleaginosas pierden rápidamente su poder germinativo, por cuanto se descomponen los aceites que poseen.

Las amiláceas resisten bastante tiempo conservadas en lugares bien secos y protegidos de corrientes de aire húmedo (entre 50 y 100 años).

Las del albúmen córneo pierden su poder germinativo si se colocan expuestas al sol.

Si recogemos semillas antes de alcanzar su completa maduración existirá una germinación deficiente. Ejemplo: hay semillas que aunque hayan quedado libres del fruto, no están aptas para la germinación, por cuanto su embrión no ha completado su desarrollo y maduración al sembrarse no germinan.

Existen así mismo plantas cuyas semillas germinan inmediatamente al salir del fruto y si se almacenan para conservarlas pierden su capacidad germinativa en un tiempo relativamente corto.

Se denomina quiescente a la semilla que germina si se le suministra las condiciones requeridas para su germinación (agua, oxígeno, luz y temperatura).

Una semilla latente no germina pese a estar bajo condiciones apropiadas para su germinación y para ello requiere de condiciones especiales como el rompimiento de cubierta protectora (testa), estar expuesta a la luz, pérdida de sustancias inhibidoras y quedar en temperaturas bajas.

Letargo de la semilla. Aunque algunas semillas hayan llegado a su madurez total no germinarán pese a colocarlas en condiciones apropiadas, fenómeno que se reconoce como letargo de la semilla el cual reside en el perispermo y en el embrión.

Las causas dependientes del perispermo que retardan la germinación son:

- a) Impermeabilidad del perispermo al agua.
- b) Impermeabilidad del perispermo a los gases.
- c) Incapacidad del embrión para romper el perispermo.

GERMINACIÓN

Es el proceso por el cual el embrión pasa del estado de vida latente en que se encuentra en la semilla, a un estado de vida activo.

Cuando se inicia la germinación la semilla aumenta de tamaño y el perispermo se reblandece debido a la absorción de agua por imbibición y ósmosis. Así mismo los carbohidratos, grasas y proteínas se hidrolizan enzimáticamente siendo sus productos utilizados para la respiración celular y para el crecimiento del embrión.

El crecimiento ocasiona la rotura de la testa siendo la radícula el primer órgano en emerger, posteriormente el hipocótilo y finalmente la plúmula.

Para que la semilla germine y origine una nueva planta se necesitan una serie de condiciones que diferenciamos en dos clases: extrínsecas e intrínsecas.

Condiciones extrínsecas

- a) **Agua.** Constituye el factor más importante. Cuando las células del embrión están en vida latente su protoplasma contiene poca agua, por ende, se requiere de ella para que pueda reiniciar sus actividades. El agua actúa reblandeciendo el perispermo para que el embrión pueda expandirse y romperlo y permite la disolución de las sustancias de reserva, así como el transporte de las mismas.
- b) **Oxígeno.** Mientras el embrión está en vida atentamente su respiración es sumamente débil pero al iniciarse la germinación se hace intensa dicha función por lo que se requiere de una gran cantidad de oxígeno, ya que él se encargará del efectuar las oxidaciones de las sustancias orgánicas, que constituyen la fuente de energía durante el desarrollo del embrión.
- c) **Temperatura.** Actúa retardando o acelerando la actividad enzimática y por lo tanto la respiración. Los requerimientos de temperatura varían según las especies, y las de climas cálidos requieren mayor temperatura que las de los climas fríos. Cada planta tiene una temperatura óptima para su germinación que es la más apropiada, otra mínima abajo de la cual no germina y una máxima sobre la cual no se efectúa la germinación. Estas temperaturas son variables para la diversidad de especies por ser unas de clima cálido y otras de climas fríos. Muchas semillas no germinan por debajo de los 5°C que consideramos como temperatura mínima. De igual manera muchas no germinan por encima de 45°C que consideramos como temperatura máxima. La mayoría de las semillas

germinan a una temperatura de 25° C la cual consideramos como temperatura óptima.

- d) **Luz.** Muchas semillas para germinar necesitan luz, otras no germinan en presencia de la luz, así como también otras que son indiferentes. Las semillas que requieren de la luz para germinar se denominan fotoblásticas positivas y constituyen un 70%. Las que no germinan en presencia de la luz se denominan fotoblásticas negativas y constituyen un 26% y las que son indiferentes al requerimiento lumínico constituyen un 4%. Ej. Haba maíz, caraota.

Condiciones intrínsecas

1. Que la semilla esté **normalmente constituida**. La semilla debe estar completamente tanto en su embrión como en sus sustancias de reserva. Esto se debe a que a veces el embrión no se ha desarrollado normalmente o las reservas nutritivas son insuficientes por cuanto su función es la de alimentar al embrión durante su germinación hasta que la nueva planta posea los órganos fundamentales que le permitan vivir por sí mismas.
2. La semilla debe estar **completamente madura**. Significa que el embrión ha alcanzado su completo desarrollo, ya que si no ha sucedido la semilla no germina.
3. Que el embrión **se encuentre vivo**. Es necesario que el embrión este vivo en el momento en que se siembra la semilla, es decir, que conserve su facultad germinativa que le permita desarrollarse normalmente y formar una nueva

planta. Diversas causas externas afectan al embrión haciéndole perder su vitalidad. Hay semillas que son atacadas por hongos y bacterias que no solo destruyen las sustancias de reserva sino también al embrión, especialmente aquellas que caen en suelos húmedos y ricos en sustancias orgánicas donde abundan dichos microorganismos. Así mismo en las semillas oleaginosas el embrión muere en poco tiempo a causa de sustancias tóxicas producidas por el enranciamiento de sus sustancias de reserva.

TIPOS DE GERMINACIÓN

1. **Germinación epigea.** En ella el hipocótilo se desarrolla y los cotiledones son expuestos. Debido al crecimiento intercalar del hipocótilo tanto los cotiledones como el epicótilo emerge a la superficie del suelo.
2. **Germinación semihipógea.** En ella el hipocótilo no se desarrolla, pero los cotiledones son expuestos sobre la superficie del suelo. Los cotiledones no son fotosintéticos pero desarrollan reservas.
3. **Germinación hipógea.** En ella el hipocótilo no se desarrolla y los cotiledones quedan encerrados dentro de la cubierta seminal. El epicótilo crece por alargamiento y empuja a la plúmula emerger sobre el suelo. Las reservas se desarrollan en el endosperma o en el hipocótilo si no existe.

4. **Germinación diurana.** En ella el hipocótilo se alarga pero los cotiledones quedan encerrados en la cubierta seminal. El potencial fotosintético se pierde gastándose toda la energía en el crecimiento del hipocótilo.

Floración

En el ciclo ontogenético del desarrollo de una planta existen diferencias entre la fase de crecimiento vegetativo y la fase reproductiva que se inicia con la floración.

En el crecimiento vegetativo los meristemas apicales por su actividad mitótica seguida de procesos de elongación, diferenciación y morfogénesis presentan un crecimiento localizado e indeterminado que dará origen a órganos y tejidos del cuerpo primario de la planta. Se entiende que un meristemo reproductivo es similar a un meristemo vegetativo, pero existe un cambio en la sincronía celular y en las regiones de división celular.

En la floración cambia la actividad y diferenciación del meristemo vegetativo a meristemo reproductivo, por cuya acción se originaran los componentes de la flor.

FLORACIÓN

Es el desarrollo de las flores desde el momento de la antesis de las más precoces hasta la marchitez de las más tardías.

ANTESIS

Momento de abrirse el capullo floral. En este sentido podemos entender la floración como la inducción y formación de los primordios florales. Factores internos (hormonales y nutritivos) y factores externos (luz y temperatura) condicionan la inducción floral.

El inicio de la floración se desencadena por un cambio en la pauta de diferenciación del meristemo vegetativo a meristemo floral dentro de una organización estructural génica compleja así como diversos niveles y rutas de diferenciación.

El salto de un crecimiento vegetativo a un crecimiento reproductivo se denomina cambio de fase para lo cual se necesita una serie de requerimientos siendo el primero la edad (capacidad de evocación). En los individuos juveniles el nivel de metilación es de 16% mientras que en los organismos con capacidad reproductiva alcanza el 62%, es decir, que a medida que un meristemo envejece hay un incremento progresivo de metilación.

En el nivel de floración existen genes específicos que marcan la identidad floral (genes homeóticos) y anteriormente a la expresión de estos genes hay otro grupo de genes igualmente específicos que marcan competencia para la floración. La floración marca el cambio de fase con cambios genéticos muy determinados que son muy difíciles de revertir.

El paso del crecimiento vegetativo a reproductivo se produce de forma gradual realizándose los siguientes procesos bioquímicos y biológicos:

1. Síntesis de DNA incrementada
2. Síntesis de proteínas aumentada
3. Actividad mitótica incrementada
4. Diferenciación de los diferentes órganos que componen las flores lo cual conlleva al diferente reparto de la actividad mitótica

Existen dos factores ambientales considerados como los inductores del cambio: fotoperiodismo y baja temperatura.

FOTOPERIODO

Constituye la duración del tiempo diario en que los organismos están expuestos a la acción de la luz.

FOTOPERIODECIDAD

Es la respuesta de un organismo a la duración del fotoperiodo. Al efecto de la baja temperatura para favorecer la floración se le denomina vernalización, la cual estimula el efecto inductor provocado por el fotoperiodo

VERNALIZACIÓN

Es el proceso por el cual se promueve la floración tras un tratamiento frío dado a la semilla hidratada o a una planta en experimento.

Las semillas secas no responden a estos tratamientos fríos.

Las plantas que requieren vernalización sin el tratamiento florece con retraso o permanecen en estado vegetativo.

La duración de la luz, entre el inicio del crepúsculo matutino y la finalización del crepúsculo vespertino, se denomina fotoperíodo, es decir, que abarca el día civil, más el tiempo de duración de los crepúsculos matutino y vespertino.

El nictoperíodo es la etapa de oscuridad.

De acuerdo a la iniciación de la floración, es decir, la transición de la fase vegetativa a la fase reproductiva, o sea, por su reacción al fotoperíodo las plantas se clasifican en:

PLANTAS DE DÍA CORTO

Las flores se desarrollan solo si las plantas son iluminadas durante menos de 12 horas diariamente. Son plantas cuyo fotoperíodo requiere no rebasar un máximo crítico de horas de iluminación al día por encima del cual no florecerá. Ejm. Violeta-fresa-crisantemo-arros-orquidea-ambrosia-tabaco-soya-frijol-poinsetia-mijo-dalia-cañamo-kalanchoe-nochebuena-centeno-cadillo-batata.

Características:

- a. Presentan la formación de tubérculos, sitio en que se inicia la latencia y abscisión foliar.
- b. Presentan una interrupción del periodo largo de oscuridad.

PLANTAS DE DÍA LARGO

Las flores se desarrollan solo si el fotoperiodo diario dura más de 12 horas. Requieren un fotoperiodo crítico de luz por encima de un mínimo de horas de iluminación al día, por debajo del cual no florecen.

Características

- a. Promueven el desarrollo de los de muchas especies.
- b. Presentan varios periodos de desarrollo reproductivo.
- c. Presentan alternancia de desarrollo vegetativo, desarrollo reproductivo.
- d. Presentan una primera fase reproductiva muy escasa
- e. Presentan una primera fase vegetativa bastante largo que puede durar de 1 de 50 años. Ejm. Trigo- Trébol- remolacha- lechuga- eneldo- rábano- espinaca- espuela de caballero- sedum- cebada- avena- lino- zanahoria- geranio- betarraga- jazmín- cebolla- colinabo- radiccho- repollo chino- papa- endivia- beleño- pasto bent- bromegrass- gladiola- llantén.

PLANTAS DE DÍAS NEUTROS

Son aquellas que producen flores independientemente de la duración del fotoperiodo diario. No responde al fotoperiodo, es decir, no dependen del fotoperiodo para florecer.

Características

- a. En una temperatura pasan a ser de día largo o de día corto a otra temperatura.

Ejm. Pepino- algodón- girasol- apio- maíz- geranio- tomate- pensamiento- diente de león- alubia-euforbia- gardenia- acebo- frijol- senecio- pimienta- ají- arveja- haba- melón- patilla- zapallo- judía- caraota.

Cuando las plantas de días cortos se someten a condiciones de plantas de días largos continúan su crecimiento vegetativo pero sin llegar a florecer.

Si las plantas de días largos son sometidas a condiciones de plantas de días cortos presentan un escaso desarrollo vegetativo pero no alcanzan a florecer.

El sistema fitocromo es el fotorreceptor para la inducción floral el cual participa en el periodo de oscuridad.

Si suministramos en un tiempo limitado rojo de baja energía durante la noche a una planta de día largo se producirá la floración y esto puede ser inhibida si inmediatamente después del rojo suministramos rojo lejano (730nm).

REFERENCIAS

-
- Bold, H. Morphology of Plants. Harper Brothers. New York. 1957
- Brig, D y Walters, S. Evolucion y Variacion Vegetal. Ediciones Guadarrama. Madrid. 1969
- Camefort, H. Morphology et Anatomy des Vegetaux Vasculares. Doin. Paris. 1962
- Campezo, E. 1000 Plantas de Jardin. Editorial. Optima .S.A. Madrid. 1998
- Carter, R. General Botany. Hunt Publishing Company. 1991. Dubuque Iowa Kendall
- Castro, L. Estudios Morfologicos de las Flores. Trabajo de Grado. Año 2002
- Cortez, F. Histologia Vegetal Basica. Ediciones Blume. Madrid. 1980
- Cuerda, J. Atlas de Botanica. Ediciones Culturales. Madrid. 1995

REFERENCIAS

- Font Quer, P. Diccionario de Botanica. Editorial Labor. Barcelona. 1977
- Foster, A. Comparative Morphology of Vascular Plants
- Fuentes, J. Botanica Agricola. Ediciones Mundo Prensa. Madrid. 1994
- Galston, A. La vida de las plantas verdes. Editorial UTEHA. Mexico. 1997
- Grove, A. General Botany. Burgess. Minneapolis. 1961
- Izco, J. Botanica. 2da Edicion. Mc Graw Hill. Londres. 2008
- Jabal, J. Botanica General. Cultural, S.A Ediciones, Barcelona. España. 1982
- Krisa, B. Enciclopedia de Plantas con Flor. Susaeta Ediciones. Madrid. 1993
- Lindorf, H, L. Parisca, P. Rodriguez. Botanica. UCV. Caracas. 1991
- Lopez, H. Compendio de Botanica. Oficina de Publicaciones. Facultad de Ciencias Forestares. 1957
- Manzanera, L. El Libro de las Plantas. Ediciones Primera Plana. Barcelona. 2000
- Nultsch, W. Botanica General. Editorial Omega. Barcelona. 1975
- Reyes, H. Apuntes de Botanica General. Facultad de Agronomia. Universidad del Zulia. Maracaibo. 1993
- Rivera, P. Recopilacion Tablas Botanicas de Smallwood mas 21 laminas de Especies Botanicas. Publicaciones IUMPM. Barquisimeto 1977
- Rivera, P. Manual de Laboratorio de Biologia Vegetal y Botanica General. NURR. Trujillo. 2003

- Rivera, P. Flora Mundial, Nacional Y Regional. Codepre. ULA Merida. 2007
- Stevenson, F. Anatomía Vegetal. Editorial Limusa. Mexico. 1980
- Straburger, E. Tratado de Botánica. Primera Reimpresión. Ediciones Omega. Barcelona. 1997
- Thomas, J. Botánica. Atlas Temático. Idea Books. S.A. Barcelona. 1997
- Torres, A. Manual de Laboratorio. Editorial Hispano Americana. Mexico. 1979
- Tosco, U. Atlas de Botánica. Editorial Teide. Barcelona. 1973
- Velasquez, J. Plantas vasculares acuáticas de Venezuela. Editorial UCV Caracas. 1994
- Young, P. The Botany Coloring Book. Editorial Harper Perennial. New York. 1998



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA



PUBLICACIONES
VICERRECTORADO ACADÉMICO

ISBN: 978-980-11-2236-4



9 789801 122364

La presente obra concebida para los estudiantes de las asignaturas de Morfoanatomía Vegetal, Botánica General y Biología Vegetal, así como las ciencias afines, está diseñada para proporcionar un conocimiento cabal y de fácil comprensión, que les permita adentrarse en la diversidad morfológica y anatómica de los vegetales superiores que pueblan el mundo e interactúen a diario con los demás componentes bióticos y abióticos del Universo.

Creemos que el presente texto constituye una herramienta de fácil manejo, que les proporciona una comprensión más acorde con los requerimientos académicos y constituye baluarte fundamental para el acopio de la información veraz que requieren manejar en estas asignaturas.

La diversidad de las formas externas, así como la intrincada composición interna de las plantas está diseñada con un lenguaje comprensible y acompañado de ilustraciones sencillas que permite una mayor comprensión y un conocimiento completo de cada uno de los temas objeto de estudio en esta obra.

Si el texto logra interesar a nuestros estudiantes de estas asignaturas, nos sentiríamos plenamente realizados y el esfuerzo no sería en vano.

El autor