

de medios de sostén internos especializados (esqueletos) y a la especialización de la movilidad.

Reino Fungi: agrupa los hongos superiores y los líquenes (organismos producto de la simbiosis de algas y hongos); son eucariotas filamentosos, heterótrofos (absorben sus alimentos de otros organismos, vivos o muertos) e inmóviles.

Reino Plantae: está integrado por eucariotas autótrofos (fotosintéticos) totalmente adaptados a la vida terrestre, sin movilidad pero que han alcanzado un grado de desarrollo importante debido a la presencia de paredes celulares más o menos rígidas rodeando la membrana plasmática. Estas paredes son celulósicas y encierran protoplastos que contienen vacuolas y, entre otras organelas, los plástidos en los cuales se lleva a cabo la fotosíntesis.

FOTOCOPIADORA
Hoja.....

CITOLOGÍA

FOTOCOPIADORA
Hoja 3... de 32..

CELULA PROCARIOTA

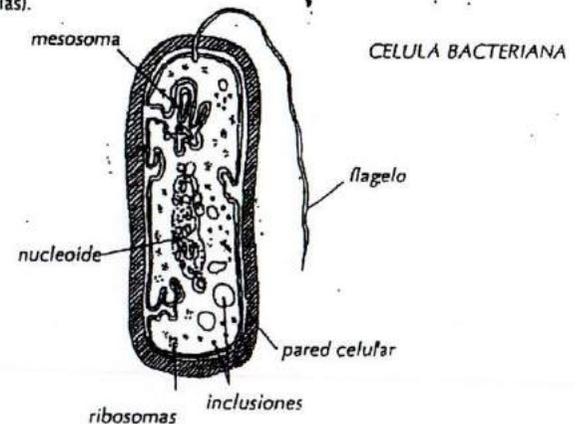
Los organismos con este tipo de células son los más antiguos que se conocen sobre la Tierra (3200 a 3500 millones de años). Se los agrupa en el reino Monera, integrado por bacterias y cianobacterias.

MORFOLOGÍA CELULAR

La célula procariota está protegida externamente por una pared más o menos rígida constituida básicamente por azúcares y aminoácidos que forman macromoléculas de mureína. Hacia adentro se encuentra la membrana plasmática, semipermeable y de naturaleza lipoproteica.

Los procariontes carecen de orgánulos especializados en la fotosíntesis y en la respiración y no presentan sistemas de endomembranas. La membrana plasmática que rodea al citoplasma lleva las enzimas respiratorias y los pigmentos, cuando la célula es pigmentada. Los pigmentos (clorofila a, carotenes, xantofilas y ficobilinas en cianobacterias y bacterioclorofila en bacterias) suelen hallarse en el área protoplasmática externa y estar reunidos en laminillas o "pretilacoides". La membrana plasmática además contiene sitios de inserción específicos para las moléculas de ADN denominados **mesosomas**.

En el citoplasma se encuentran distintos tipos de ARN y de enzimas que intervienen en la síntesis de proteínas. Hay una gran cantidad de ribosomas que pueden agruparse formando polisomas. El citoplasma presenta sustancias de reserva (polifosfatos y lípidos en bacterias y granos de volutina y "almidón de las cianofíceas" en cianobacterias).



La célula procariota no presenta membrana nuclear separando el ADN del citoplasma. Existe una región nuclear, llamada comúnmente **nucléotide**, formada por una larga molécula de ADN desnudo (no asociado con histonas), a veces fuertemente enrollado.

TIPOS DE NUTRICIÓN

La mayoría de las bacterias son heterótrofas, es decir obtienen energía a expensas de otros organismos. La diversidad metabólica del heterotrofismo es muy grande: hay bacterias saprobitas (degradadoras de sustancias orgánicas) y parásitas.

Existen también procariontes autótrofos.

Las cianobacterias y muchas bacterias son fotoautótrofas, utilizan la energía lumínica mediante el proceso de fotosíntesis para sintetizar sus propios alimentos.

También existen bacterias quimioautótrofas que obtienen energía por medio de la oxidación de diversos sustratos inorgánicos y la utilizan para la síntesis de sustancias orgánicas. Las tiobacterias, las nitrobacterias y las ferrobacterias, por ejemplo, utilizan S, N, y Fe, respectivamente, como sustratos inorgánicos de los cuales obtienen energía.

MOVILIDAD

Las bacterias pueden ser inmóviles o móviles por flagelos. El flagelo bacteriano está formado por una proteína llamada **flagelina**, que forma cadenas arrolladas en triple hélice y deja el centro hueco. Este flagelo no está rodeado por la membrana plasmática sino que sobresale de la célula como un filamento proteico-desnudo.

Las cianobacterias carecen de flagelos, pero pueden tener movimientos lentos de deslizamiento.

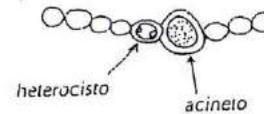
REPRODUCCIÓN

Tanto las bacterias como las cianobacterias se multiplican vegetativamente por división o fisión binaria y no tienen reproducción sexual.

Algunas especies filamentosas de cianobacterias poseen células inmóviles que actúan como esporas de reposo, con pared gruesa, alto contenido en proteínas y sustancias de reserva, llamadas **acinetos**. Éstos tienen mayor tamaño que el resto de las células y, cuando las condiciones del medio son favorables, pueden germinar dando un nuevo filamento. Los acinetos pueden ubicarse en el extremo del filamento o estar asociados a **heterocistos**, células redondeadas, refringentes, aparentemente vacías, relacionadas con la fijación del nitrógeno.

FOTOCOPIADORA
Hoja ... 4. de ... 22.

FILAMENTOS DE CIANOBACTERIAS



CÉLULA EUCARIOTA VEGETAL

La célula eucariota está rodeada por una membrana celular, la **membrana plasmática**, que contiene al **citoplasma**. El citoplasma incluye al núcleo envuelto por una doble membrana o **carioteca** y diversos **organoides u organelas** provistas de membranas: mitocondrias, plástidos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas.

La célula eucariota vegetal se caracteriza por la presencia de una pared celular externa, rígida o semirrígida; plástidos, y vacuolas.

PARED CELULAR

Es una forma especializada de matriz extracelular y está estrechamente adosada a la superficie externa de la membrana plasmática.

Se expande y se deforma a medida que la célula crece y se diferencia. Sirve como zona de pasaje de materiales para el crecimiento y es un área de actividad enzimática.

Las paredes celulares están construidas según un principio arquitectónico frecuente en materiales de construcción (fibra de vidrio, hormigón armado): el de fibras fuertes englobadas en una matriz amorfa. En la pared celular las fibras están formadas por celulosa y la matriz por hemicelulosa y sustancias pécticas.

Composición química:

Las plantas poseen pared celular constituida casi exclusivamente por celulosa. La celulosa es un carbohidrato formado por una cadena lineal de miles de unidades de glucosa. Esta molécula tiene una estructura aplanada a modo de cinta y se adhiere

a otras moléculas de celulosa con una disposición paralela formando microfibrillas que se agrupan en haces.

Además de la celulosa hay cinco sustancias, importantes por su proporción, que se asocian con aquélla en la composición de la pared. Tales sustancias son:

- **Hemicelulosas:** son carbohidratos similares a la celulosa pero formados por macromoléculas más sencillas, menos ordenadas químicamente y ávidas de agua (hidrófilas).
- **Compuestos pécticos:** son sustancias amorfas, plásticas y muy higroscópicas, mantenedoras del alto grado de humedad requerido por las células jóvenes.
- **Lignina:** es una sustancia amorfa, polímero de varios alcoholes; después de la celulosa, es la sustancia más abundante en células vegetales. Confiere resistencia a la compresión.
- **Cutina-Suberina:** son los constituyentes grasos impermeabilizantes de la pared celular. Son altamente resistentes al ataque enzimático.
- **Ceras:** son otros componentes grasos de la pared celular. Suelen asociarse con la cutina y la suberina. Su función principal es proteger y evitar la pérdida de agua.

A estas sustancias debe agregarse la presencia de otros compuestos de menor importancia, como minerales, grasas, taninos, pigmentos, terpenoides, proteínas, gomas, mucilagos, etc.

Estructura:

Cada célula forma su pared desde afuera hacia adentro, de modo que la capa más vieja de una pared y la primera en formarse está en la posición más externa de la célula (**pared primaria**), mientras que las nuevas están en la posición más interna junto a la membrana plasmática (**pared secundaria**).

La zona en que se unen las paredes primarias de dos células contiguas es la **laminilla media**, de naturaleza péctica, cementante.

PARED PRIMARIA

Composición química:

La estructura básica de la pared primaria está formada por celulosa. Junto con ella aparecen hemicelulosa y sustancias pécticas formando la matriz. Otras sustancias asociadas con pared primaria son la cutina y las ceras. Menos comunes, pero también asociadas con la pared primaria, hay otras sustancias, como calosa y esporopolenina.

Campos de puntuaciones primarias:

La trama de la pared primaria se aloja en ciertas áreas de contacto entre célula y célula para dejar pasar a los cordones citoplasmáticos o **plasmodesmos**. Estos adelgazamientos de la pared primaria, donde la trama es más laxa, y la densidad

de las microfibrillas de celulosa es menor, reciben el nombre de **campos de puntuaciones primarias**.

Crecimiento:

La pared primaria crece en superficie al aumentar el volumen celular. La trama de microfibrillas de celulosa se distiende, y el citoplasma forma nuevas moléculas de celulosa que se insertan **entre** las ya existentes. Este fenómeno recibe el nombre de **intercalación** (se intercala nuevo material a la trama) o **incrustación o intususcepción** (inserción de nuevas partículas en la estructura ya existente).

PARED SECUNDARIA

Composición química:

Está formada por celulosa, muy escasas hemicelulosas y por lo general una gran proporción de lignina. Otra sustancia asociada con la pared secundaria es la suberina.

No todas las células vegetales forman pared secundaria. Aquellas que la forman lo hacen una vez completado su alargamiento y distensión, por lo tanto su volumen celular no seguirá aumentando. La pared secundaria se encuentra típicamente lignificada en células con funciones especiales de sostén y conducción.

Punteaduras:

Las punteaduras son interrupciones de la pared secundaria, que generalmente coinciden con campos de puntuaciones primarias.

Crecimiento:

La pared secundaria crece en grosor. Se agrega o deposita nuevo material **sobre** el ya existente. Este fenómeno se denomina **aposisición o acrustación**.

PLÁSTIDOS

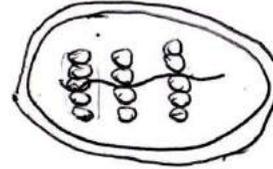
Los plástidos son orgánulos con envoltura de doble membrana, y tienen ADN en su interior. Proviene ontogenéticamente de orgánulos poco especializados, visibles sólo al microscopio electrónico, llamados **proplástidos**. Los plástidos adultos son lo suficientemente grandes como para ser visibles al microscopio común.

En general, los plástidos se dividen en dos grandes categorías, de acuerdo a la presencia o no de pigmentos. Los plástidos pigmentados reciben el nombre de **chromoplástidos o cromoplastos**. Los no pigmentados se denominan comúnmente **leucoplastos**.

Debido a la importancia que tienen en la fisiología de las plantas verdes, los plástidos que contienen clorofila se designan específicamente como **cloroplastos**, y así, suele utilizarse el nombre de **cromoplastos** para aquellos que contienen cualquier otro pigmento que no sea clorofila (carotenoides, etc.).

Los leucoplastos resultan, en general, una categoría muy abarcativa, que incluye: amiloplastos o plástidos con almidón, proteinoplastos o plástidos con proteína cristalina y oleoplastos o plástidos que contienen grasa amorfa o cristalina.

Los cloroplastos están envueltos por dos membranas. La interna rodea a un gran espacio central, llamado estroma. Un tercer sistema de membranas forma un conjunto de sacos discoides aplanados, que se disponen paralelamente entre sí, apilándose como monedas. Cada saco se denomina tilacoide. El conjunto de tilacoides de la misma fila forma un granum (plural: grana). La clorofila se encuentra asociada a la membrana de dichos tilacoides.



PIGMENTOS

Son compuestos de estructura química variada que tienen la propiedad de absorber la luz en distintas longitudes de onda. Se pueden clasificar según su solubilidad en: hidrosolubles, es decir solubles en agua, y liposolubles o solubles en solventes orgánicos y grasas.

Los pigmentos hidrosolubles se encuentran tanto en el citoplasma como en el jugo vacuolar. Los más comunes son las antocianinas que confieren color rojo, violeta, púrpura y escarlata, y antoxantinas o flavonas (amarillo, anaranjado).

Los pigmentos liposolubles se encuentran en plástidos e incluyen dos grandes grupos: los carotenoides y los porfirínicos.

Los carotenoides más conocidos son los hidrocarbonados, como el caroteno (en zanahoria) y el licopene (en tomate), y los que además contienen oxígeno en sus moléculas: las xantofilas. Todos ellos se encuentran en los cromoplastos.

La clorofila, el pigmento más común en las células vegetales, es un pigmento porfirínico alojado en los cloroplastos.

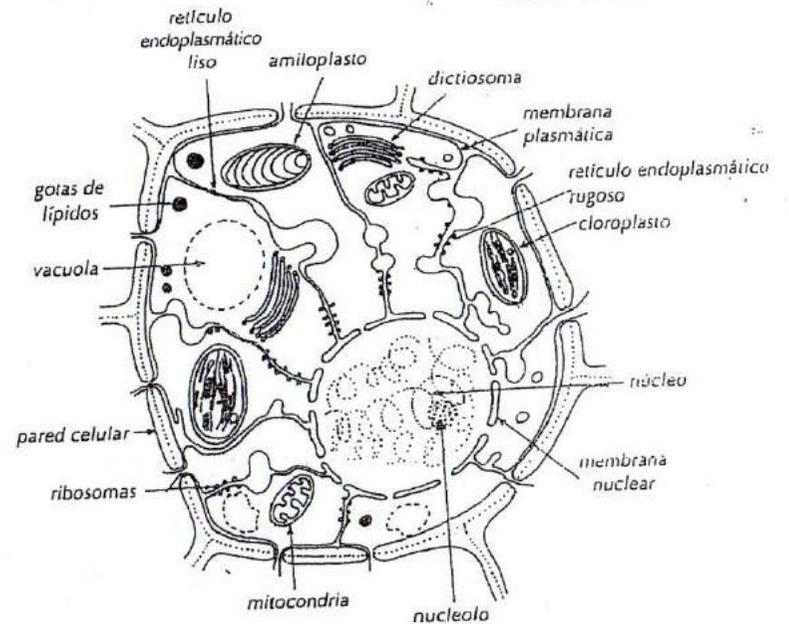
VACUOLAS

La vacuola es una región del citoplasma ocupado por agua y solutos, rodeada por una membrana simple denominada tonoplasto. Las células inmaduras poseen muchas vacuolas pequeñas, pero a medida que éstas maduran, confluyen para formar una sola. La vacuola permite a la célula contar con un gran depósito de agua y regular las presiones osmóticas y de turgencia. Es el sitio reservante de sustancias hidrosolubles. Almacena material de reserva, que la célula puede aprovechar en determinados momentos (azúcares, ácidos orgánicos, proteínas), desechos metabólicos (taninos, oxalato de calcio), y ciertos pigmentos como antocianinas, flavonas.

SUSTANCIAS ERGÁSTICAS

Son sustancias generalmente insolubles, resultantes del metabolismo celular, que no toman parte activa en él o permanecen en forma transitoria para ser utilizadas luego en procesos de síntesis. Pueden ser productos de desecho del metabolismo (cristales de oxalato de calcio, de carbonato o bicarbonato de calcio, de silice) o material de reserva (proteínas, grasas, aceites). Pueden encontrarse en el citoplasma o contenidas en las vacuolas.

CELULA VEGETAL



FOTOCOPIADORA
Hoja ... de ...

TALÓFITAS



REPRODUCCIÓN Y CICLOS DE VIDA EN TALÓFITAS

Las algas, los hongos, los líquenes y las briofitas constituyen un grupo de organismos comúnmente llamados talófitas. El cuerpo de las talófitas o talo, que generalmente alcanza escasa diferenciación, está adaptado exclusivamente al medio acuático, ya que su economía hídrica no está estabilizada: sus paredes celulares no han alcanzado la especialización que consiste en la presencia de sustancias limitadoras de la evaporación. Carecen de especializaciones internas que les brinden un sostén suficiente fuera del agua. Estos organismos no presentan órganos especializados en la absorción de agua, ya que la pueden tomar por todo su cuerpo.

REPRODUCCIÓN Y MULTIPLICACIÓN

Las Talófitas presentan tres formas de originar nuevos individuos: multiplicación vegetativa, reproducción asexual y reproducción sexual.

La **multiplicación vegetativa** es un proceso que se caracteriza por dar descendencia por división celular o por desprendimiento de alguna parte pequeña del talo, la que crece hasta adquirir el tamaño y la forma del individuo que le dió origen.

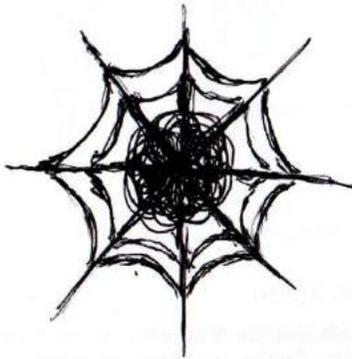
En la **reproducción asexual** no intervienen gametas. Se produce un elevado número de individuos en forma rápida y con menor gasto de energía que en la reproducción sexual. Puede producirse varias veces al año. Se lleva a cabo por medio de esporas (células germinales) originadas por un proceso de mitosis (mitosporas).

En la **reproducción sexual** la nueva generación se origina por la fusión de gametas haploides. Este proceso se denomina **singamia**. La singamia comprende dos procesos:

- **Plasmogamia**: unión de dos protoplastos cuyos núcleos quedan dispuestos dentro de una única célula.
- **Cariogamia**: fusión de dos núcleos haploides compatibles entre sí con la formación de un núcleo diploide cigótico.

El organismo originado por vía sexual contiene material hereditario de dos padres genéticamente distintos.

En el ciclo de reproducción sexual se produce una alternancia de células haploides (n) y diploides ($2n$). La reducción del número cromosómico de $2n$ a n , que debe producirse en algún momento del ciclo de vida, se logra por el proceso de **meiosis**. La meiosis puede ocurrir al originarse las gametas (meiosis gamética), inmediatamente luego de formada la cigota (meiosis cigótica) o durante la formación de esporas meióticas (meiosis esporica).



FOTOCOPIADORA

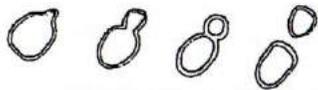
Hoja ... 6 ... 32.

Como la singamia y la meiosis son dos procesos complementarios puede considerarse a las esporas como incluidas en el ciclo sexual.

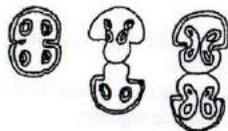
El desarrollo de la sexualidad, con las dos fases igualmente importantes de singamia y meiosis, tiene gran importancia evolutiva, al permitir que la selección natural actúe sobre una gran variedad de individuos genéticamente distintos.

TIPOS DE MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA

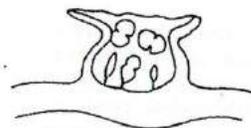
- **Fisión binaria o bipartición:** es la producción de dos células hijas a partir de la división de una célula madre. Es la forma de multiplicación más sencilla. Ej.: algunas algas unicelulares.
- **Fragmentación:** consiste en la separación simple de trozos de talo capaces de generar un nuevo individuo. Ej.: algas filamentosas, colonias.
- **Brotación o gemación:** proceso por el cual una célula produce una pequeña "yema" hacia la cual migra un núcleo que proviene de la división de la célula madre. La yema aumenta de tamaño cuando aún se encuentra adherida a su madre, tabicándose y desprendiéndose luego para formar un nuevo individuo. Se produce en organismos unicelulares. Ej.: levaduras.
- **Propágulos:** son estructuras pluricelulares capaces de separarse del organismo madre y generar un nuevo individuo. Ej.: líquenes, briofitas.



brotación o gemación



fisión binaria



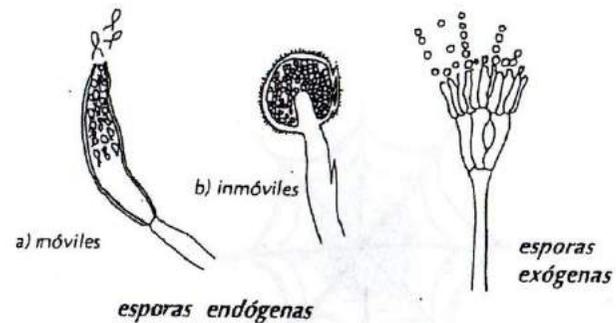
propágulos

REPRODUCCIÓN ASEXUAL

Las esporas, encargadas de la reproducción asexual, pueden clasificarse por su origen en endógenas y exógenas.

Las **esporas endógenas** se originan dentro de estructuras llamadas esporangios. Una vez maduras, son liberadas al medio. Pueden ser móviles o inmóviles. Ej.: algas, hongos inferiores.

Las **esporas exógenas** son formadas en el extremo de una célula o filamento especializado y liberadas al medio a medida que se forman. Ej.: hongos superiores.



TIPOS DE REPRODUCCIÓN SEXUAL

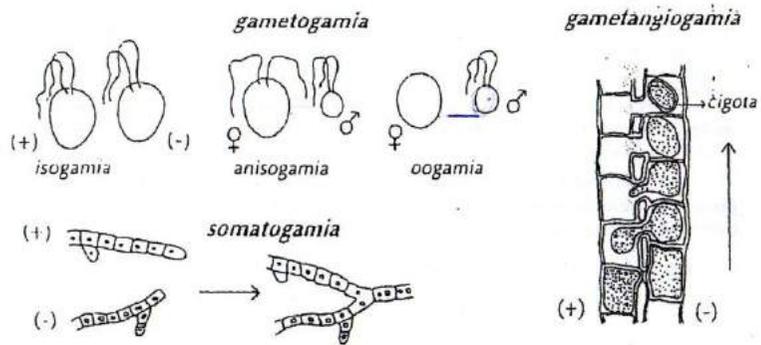
1. **Gametogamia o conjugación planogamética:** es la fusión de dos gametas siendo al menos una de ellas móvil por flagelos. Se requiere por lo tanto la presencia de agua. Ej.: algas.

Los tipos de gametogamia son:

- **Isogamia:** las dos gametas son móviles y morfológicamente iguales.
- **Anisogamia:** las dos gametas son móviles, pero morfológicamente diferentes.
- **Oogamia:** hay una gameta masculina móvil y una gameta femenina, de mayor tamaño e inmóvil.

2. **Gametangiogamia:** es la fusión de gametangios multinucleados que permite la unión de los núcleos gaméticos compatibles. Ej.: hongos, algunas algas filamentosas.

3. **Somatogamia:** es la fusión de células somáticas compatibles que cumplen la función de gametangios en organismos donde estas estructuras no se forman. Ej.: hongos superiores.



CICLOS DE VIDA

- **Ciclo Biológico, Ciclo Vital o Ciclo de Vida:** es el ciclo total de desarrollo de un organismo, desde las estructuras reproductivas con las cuales se inicia, hasta el momento en que alcanza su propia madurez para formar nuevas estructuras reproductivas semejantes a las que le dieron origen.

- **Fases nucleares:** etapa o fase de un ciclo biológico caracterizada por el número cromosómico de las células participantes. La fase cuyo número cromosómico coincide con el de las gametas es la **fase haploide o haplofase**. Cuando el número cromosómico coincide con el de la cigota se habla de **diplofase o fase diploide**.

El predominio de una u otra fase determina diferentes tipos de organismos:

- **Organismos haplontes:** son aquellos en los cuales predomina la haplofase sobre la diplofase. Una vez formada la cigota, única estructura que representa la fase diploide, se produce la meiosis, restaurándose inmediatamente la haplofase.
- **Organismos diplontes:** son aquellos organismos en los cuales predomina la diplofase sobre la haplofase, representada solamente por las gametas, que se forman luego de una meiosis.
- **Organismos haplodiplontes:** son aquellos organismos en los cuales la singamia y la meiosis están separadas temporal y espacialmente. La haplofase no queda representada sólo por las gametas sino que se encuentran otras estructuras haploides, la diplofase presenta estructuras diploides además de la cigota.

- **Generación:** en sentido amplio, todo conjunto de células vegetativas nacidas por sucesivas mitosis a partir de una determinada célula germinativa (espora, cigota etc.). Puede ser un cuerpo vegetativo pluricelular o estar formado por numerosas células libres en el caso de organismos unicelulares.

Las células germinativas no representan en sí mismas ninguna generación.

Cuando una generación madura, produce sus propias células reproductivas. Si estas células son asexuadas, reciben el nombre de esporas, y la generación que las produce, **generación esporofítica o esporofito**.

Si las células reproductivas son sexuales o gametas, la generación que las produce recibe el nombre de **generación gametofítica o gametofito**.

La generación gametofítica puede multiplicarse vegetativamente o asexualmente, a diferencia de la generación esporofítica, en el curso de la cual se producen estructuras reproductivas sexuales.

Tipos de ciclos

- **Ciclo monogénético:** llamado también ciclo con generación única. La única generación presente es el gametofito y existe alternancia de fases nucleares. Pueden presentarse ciclos monogénéticos haploides (Mh) y diploides (Md).
- **Ciclo digénético:** llamado también ciclo con dos generaciones alternantes (gametofito y esporofito). Existe también alternancia de fases nucleares. Las generaciones alternantes pueden ser: isomórficas (morfológicamente iguales) o heteromórficas (morfológicamente diferentes).
- Existen también ciclos trigenéticos.

ALGAS

Las algas son organismos fotosintéticos, eucariontes y acuáticos. Salvo por esas características, constituyen un grupo heterogéneo de organismos reunidos en linajes que tienen diferentes ancestros en el reino Monera. Con escasas excepciones, el carácter común a todas es el autotrofismo; pero también es muy grande la diversidad morfológica, ya que se encuentran algas que presentan la relativa simplicidad de un cuerpo unicelular, hasta cuerpos algales como los de las algas pardas marinas, que han alcanzado cuerpos pluricelulares muy grandes y desarrollados.

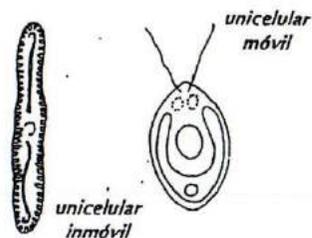
Una característica de las algas es que todas las células de sus gametangios (estructuras formadoras de gametas) son potencialmente fértiles. En algunas algas los gametangios son unicelulares y en otras el organismo es el unicelular; en este último caso el organismo completo actúa como gameta en la reproducción sexual.

Las algas se caracterizan por tener varias clases de pigmentos (clorofila a, b, c y d; carotenos, xantofilas, ficobilinas) y sustancias de reserva (almidón, paramilon, laminarina, crisolaminarina, etc.). Tanto los pigmentos como las sustancias de reserva son caracteres diagnósticos, es decir que son útiles para la clasificación de las algas, ya que las combinaciones de pigmentos y sustancias de reserva son típicas de cada grupo (por ejemplo, las "algas verdes" tienen clorofila a y b y carotenos, y reservan almidón).

NIVELES DE ORGANIZACIÓN MORFOLÓGICA.

En algas se pueden reconocer distintos niveles de organización del talo: unicelular, agregado celular, multicelular y sifonal. Dentro de estos niveles pueden hallarse variaciones morfológicas (tipos morfológicos).

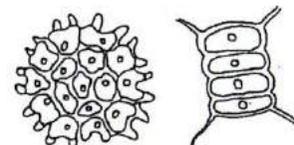
Nivel unicelular: los organismos están formados por una sola célula. Dentro de este nivel encontramos tipos morfológicos coales (inmóviles), flagelados y rizopodiales (con pseudópodos).



Nivel colonial: agregado celular con número variable de células de distintas generaciones. La colonia puede crecer por sucesivas divisiones de las células integrantes.

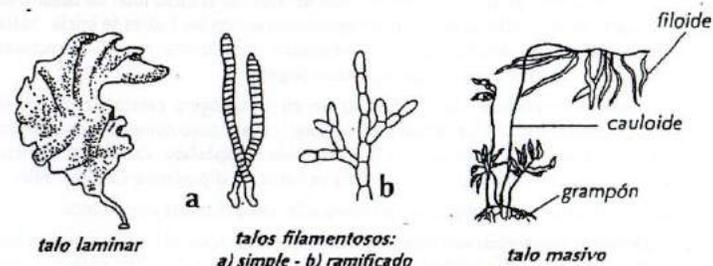
Nivel cenobial: agregado celular con número definido y generalmente bajo de células; todas las células del cenobio se forman por la multiplicación de una misma célula madre, o sea que constituyen una sola generación.

Los agregados celulares pueden ser coales o flagelados. Sus células no pierden la individualidad, quedan agregadas por la presencia de vainas gelatinosas, tractos gelatinosos, sedas, etc.



cenobios coales

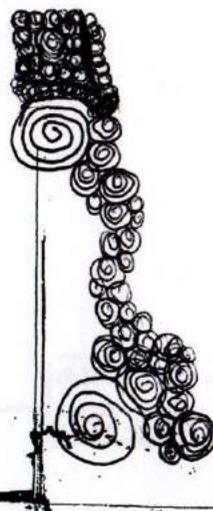
Nivel multicelular: en este tipo de talo, a diferencia de lo que sucede en un agregado celular, las células vecinas forman paredes o tabiques en común que generalmente permiten el paso de plasmodesmos.



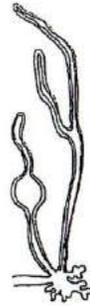
Los tipos morfológicos dentro del nivel multicelular son muy variados, y que pueden encontrarse organismos con talos filamentosos ramificados o no, laminares (aplanados) o masivos.

Los talos multicelulares pueden presentar tejidos o **seudotejidos**. Los pseudotejidos se forman por entrelazamiento o soldadura secundaria de filamentos, se consideran un tipo de organización más primitiva que el tejido. Los tejidos, en cambio, se originan a partir de una célula o un grupo de células iniciales, o sea que, a diferencia de lo que sucede en un pseudotejido, todas las células del talo provienen de un punto vegetativo único.

En algunas algas con talo masivo la especialización lleva a lograr estructura con respecto de órganos (seudoórganos) denominados rizoides, cauloides y filoide, análogos de los verdaderos órganos de las plantas superiores.



Nivel sifonal: es un talo multinucleado, generalmente de aspecto filamentososo; crece por repetidas divisiones nucleares (cariocinesis) que no son seguidas por la formación de tabiques transversales. Sólo se forman tabiques para la diferenciación de estructuras reproductivas.



Talo sifonal

HONGOS

Los hongos son talófitos eucariontes. Al igual que en las algas, el término hongos reúne una serie de grupos de variada afinidad unos con otros y de difícil sistematización.

Los hongos, junto con las bacterias, son los principales degradadores de materia orgánica de los ecosistemas; su actividad es importante ya que liberan CO_2 a la atmósfera y devuelven compuestos inorgánicos al suelo: actúan como recicladores.

Estos organismos fueron considerados tradicionalmente como plantas, sin embargo, teniendo en cuenta sus características particulares, actualmente son incluidos en un reino aparte, el Reino Fungi. Estas características son:

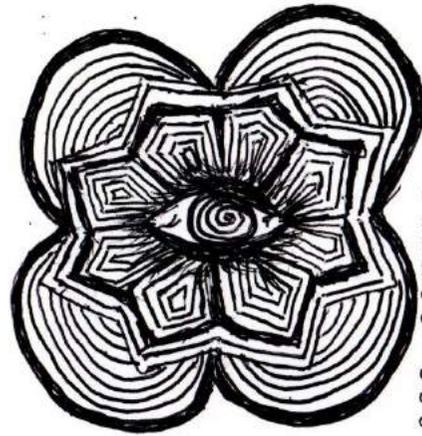
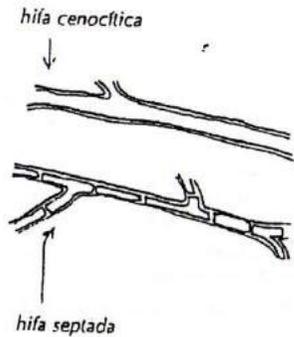
- Presentan una pared celular de **quitina**, compuesto que se encuentra también en el exoesqueleto de artrópodos.
- Son **heterótrofos**, necesitan la provisión de carbono orgánico para realizar sus procesos metabólicos.
- Las sustancias que reservan en sus células son lípidos y **glucógeno**.
- Son básicamente **terrestres**.
- No poseen células móviles en ninguna etapa de su ciclo de vida.
- Presentan talo típicamente filamentososo.
- No tienen conexión evolutiva directa con las plantas.
- Pueden vivir en asociaciones simbióticas con organismos autótrofos, como las algas o las plantas superiores, con quienes forman líquenes y micorrizas.

MICELIO

El talo de los hongos está formado por filamentos microscópicos que se ramifican y crecen en todas direcciones, incorporándose sobre o dentro del sustrato que les sirve de alimento. Cada filamento se denomina **hifa**. El conjunto de hifas que constituye el talo de un hongo se conoce como **micelio**.

El protoplasma contenido dentro de la hifa está interrumpido a intervalos regulares por paredes transversales, que dividen a cada hifa en compartimientos o células. Estos tabiques transversales se llaman **septos**. A este tipo de hifa se la denomina **tabicada** o **septada**.

En los hongos filamentosos más sencillos, los septos sólo se forman en la base de los órganos reproductores, en este caso las hifas son **cenocíticas**.



CICLO DE VIDA

En los hongos superiores el ciclo de vida es trífásico. Hay una fase haploide representada por las esporas y el micelio originado por ellas; una fase dicariótica, resultante del proceso sexual, donde ocurre un retardo de la cariogamia después de la plasmogamia; y una fase diploide representada por la cigota. En la dicariofase se forman células con un núcleo de cada progenitor. Este par de núcleos forma un organismo denominado dicarion, y la fase nuclear correspondiente es la dicariofase o fase dicariótica ($n+n$).

La célula dicariótica se perpetúa por división simultánea (conjugada) de los dos núcleos, formándose hifas enteras dicarióticas. En algunas de las células dicarióticas, generalmente las ubicadas en los extremos de las hifas, se produce la cariogamia, que es seguida por una división reduccional (meiosis) con la formación de esporas. Una vez maduras y liberadas; las esporas germinan originando nuevas hifas haploides.

Gracias al retardo de la cariogamia y el desarrollo de células dicarióticas que se multiplican, la cantidad de esporas producidas por un solo proceso sexual es particularmente elevada.

En forma simultánea al desarrollo de las hifas dicarióticas fértiles, el micelio del hongo se organiza en pseudotejidos por entrelazamiento de sus filamentos. Estos pseudotejidos formados por hifas haploides o dicarióticas, forman un cuerpo fructífero característico, que incluye a las células dicarióticas donde se van a formar los núcleos cigóticos y posteriormente las esporas.

Los cuerpos fructíferos pueden ser abiertos o cerrados. Constituyen una estructura más llamativa y conocida del hongo, aunque representan sólo una parte de su ciclo de vida.

Hay dos grandes grupos de hongos superiores que presentan este tipo de ciclo de vida trífásico: Ascomycetes y Basidiomycetes. Sus cuerpos fructíferos reciben los nombres de **ascocarpos** y **basidiocarpos**, portadores de **ascosporas** y **basidiosporas**.

Un ejemplo de ascocarpo es el **apotecio**. Los apotecios son cuerpos fructíferos con forma de copa, con el himenio (capa fértil con ascosporas) en su parte superior.

El basidiocarpo más conocido es el **pileado** u hongo de sombrero. El himenio del hongo de sombrero se encuentra en la parte inferior del mismo, tapizando laminillas que irradian desde el centro hasta el borde del sombrero o pileo.



NUTRICIÓN

Los hongos son heterótrofos, pueden vivir como **parásitos** y obtener su alimento a expensas de organismos vivos, o ser **saprófitos**, descomponiendo materia orgánica muerta.

Los hongos obtienen su alimento en forma disuelta, son **absorbedores**; las moléculas de dicho alimento deben tener un tamaño suficientemente pequeño como para atravesar las paredes y membranas celulares. Por lo tanto el hongo debe escindir las moléculas grandes en pequeñas para poder absorberlas. Esto lo logra segregando enzimas extracelulares (exoenzimas) que actúan sobre el sustrato, digiriendo el alimento fuera del cuerpo del hongo.

REPRODUCCIÓN Y MULTIPLICACIÓN

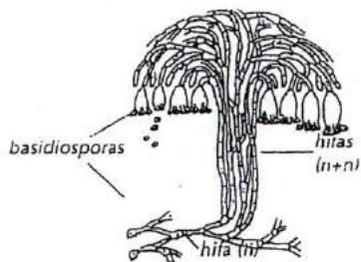
Los hongos presentan reproducción sexual y asexual, y multiplicación vegetativa.

La reproducción sexual puede realizarse por gametangiogamia y somatogamia.

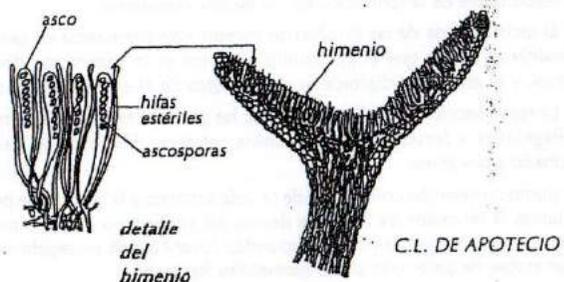
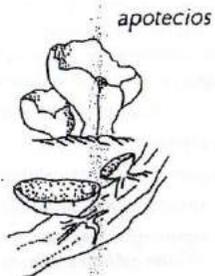
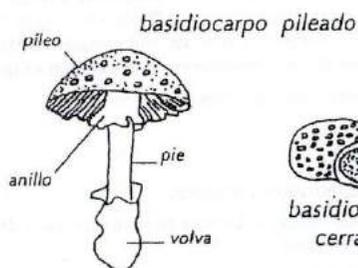
La reproducción asexual está dada por la formación de esporas endógenas (esporangiosporas) o exógenas. Las esporas exógenas, características de los hongos superiores, se denominan conidios. La célula que origina los conidios se denomina célula conidiógena y es llevada, de una o en grupos, por una hifa especializada o conidióforo. Existe una enorme variedad de tipos morfológicos de conidios: esféricos, alargados, espiralados, coloreados o incoloros, unicelulares a multicelulares, etc.

La multiplicación vegetativa puede producirse por gemación (en levaduras unicelulares), fisión binaria y por fragmentación del talo (frecuente en hongos miceliares).

REPRODUCCIÓN EN HONGOS SUPERIORES



CUERPOS FRUCTÍFEROS



LÍQUENES

Los líquenes son organismos resultantes de la simbiosis (relación con beneficio mutuo) entre un hongo y un alga. De la vida en común de ambos resultan nuevos caracteres morfológicos y químicos, formándose un sistema que se puede considerar como un organismo autónomo. Los hongos líquénicos pierden su identidad en la simbiosis; en la naturaleza sólo son capaces de vivir unidos al alga correspondiente. El alga puede ser unicelular o filamentosa, obteniendo en la simbiosis elementos minerales, agua y protección contra la desecación y la luz intensa. El hongo recibe los compuestos orgánicos que el alga sintetiza.

Los líquenes crecen sobre diversos sustratos (corteza de árboles, rocas) y resisten condiciones de calor, frío y aridez extremas.

MORFOLOGÍA

El talo de los líquenes tiene una forma que depende, en la mayoría de los casos, de la forma del hongo. Rara vez predomina la constitución del alga (por ej.: líquenes filamentosos). Así, entre los talos líquénicos se distinguen tres tipos:

- **Crustáceos:** crecen en forma de costra, como una fina corteza totalmente adherida al sustrato.
- **Foliosos:** presentan talos aplanados y comúnmente lobulados como hojas, unidos por su cara inferior al sustrato a través de cordones de hifas (rizoides).
- **Fruticulosos:** se fijan al sustrato por una base muy estrecha y se ramifican a modo de arbustos.

ANATOMÍA

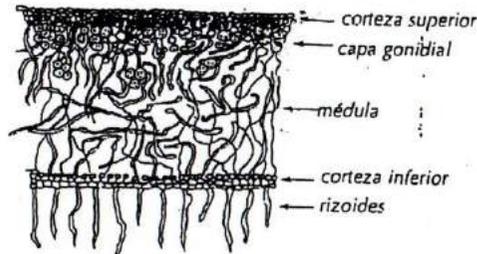
En el corte transversal de un líquen folioso pueden distinguirse las siguientes capas:

- Corteza superior pseudoparenquimática, formada por hifas dispuestas en forma compacta.
- Capa gonidial, donde se sitúan las algas.
- Médula, formada por hifas dispuestas laxamente.
- Corteza inferior, con rizoides.

Esta estructura descrita puede variar, ya que no todos los líquenes presentan capa gonidial. Cuando la capa gonidial definida está ausente, y las algas se distribuyen de manera más o menos uniforme por todo el talo, la estructura del líquen se define como homómera. Cuando la capa gonidial está bien delimitada, la estructura se designa como heterómera.

FOTOCOPIADA
 Mo... G... 32

CORTE TRANSVERSAL DE LIQUEN FOLIOSO



REPRODUCCIÓN Y MULTIPLICACIÓN

Los líquenes se reproducen sexualmente y por multiplicación vegetativa.

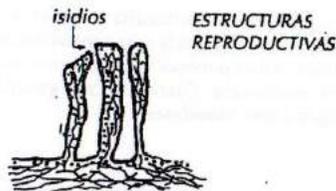
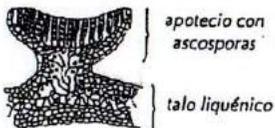
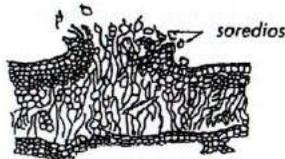
La reproducción sexual la lleva a cabo el hongo, con la formación de cuerpos fructíferos característicos que suelen verse sobre la superficie de los líquenes.

La multiplicación vegetativa puede efectuarse por medio de fragmentación, soredios e isidios.

En la fragmentación se desprenden porciones de talo que crecen independientemente.

Los soredios están compuestos por varias células algales envueltas por hifas del hongo. Aparecen en la corteza del líquen como masas pulverulentas.

Los isidios son excrescencias erguidas, de aspecto coralino, que nacen sobre la superficie liquénica. A diferencia de los soredios, los isidios están revestidos por la corteza del líquen.



ASPECTOS ECOLÓGICOS

Dada su capacidad para disolver y atacar rocas, los líquenes pueden actuar como pioneros en la colonización de ambientes, preparando el sustrato para las plantas.

Son bioindicadores de contaminación atmosférica por su sensibilidad a ciertos contaminantes, como el dióxido de azufre (SO₂), que produce alteraciones en la fotosíntesis y en la economía hídrica. En las zonas muy contaminadas es característica la ausencia de líquenes.

BRIOFITAS

Las Briofitas son plantas (Reino Plantae) parcialmente adaptadas a la vida terrestre. Suele designarse a los cuerpos de estas plantas como "talos intermedios", ya que crecen en hábitats húmedos y sombríos pero aún no son independientes del agua, y, no siendo acuáticas, no sobreviven sin una provisión constante de humedad.

Con las plantas vasculares comparten los siguientes caracteres:

- pigmentos: clorofila a y b y carotenoides.
- pared celular de celulosa.
- almidón como sustancia de reserva, acumulado en plástidos.
- esporangios y gametangios pluricelulares, rodeados siempre por una envoltura de células estériles (adaptación a la vida terrestre).

En las Briofitas la diferenciación histológica es escasa, aunque en los musgos se diferencian tejidos de tipo parenquimático, de otros, algo más especializados, en sostén y conducción. No hay diferenciación organológica típica pero sí una célula apical responsable de la formación de los tejidos verdaderos.

El ciclo de vida de las Briofitas se cumple con alternancia de generaciones heteromórficas, en las que el gametofito haploide es la generación dominante y conspicua, y el esporofito diploide es dependiente de él en distintos grados.

La reproducción sexual es oogámica: las gametas masculinas, anterozoides, son biflageladas y fecundan a la femenina, oófera, dentro de su gametangio, denominado arquegonio.

Como correlación con el paso de la vida acuática a la terrestre se produce en estas plantas la retención de la cigota dentro del arquegonio y su desarrollo en un embrión. De este modo el embrión (esporofito joven) queda protegido durante sus primeras etapas de desarrollo por el gametofito femenino.

Las briofitas presentan dos tipos de gametofitos:

- Gametofitos talosos: con cuerpo aplanado, en forma de lámina o cinta, y con estructura dorsiventral.

■ **Gametofito folioso:** con cuerpo diferenciado en talluelo (=cauloide), hojuelas (=filoides) y rizoides.

Los gametofitos, pueden multiplicarse vegetativamente por medio de yemas, fragmentación del talo o propágulos multicelulares.

El esporofito más simple que el gametofito, está formado por un pie o haustorio, que le sirve para nutrirse del gametofito materno, y de un eje, llamado seda que lleva en su extremo la cápsula, en la que se forman las esporas.

Las Briofitas comprenden varios grupos de organismos, de los cuales los más representados son: Musgos y Hepáticas.

MUSCOS

El gametofito de los musgos presenta dos fases: una filamentososa, protonema, producida al germinar la spora, y otra típicamente foliosa ("planta" de musgo) formada a partir de pequeñas yemas del protonema. Generalmente el protonema muere al formarse el gametofito folioso.

Los esporofitos suelen desarrollarse en el extremo de las ramas principales o laterales del gametofito. Constan de una seda alargada, que lo eleva por sobre el gametofito, y son verdes (fotosintéticos) hasta su madurez.

El crecimiento del esporofito dentro del arquegonio hace que éste se desgarre y quede parte de tejido arquegonial (n) sobre la cápsula, a modo de capuchón, denominándose cofia o caliptra.

La cápsula del esporofito posee una tapa u opérculo que cae a la madurez, descubriendo una abertura rodeada por un anillo de dientes higroscópicos, el peristomio. El peristomio regula la salida de las esporas.

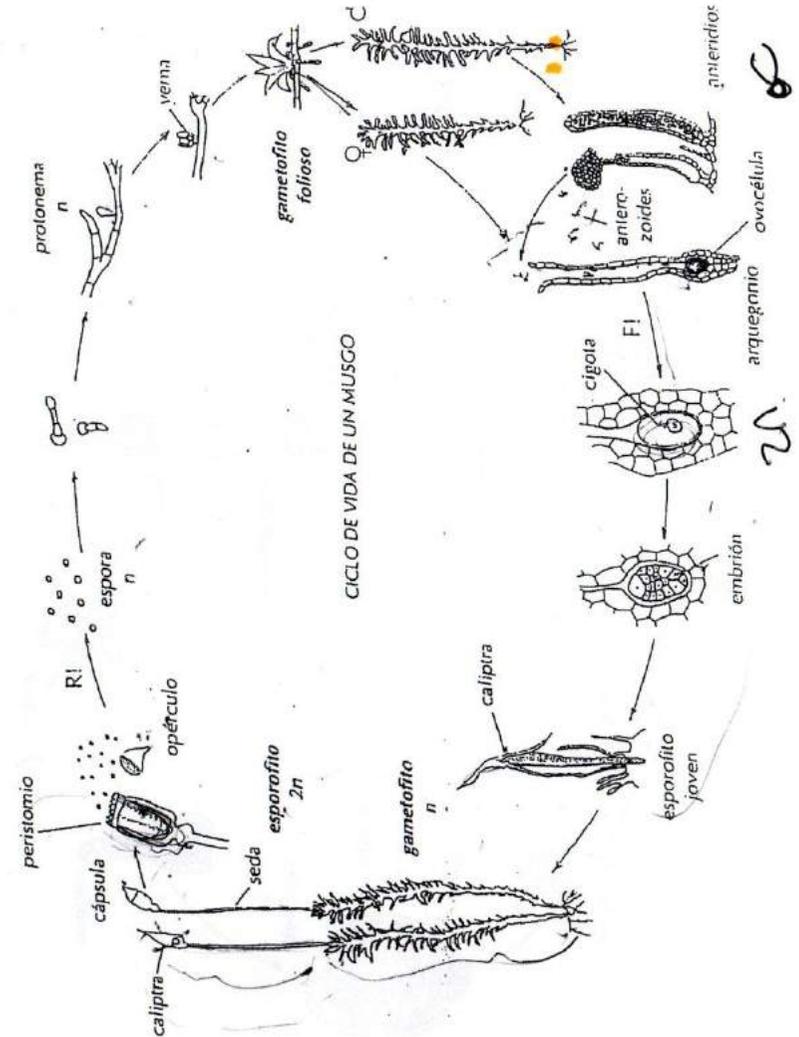
HEPÁTICAS

Los gametofitos de las hepáticas pueden ser talosos o foliosos; son aplanados, postrados y presentan simetría dorsiventral.

Una de las hepáticas más comunes es *Marchantia* sp., que presenta un gametofito taloso acintado, dicotómicamente ramificado. El talo es relativamente delgado, con una zona dorsal clorofílica y una zona ventral incolora, reservante. La zona dorsal tiene delimitadas cámaras poligonales que se conectan con el exterior por medio de poros. La zona ventral lleva rizoides unicelulares.

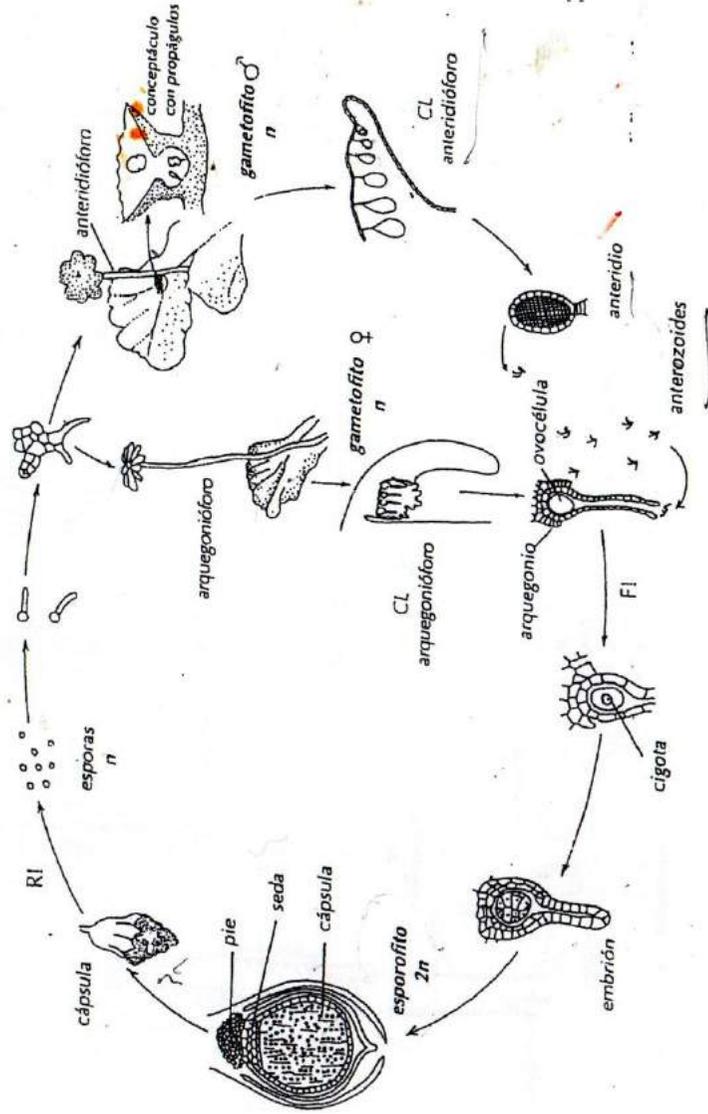
Los gametangios de *Marchantia* están elevados sobre el talo y contenidos en estructuras especiales: arquegonióforos y anteridióforos, portadores, respectivamente, de arquegonios en posición ventral y anteridios en posición dorsal. Los esporofitos poseen una seda corta y, durante su desarrollo, quedan ubicados en los arquegonióforos, con la cápsula hacia abajo.

El gametofito de esta hepática se multiplica vegetativamente por medio de propágulos multicelulares situados en estructuras semejantes a pequeñas canastas denominadas conceptáculos.

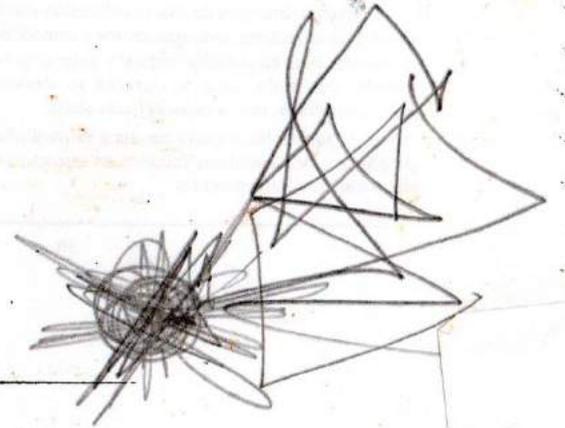
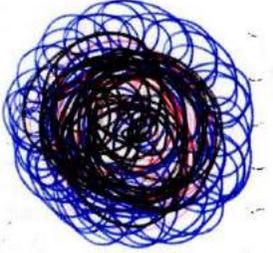


FOTOCOPIADORA
 Hoja ... (p. de ... 37)

CICLO DE VIDA DE UNA HEPATICA



HISTOLOGÍA
DEL CORMO



Las cormófitas o plantas con cormo están caracterizadas por una serie de adaptaciones específicas a la vida terrestre y por haber alcanzado el grado máximo de diferenciación.

Para lograr la estabilidad en la economía hídrica los cormos absorben agua y nutrientes por las raíces; conducen por medio de tejidos internos del eje, y regulan la pérdida de agua por medio de una epidermis cutinizada. Desarrollan, además, tejidos de sostén que les permiten erguirse sobre el suelo.

El carácter diferencial externo más importante de una cormófitas típica es la diferenciación de su cuerpo en raíz, tallo y hojas.

Se reúnen bajo la designación de cormófitas, las también llamadas plantas vasculares, que incluyen las Pteridófitas, las Gimnospermas y las Angiospermas.

TEJIDOS VEGETALES. CLASIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS

Los tejidos son conjuntos de células de similar naturaleza y origen, interconectadas entre sí, y que desempeñan funciones comunes. Por lo general, cada tipo de tejido está integrado por una gama restringida de tipos celulares, aunque hay también tejidos formados por un solo tipo de células como es el caso de los meristemas, algunos parénquimas o tejidos de relleno, etc.

Las clasificaciones de tejidos varían según los caracteres utilizados para agruparlos, y por eso varían de acuerdo con diferentes autores. Un ejemplo de clasificación es la que trata de reunir los conceptos morfológicos, fisiológicos y ontogenéticos, agrupando los tejidos por su grado de madurez, función y origen. Así, propone:

- 1- Tejidos embrionarios o **MERISTEMAS**: son aquéllos que dan origen a otros tejidos y se autoperpetúan. Sus células tienen siempre caracteres juveniles.
- 2- Tejidos diferenciados o **ADULTOS**: son aquéllos que han experimentado diferenciación celular y cuyas células han alcanzado diversos grados de maduración.

Se incluyen aquí:

- tejido de revestimiento o **EPIDERMIS**.
- tejidos mecánicos o de **SOSTEN**.
- tejidos conductores o **XILEMA** y **FLOEMA**.
- tejidos de relleno o **PARENQUIMA**.
- tejidos glandulares o de **SECRECIÓN** y **EXCRECIÓN**.

MERISTEMAS

Durante las primeras etapas de desarrollo del embrión, la división celular tiene lugar en todas las células del organismo joven, pero como resultado de su crecimiento y transformación en una planta adulta, esa capacidad de división queda como atributo exclusivo de las células de ciertas partes del cuerpo de la planta, mientras que las demás células se especializan en otras actividades, debido al proceso de diferenciación celular.

Estos tejidos, que se caracterizan por retener la capacidad de división celular activa, mientras otros del vegetal maduran, se denominan meristemas. Además de dar origen a toda la diversidad de tejidos de una planta, los meristemas se perpetúan a sí mismos: por cada célula de un meristema que se divide mitóticamente se producen dos hijas, una capaz de seguir madurando y otra que puede retener la misma capacidad materna de división y autopropagación. Así, los meristemas forman un tejido, generalmente no muy extenso, pero particularmente activo y fisiológicamente juvenil durante toda la vida de una planta. Las células propias del meristema son llamadas **iniciales**, y sus hijas (las que seguirán diferenciándose), se designan en general como **derivadas**. Cuando estas derivadas han llegado a una etapa determinada en que es posible reconocerlas con caracteres definitivos, reciben el nombre del tejido adulto al que pertenecen. Por ejemplo: en el caso de las células de la epidermis de la planta, las iniciales se encuentran en los ápices del tallo y de la raíz; las derivadas inmediatas constituyen la protodermis o dermatógeno y las adultas son las células epidérmicas. Entre iniciales y derivadas inmediatas hay escasas diferencias citológicas; entre derivadas inmediatas y células adultas suelen presentarse etapas morfológicas y fisiológicas más variadas.

En el concepto de meristema suele incluirse a las iniciales propiamente dichas (que suelen ser pocas) y sus derivadas inmediatas en procesos de diferenciación.

Las características que suelen presentar las células meristemáticas (particularmente las apicales) son las siguientes: tamaño pequeño, núcleo relativamente grande, pared primaria delgada, plástidos en forma de proplástidos, poco retículo endoplasmático, muchos ribosomas libres, sin inclusiones ergásticas, estructura interna de las mitocondrias poco compleja, grado de vacuolización variable, aunque en Angiospermas generalmente tienen muchas vacuolas pequeñas.

Hay varias clasificaciones de meristemas, cada una basada en criterios distintos:

■ Según la cronología relativa de aparición

1- Meristemas primarios o aquéllos que aparecen en órganos relacionados con el ciclo primario de la planta: la **protodermis** o **dermatógeno**, el **procambium** y el **meristema fundamental**, todos ellos originados a partir de un grupo de células

iniciales, conjunto designado como **promeristema**. Tienen una posición apical en la planta.

a) **Protodermis** llamada también **dermatógeno**, es la capa superficial que recubre el cormo juvenil, salvo sus iniciales, se diferenciará en estado adulto para dar origen a todo el sistema de tejidos dérmicos.

b) **Meristema fundamental**, llamado también "parénquima" fundamental, ya que se lo considera como un tejido parenquimático con propiedades meristemáticas y una notable capacidad de diferenciación celular. Da origen a los tejidos corticales y medulares (parénquima, colénquima, esclerénquima).

c) **Procambium**, llamado más correctamente meristema residual, ya que proviene de iniciales apicales que no se desarrollaron ni como protodérmicas ni como células del meristema fundamental. Tiene la forma de un anillo visto en sección transversal y deja en el centro parénquima fundamental (futura médula). Este anillo procambial dará origen a los tejidos vasculares primarios (xilema y floema primarios).

2- Meristemas secundarios o aquéllos que aparecen durante el ciclo secundario de la planta y se vinculan con el fenómeno de crecimiento secundario en espesor de los ejes. Son dos: el **cambium** y el **felógeno**. Son de posición lateral.

a) **Cambium**: proviene del procambium y origina los tejidos vasculares secundarios (xilema y floema secundarios).

b) **Felógeno**: tiene posición cortical y se origina de diversas maneras. Produce capas de súber hacia afuera y felodermis o corteza secundaria hacia el interior del eje de la planta. El conjunto de súber, felógeno y felodermis constituye la peridermis, estructuralmente compleja, que reemplaza a la epidermis durante el ciclo secundario de la planta.

■ Según su posición en la planta

1- Meristemas apicales: localizados en el ápice de los tallos (caulinar) y de las raíces (radical).

El ápice caulinar tiene forma de domo. Las iniciales se encuentran en el tope de ese domo. Unos pocos mm o cm por debajo se desarrollan, exógenamente, los primordios foliares (hojas juveniles) que crecen con rapidez, sobrepasan el ápice y lo recubren, dándole protección. En la axila de hojas jóvenes, más desarrolladas que los primordios foliares, se forman los primordios de las ramas laterales.

El ápice radical es diferente del caulinar. No es estrictamente apical ni está en contacto con el exterior, porque la raíz crece con geotropismo positivo. Las células meristemáticas son frágiles y no sobrevivirían al proceso de fricción con los materiales del suelo. Por ello, existe una zona de protección, generada por el mismo meristema, que se diferencia con rapidez, madura y lo recubre como una caperuza o vaina. Recibe el nombre de **cofia**, **caliptra** o **piloriza**, y, debido a su presencia el meristema queda en posición subapical. El ápice radical, a diferencia del caulinar,

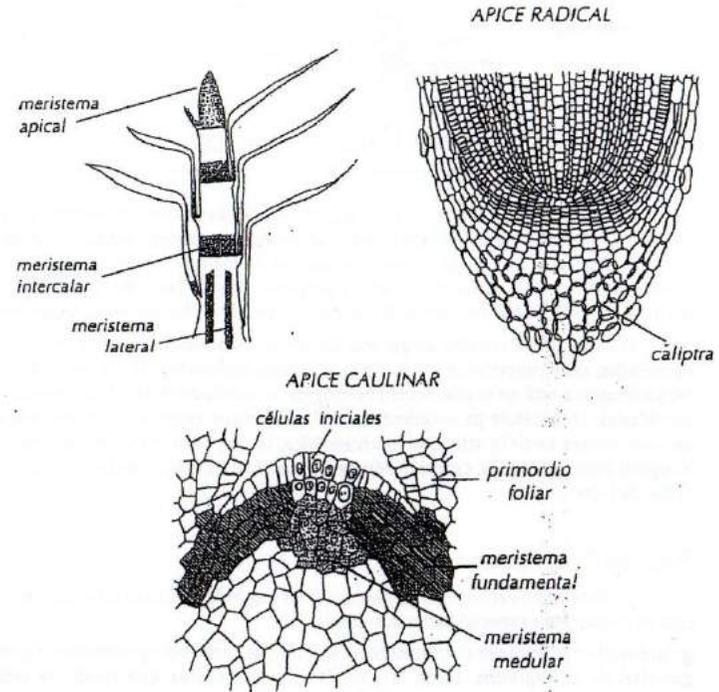
no produce hojas o ramas en forma exógena. Las raíces laterales se forman en posición relativamente distante de la zona meristemática propiamente dicha y su origen es endógeno, es decir, son producidas por tejidos internos del eje radical.

2- *Meristemas laterales*: son paralelos a los lados del órgano del que forman parte e incluyen el procambium, el cambium y el felógeno.

El cambium está constituido por dos tipos celulares: las iniciales fusiformes (alargadas en sentido axial) y las iniciales radiales (aproximadamente isodiamétricas en sentido axial).

3- *Meristemas intercalares*: están intercalados entre zonas de tejidos no meristemáticos; se presentan tanto en tallos como en hojas, pero están ausentes en raíz. Son característicos de plantas con tallos provistos de nudos y entrenudos muy marcados, como las gramíneas. También se encuentran en la base de hojas grandes con crecimiento de larga duración.

LOCALIZACIÓN DE LOS MERISTEMAS EN EL VASTAGO



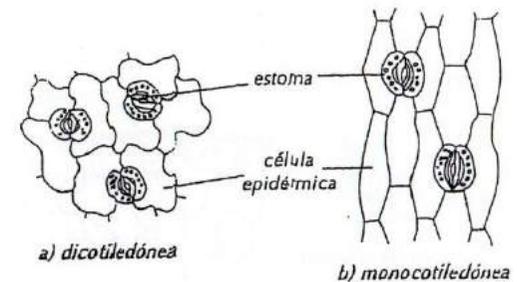
TEJIDO EPIDERMICO

La epidermis es la capa de células más externa del cuerpo primario de la planta. En plantas que experimentan crecimiento secundario es sustituida por una peridermis, formada por actividad del felógeno.

La epidermis está en contacto directo con el medio ambiente y cumple en las partes aéreas de la planta, funciones de protección, limitación de la transpiración e intercambio de gases a través de los estomas. La epidermis de la raíz (rizodermis) tiene como principales funciones la protección de los tejidos subyacentes y la absorción de agua y sustancias minerales del suelo.

En los casos típicos la epidermis consta de una sola capa de células vivas que se disponen sin dejar espacios intercelulares, constituyendo un tejido uniestratificado continuo. A menudo, el contorno lateral de las células epidérmicas es ondulado o dentado, lo que refuerza la unión de los elementos celulares. En sección transversal estas células son rectangulares o elípticas. Los plástidos están representados por pequeños leucoplastos o faltan completamente. En casi todas las partes aéreas de la planta, las células epidérmicas presentan paredes externas más o menos engrosadas con depósitos de cutina, sustancia grasa que, junto con la cera, constituye la cutícula. La cutícula tiene espesor variable, pero por lo general es más gruesa en plantas que crecen en zonas áridas o ambientes secos e insolados.

EPIDERMIS EN VISTA SUPERFICIAL



FOTOCOPIADORA
M.D. 12 de 32..

ANEXOS EPIDÉRMICOS

La continuidad de la epidermis queda interrumpida por pequeñas aberturas o poros delimitadas por dos células especializadas llamadas oclusivas o células de guarda. El conjunto de las células oclusivas y la abertura (ostíolo) que existe entre ambas constituye un estoma.

Las células oclusivas suelen tener aspecto reniforme y cierran o abren el ostíolo, según las condiciones ambientales externas. En muchas plantas, dos o más células adyacentes a las oclusivas parecen estar asociadas a ellas y pueden ser diferentes de las demás epidérmicas en forma, tamaño u otro carácter: son las células anexas. Si no se diferencian morfológicamente de las oclusivas, en lugar de anexas se las designa como vecinas, ya que tanto anexas como vecinas tienen en general, relación de origen o de función con las oclusivas.

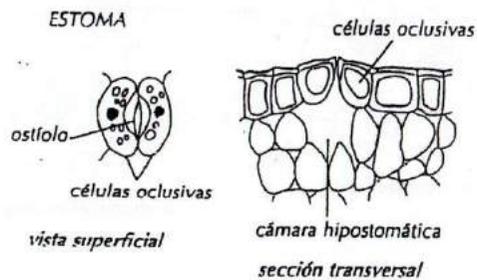
Las oclusivas son las únicas células epidérmicas que presentan cloroplastos, los cuales se relacionan con el mecanismo de apertura y cierre de los estomas. Además, estas células tienen engrosamientos característicos en sus paredes, especialmente en la zona que rodea al ostíolo.

Además de estomas, en la epidermis pueden presentarse tricomas que comprenden papilas, pelos y escamas.

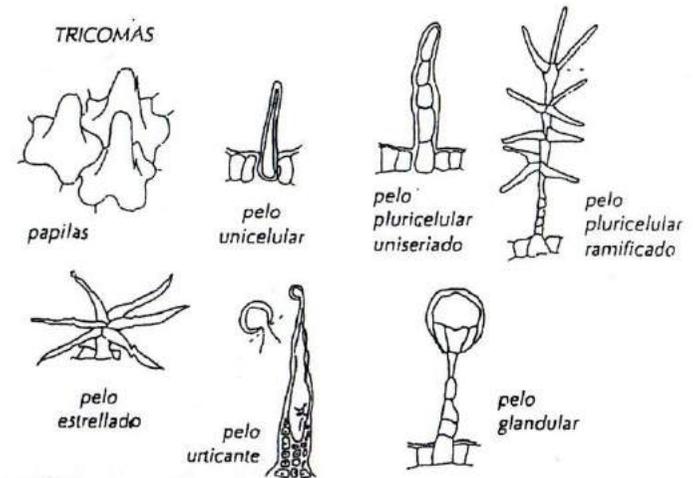
Las papilas son protuberancias unicelulares de altura y desarrollo variables.

Existen diversos tipos de pelos (protectores, glandulares, urticantes, etc.; unicelulares a pluricelulares).

El término escama se reserva para pelos laminados o aplanados, generalmente de 1-2 capas de células y de contorno más o menos lanceolado o circular, insertas por la base (escamas basifijas) o por un punto de su cuerpo (peltadas).



TRICOMAS



TEJIDO PARENQUIMÁTICO

Los parénquimas son tejidos vivos con el tipo más simple de diferenciación celular. Las células parenquimáticas están relativamente poco especializadas. Forman el tejido básico de las plantas y se encuentran en la médula y corteza de tallos y raíces, en el mesófilo de las hojas, en las semillas y frutos. También se encuentran células parenquimáticas en asociación con los elementos de los tejidos conductores.

El parénquima consiste en general de células de paredes primarias delgadas, vacuoladas, con protoplastos vivos y más o menos isodiamétricas. La importancia del parénquima está en su plasticidad fisiológica, lo que le permite cumplir muchas actividades. Una célula parenquimática con protoplasto nucleado normal puede por ejemplo resumir la actividad meristemática, lo que tiene gran importancia en la regeneración de tejidos, cicatrización de heridas, formación de raíces adventicias, unión de injertos, etc.

TIPOS DE PARÉNQUIMAS

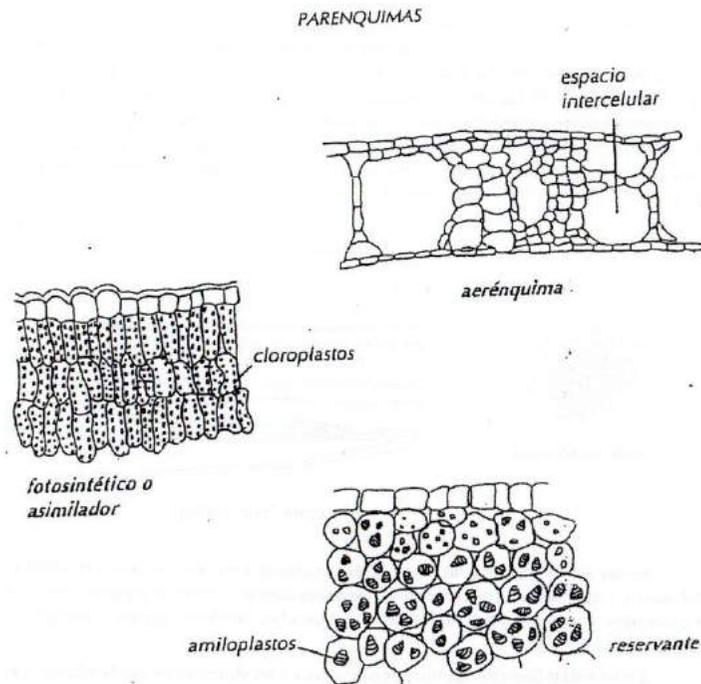
Se distinguen varios tipos de parénquimas según la actividad o función en la cual se encuentran especializadas sus células:

■ **Parénquima asimilador o fotosintético:** sus células contienen generalmente gran cantidad de cloroplastos. Dada la abundancia de clorofila este tejido ha sido denominado a veces clorénquima. El clorénquima más especializado se encuentra en el mesófilo de las hojas.

■ **Parénquima reservante:** el producto de reserva más frecuente de las plantas es el almidón, el cual aparece en el parénquima cortical y medular, en frutos y semillas. También existen otras sustancias de reserva, como azúcares, proteínas o gotas lipídicas.

■ **Parénquima acuífero:** este tejido es característico de las plantas suculentas. Tiene células grandes, de paredes delgadas, con escasos cloroplastos o sin ellos. Desarrollan grandes vacuolas para el almacenamiento del agua, que queda retenida por mucilagos hidrófilos.

■ **Parénquima aerífero o aerénquima:** está provisto de amplios espacios intercelulares que facilitan el intercambio gaseoso y disminuyen el peso específico de órganos sumergidos y flotantes de plantas acuáticas (hidrófitas).



TEJIDOS MECÁNICOS O DE SOSTÉN

Una planta no puede prosperar a menos que cuente con los medios para proveer firmeza y cohesión a todas las estructuras y tejidos que la integran.

Cuanto más especializada es la planta y mayor diversidad morfológica posee, mayores son los riesgos de daño mecánico. Por eso es que se hace necesaria la presencia de estructuras de sostén. Los tejidos de sostén fueron una de las adquisiciones de las primeras plantas vasculares en su proceso de adaptación a la vida terrestre.

En un árbol, el tronco debe soportar el peso de la copa con su completa dotación de ramas y follaje, por lo tanto, ese tronco debe estar construido en forma de pilar o columna, tan resistente como sea necesario para soportar una compresión longitudinal. Por otra parte, la posición más o menos horizontal de las ramas las hace estar sujetas a presiones laterales (dobladuras). Las hojas tienden a ser convertidas en flecos y tiras, por lo tanto los márgenes foliares deberán desarrollar tejido de sostén para evitar la laceración foliar. Si los frutos son péndulos, sus pedicelos estarán expuestos a fuerzas muy específicas de tensión longitudinal. Finalmente, el viento tiende a desenraizar el árbol, de manera que la resistencia mecánica de la raíz deberá estar acorde con su función de anclaje.

Hay 2 tipos de tejidos de sostén: colénquima y esclerénquima.

COLÉNQUIMA

Caracteres celulares: Consta de células vivas, más o menos longitudinalmente alargadas. La pared es primaria, no lignificada, formada por celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas, y tiene alto contenido de agua. Presenta engrosamientos diferenciales y restringidos a determinadas zonas; la falta de engrosamientos en otras zonas de esas paredes permite el intercambio activo entre las células, que son vivas. Las paredes presentan campos de puntuaciones primarias, tanto en las regiones delgadas de la pared como en aquellas que se encuentran engrosadas.

El colénquima se halla en órganos jóvenes en desarrollo y en órganos maduros de plantas herbáceas.

Propiedades: Es plástico y se deforma irreversiblemente cuando crece el órgano en que se encuentra. El colénquima maduro es menos plástico, más resistente y más frágil que el joven.

Posición en la planta: Puede aparecer en tallos, hojas, partes florales y frutos. En raíces es raro (puede desarrollarse cuando son expuestas a la luz). Falta en tallos y hojas de muchas Monocotiledóneas donde el esclerénquima se desarrolla tempranamente y es muy raro en Pteridófitas.

Normalmente se ubica inmediatamente por debajo de la epidermis, pero en algunos casos puede haber una o dos capas de células parenquimáticas entre el colénquima y la epidermis.

Cuando el colénquima se encuentra directamente por debajo de la epidermis, las paredes internas y a veces todas las paredes de las células epidérmicas se engrosan de modo similar a las del colénquima.

En los tallos puede formar un cilindro completo o bandas longitudinales.

En las hojas aparece a uno o a ambos lados de las venas y a lo largo del margen del limbo.

Estructura y disposición de las células: Se distinguen 3 clases según el tipo de engrosamiento de las paredes de las células. Los tipos de colénquima son:

a) **angular:** presenta los engrosamientos en las zonas de contacto entre células. Se encuentra en las paredes longitudinales y en los ángulos de sus células.

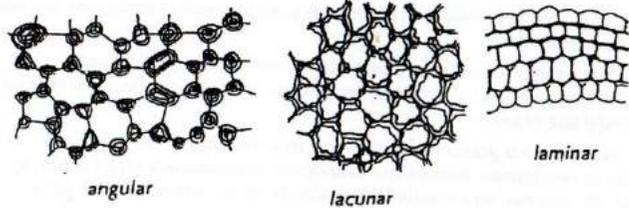
b) **lacunar:** presenta los engrosamientos en las zonas que se encuentran próximas a los espacios intercelulares.

c) **laminar:** forma láminas; el engrosamiento de celulosa se encuentra en las paredes tangenciales.

Función: Sirve como tejido de sostén de los órganos que están en crecimiento, debido a la plasticidad y la extensibilidad de las paredes celulares.

Las células del colénquima son elásticas, pero la extensibilidad del colénquima no se mantiene igual a lo largo de la vida del mismo, ya que cuando el tejido va envejeciendo se vuelve más duro y consecuentemente, frágil.

COLÉNQUIMAS



Meristomas fundamentales

ESCLERÉNQUIMA

Dureza y rigidez a la planta

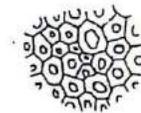
Caracteres celulares: Está compuesto por células muertas a la madurez, con paredes secundarias engrosadas y lignificadas. Los engrosamientos son uniformes y masivos, nunca diferenciales. La pared es celulósica con grados variables de lignificación. En la madurez carecen de protoplasto vivo.

Comúnmente consta de dos tipos celulares: fibras y esclereidas. Las fibras se definen generalmente como células largas y las esclereidas como células cortas y de formas algo variables.

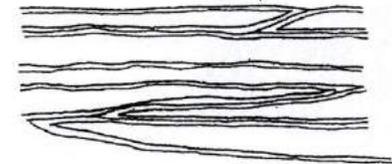
El esclerénquima se encuentra en órganos adultos que ya han dejado de alargarse.

Fibras: Son células muy largas y estrechas, con extremos aguzados. Se caracterizan por tener la pared engrosada y por su longitud extrema. Los dos aspectos contribuyen al sostén: la pared engrosada provee rigidez, y la longitud es importante ya que permite la formación de cordones muy largos de elementos entrelazados o de manojos compactos. La forma característica de las fibras es el resultado del crecimiento apical de las células individuales, lo que hace que cada célula quede firmemente unida e incrustada entre las demás fibras que la rodean. La gran superficie de contacto que ofrecen las paredes de las fibras hace más firme la unión entre ellas. Las punteaduras se disponen en series helicoidales; generalmente se trata de punteaduras simples con forma de ojal.

FIBRAS



corte transversal



corte longitudinal

En las dicotiledóneas, las fibras están asociadas a los tejidos vasculares (fibras del xilema y del floema). En las monocotiledóneas pueden formar una vaina completa o casquetes a uno o ambos lados del haz vascular. También suelen aparecer en grupos aislados.

Esclereidas: Son células muy lignificadas y con abundantes punteaduras. Las punteaduras son muy estrechas, tienen aperturas redondeadas y son generalmente más numerosas que en las fibras. Las cavidades de las punteaduras pueden tener formas ramificadas. Las esclereidas se esparcen en grupos pequeños, en zonas que requieren sostén local.

Se encuentran en sitios muy diversos del cuerpo de la planta. En muchas plantas aparecen como masas celulares duras dentro de tejidos blandos parenquimáticos. La cáscara de las nueces y los carozos de los frutos, la pulpa de frutos carnosos y las cubiertas seminales presentan esclereidas.

Las formas de las esclereidas son variadas y se las clasifica de acuerdo con ellas en:

Braquiesclereidas o células pétreas: más o menos isodiamétricas.

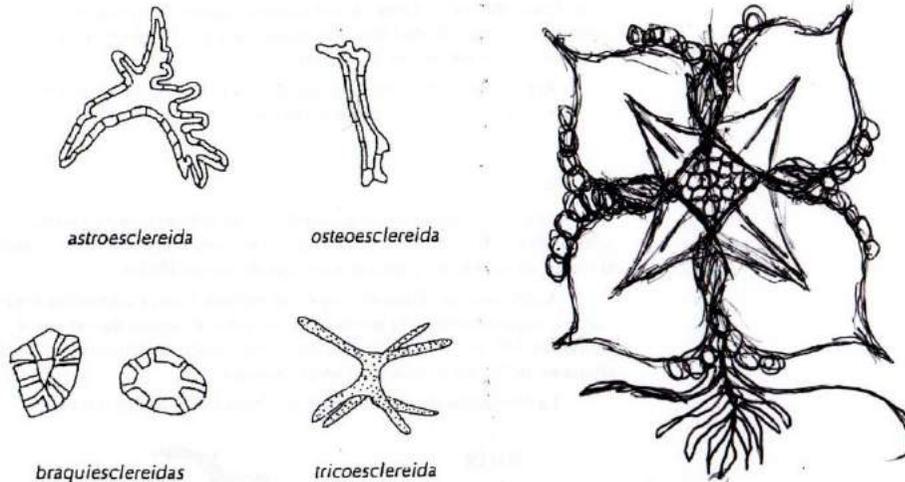
Macroesclereidas: alargadas y de forma columnar.

Osteoesclereidas: también alargadas, pero con forma de hueso y con extremos ensanchados.

Astroesclereidas: suelen ser ramificadas y a menudo estrelladas.

Tricoesclereidas: tienen aspecto de pelos epidérmicos, son muy alargadas y finas, y normalmente están poco ramificadas.

ESCLEREIDAS



TEJIDOS DE CONDUCCIÓN

Las plantas cormófitas desarrollan tejidos de conducción o vasculares como parte de su adaptación a la vida terrestre.

Hay dos tipos de tejidos conductores: el xilema o "leño" tejido especializado en el traslado de agua y solutos inorgánicos y el floema o "líber", tejido responsable de la conducción de sustancias orgánicas producto de la asimilación.

Ambos se localizan en el centro de raíces, tallos, forman la nervadura de hojas y otros órganos planos foliarizados, y recorren el interior de la planta formando una red continua de cordones interconectados entre sí.

XILEMA

TIPOS CELULARES

Elementos traqueales

Los elementos traqueales o conductores propiamente dichos son las células más especializadas del xilema en la conducción del agua. Son células alargadas, muertas a la madurez, con paredes lignificadas con espesamientos secundarios y una variedad de punteaduras.

Los tipos de células traqueales son:

a-. **Traqueidas:** células sin perforar, donde el pasaje de agua de célula a célula se realiza a través de pares de punteaduras, areoladas o simples.

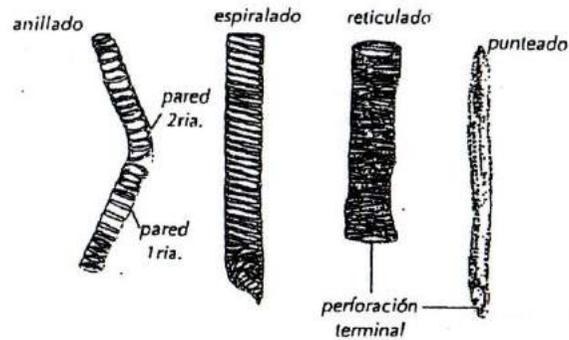
b-. **Elementos de vaso:** células con una o más perforaciones en las paredes terminales, por medio de éstas se unen formando un tubo de células llamado tráquea. La zona de la célula que está perforada se llama placa perforada.

En las paredes laterales el pasaje de agua se realiza mediante pares de punteaduras, comunicando así dos vasos o tráqueas contiguas.

Tipos de placas perforadas:

- 1-. **Placa perforada simple:** con una sola abertura (más evolucionada).
- 2-. **Placa perforada compuesta:** con más de una abertura.
 - Foraminada: con aberturas casi circulares
 - Reticulada: con aberturas dispuestas en forma de red.
 - Escalariforme: con aberturas alargadas, dispuestas en series paralelas.

ENGROSAMIENTOS DE ELEMENTOS TRAQUEALES

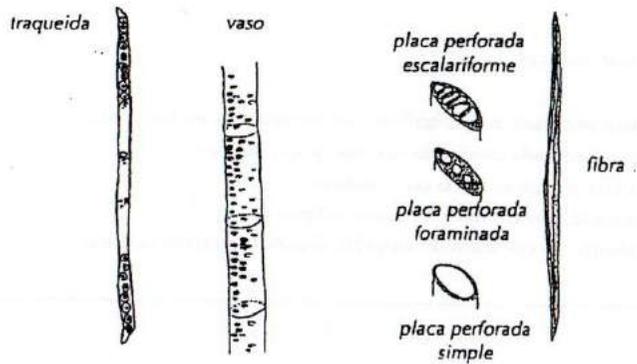


Otra característica de los elementos de vaso es la estructura y forma de su pared secundaria. Existen distintos tipos de engrosamientos en el xilema primario, que dan mayor rigidez y resistencia a los vasos.

Engrosamientos: - anular

- helicoidal / helicoidal denso
- reticulado
- punteado

ELEMENTOS DEL XILEMA



Fibras

Son células imperforadas, con pared secundaria uniformemente lignificada, sirven de sostén y no conducen. Se reconocen dos tipos de fibras:

a- fibrotraqueidas: son elementos unicelulares alargados, de extremos aguzados, con paredes engrosadas y punteaduras areoladas.

b- Fibras libriformes: son más largas y de paredes más gruesas que las fibrotraqueidas. Sus punteaduras son simples, característica que asegura la distinción entre ambos tipos de fibras.

Estas fibras pueden presentar septos; en este caso mantienen sus protoplastos vivos, y están vinculadas con el almacenamiento de materiales de reserva. Así las fibras vivas se parecen a las células del parénquima del xilema en su función y estructura.

Células parenquimáticas

Las células parenquimáticas del xilema almacenan almidón, sustancias ergásticas y cristales en forma de inclusiones citoplasmáticas (taninos, aceites, resinas, gomorresinas, etc.) El almidón es la sustancia más abundante y se usa como fuente de nutrición de las células cambiales.

Algunas de estas células se esclerosan por el depósito de gruesas paredes y son llamadas células escleróticas o esclereidas.

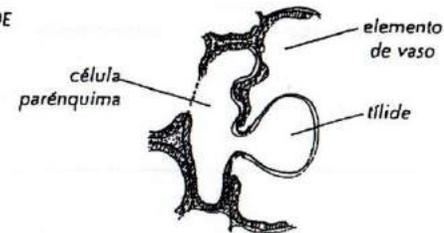
TÍLIDES

Cuando los vasos se tornan inactivos, las células parenquimáticas localizadas junto a ellos forman excrescencias a través de las cavidades de las punteaduras hacia el lumen de los vasos. Estas excrescencias se llaman **tíldes**.

A menudo las tíldes se cargan de taninos y otras sustancias ergásticas, que vuelven imputrescible a la madera, al bloquear el lumen de los vasos reducen su permeabilidad. Esto lo hacen durante la formación del duramen, y también en la albura en respuesta a lesiones o enfermedades.

La formación de tíldes recibe el nombre de **tíldosis** o **tilosis**.

TÍLIDE



XILEMA PRIMARIO

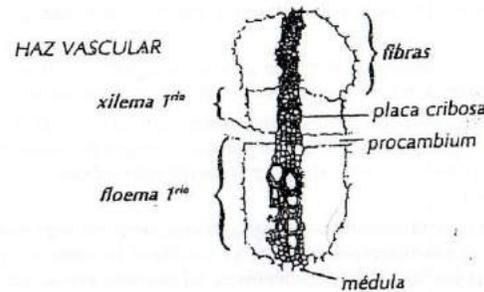
Protoxilema y Metaxilema

El primer tejido conductor que se origina es el protoxilema, y aparece en regiones que aún no han completado su crecimiento y que maduran donde todavía tiene lugar alargamiento. Esto significa que sus elementos están expuestos a tensiones y que pueden ser destruidos.

Está formado, generalmente, por elementos conductores rodeados de células parenquimáticas. Los engrosamientos típicos de sus paredes secundarias son de tipo anular y helicoidal. Al igual que el metaxilema es originado por el procambium.

El metaxilema se origina en regiones que están en crecimiento pero madura después de haber cesado el alargamiento. Esto determina su mayor persistencia y una constitución distinta del protoxilema.

Presenta más elementos traqueales que células parenquimáticas, y sus vasos son de mayor diámetro que los del protoxilema. Los engrosamientos de sus paredes son de tipo helicoidal denso, reticulado, escalariforme y punteado. Puede presentar elementos de sostén (fibras). El metaxilema deja de ser funcional luego de la aparición de cierta cantidad de xilema secundario pero si no hay aparición de cambium persiste en los órganos adultos cumpliendo sus funciones.



XILEMA SECUNDARIO

El xilema secundario forma parte del cuerpo secundario de la planta y deriva del cambium vascular.

Presenta cierto grado de complejidad debido a la presencia de sistemas diferentes de células: el axial (longitudinal o vertical) y el radial (transversal u horizontal) o sistemas de radios.

El sistema axial contiene células o filas de células con sus ejes mayores orientados verticalmente en el tallo o la raíz. Ambos sistemas están sumamente relacionados en cuanto a origen, estructura y función.

Los radios están formados generalmente por células vivas, parenquimáticas, las cuales están estrechamente relacionados con las del sistema axial, de modo que existe un radio de células vivas que comunican la médula con el floema. Este radio puede variar en espesor, ser multiseriado o uniseriado.

Anillo de Crecimiento

La actividad del cambium es periódica y produce en cada estación de crecimiento una cierta cantidad de xilema secundario, constituyendo una capa o anillo de crecimiento. En cada anillo se puede diferenciar una zona menos densa que corresponde al leño temprano o de primavera y un área más densa que corresponde al leño tardío o de verano. Ambas capas representan un año de crecimiento.

Albura y duramen

Los primeros elementos de xilema secundario gradualmente dejan de ser funcionales en la conducción. Esto determina la formación del duramen, presente en casi todas las especies. Generalmente es de color más oscuro que la parte activa del leño o albura.

La formación de duramen implica la eliminación de materiales de reserva o su conversión en sustancias del duramen. Esto produce la muerte de los protoplastos de las células parenquimáticas y de otros tipos celulares vivos de la madera. De manera que una función del duramen sería alejar de las zonas de crecimiento activo a aquellas sustancias tóxicas que podrían dañarla o inhibirla.

La albura por lo tanto es la zona más externa del leño que mantiene sus células vivas y en actividad metabólica.

Tipos de leño.

Leño homoxilado: el xilema está compuesto sólo por traqueidas. En Pteridofitas, las traqueidas son de origen procambial y no se produce cambium. En Gimnospermas las traqueidas tienen origen procambial y cambial. El avance evolutivo con respecto a Pteridofitas consiste en la especialización de las traqueidas ya que algunas conducen, otras se especializan en el sostén y otras mantienen características semejantes a las células parenquimáticas.

Leño heteroxilado: el xilema está diversificado en cuatro tipos celulares, cada uno con una determinada función. Característico de Angiospermas.

FLOEMA

El tejido conductor de alimentos, llamado floema, está asociado con el xilema en el sistema vascular. Como el xilema, el floema consta de varios tipos de células y puede ser clasificado, desde el punto de vista del desarrollo, como un tejido primario y secundario. El floema primario deriva del procambium. El floema secundario se origina en el cambium vascular y refleja la organización de este meristema porque tiene un sistema axial y uno radial.

El tejido floemático está menos esclerosado y es menos persistente que el tejido xilemático.

TIPOS CELULARES

Los tejidos floemáticos primario y secundario contienen las mismas categorías de células, sin embargo el floema primario no está organizado en dos sistemas; el axial y el radial: no tiene radios.

Elementos Cribosos

Los elementos cribosos son células especializadas del floema; presentan protoplastos ontogenéticamente modificados, con una actividad metabólica restringida.

La pared celular es visiblemente más gruesa que las paredes de las células parenquimáticas que las rodean. La conexión entre elementos cribosos se realiza a través de áreas de la pared (áreas cribosas) atravesadas por poros. Recibe este nombre por la similitud con una criba. Las partes de la pared en que están las áreas cribosas más diferenciadas, es decir las áreas con poros relativamente más grandes se llaman placas cribosas.

En la mayoría de las preparaciones de floema, cada poro está tapizado con un carbohidrato, la calosa. El depósito de calosa se engrosa a medida que el elemento criboso envejece. Puede ocurrir que el poro quede totalmente cubierto, obliterado y el elemento criboso muera o quede inactivo.

a-. **Células cribosas:** son elementos con las áreas cribosas poco especializadas, es decir sin placas cribosas. Suelen ser células largas y delgadas, con extremas puntiagudas o bien con paredes terminales muy inclinadas. Se disponen superponiéndose unas células a otras, siendo mayor el número de áreas cribosas en los extremos de las mismas.

b-. **Elementos de tubo criboso** presentan la particularidad de que algunas de las áreas cribosas están más desarrolladas que las demás, es decir constituyen placas cribosas. Estas se observan principalmente sobre las paredes terminales de estos elementos, las cuales pueden variar desde más o menos transversales hasta muy inclinadas. Las paredes laterales tienen áreas cribosas (que no llegan a diferenciarse en placas cribosas) que permiten la comunicación entre los elementos del tubo.

Las células que forman el tubo criboso tienen retículo endoplasmático, plastidios y mitocondrias, sobre todo cerca de las paredes celulares; pero no están vacuolizadas.

Tipos de placas cribosas:

1-. Las **placas cribosas compuestas**, que se consideran menos avanzadas, están formadas por varias áreas cribosas separadas por porciones de la pared terminal que no está interrumpida por los cordones citoplasmáticos. Están asociadas a paredes terminales oblicuas.

2-. **Placa cribosa simple**, en ella toda la pared terminal está acribillada uniformemente y los cordones de citoplasma pueden ser muy gruesos, los elementos cribosos que presentan este tipo de placa cribosa se consideran más avanzados. Estarían representadas en paredes terminales menos oblicuas con reducción en el número de áreas cribosas, con cordones citoplasmáticos más gruesos y en elementos de tubo cortos.

Células acompañantes

Durante la ontogenia de un elemento de tubo criboso la célula madre, que puede pertenecer al procambium o al cambium se divide longitudinalmente originando dos células desiguales. La mayor de ellas dará el elemento del tubo criboso y durante su maduración el núcleo se desintegra, borrándose también los límites entre el vacuolo y el citoplasma y reduciéndose notablemente el ritmo metabólico.

La célula menor, cuyo núcleo persiste, originará la célula anexa y puede dividirse nuevamente en forma transversal, con lo que producirá dos células anexas.

El núcleo de la célula anexa gobernará también la actividad del tubo criboso. La vinculación entre ambas células se produce por campos de puntuaciones primarias y por áreas cribosas. Cuando cesa la actividad del tubo criboso también mueren las células anexas.

En las Gimnospermas y en otros grupos vasculares inferiores no existen células anexas como en Angiospermas. En las coníferas las células cribosas están acompañadas por las células albumíferas, así llamadas por su alto contenido en sustancias proteicas.

Las células acompañantes son células parenquimáticas especializadas. Contienen numerosas mitocondrias y algo de retículo endoplasmático. Es llamativa la abundancia de ribosomas. Están vacuolizadas en distintos grados y a menudo presentan muchas vacuolas pequeñas.

Células parenquimáticas

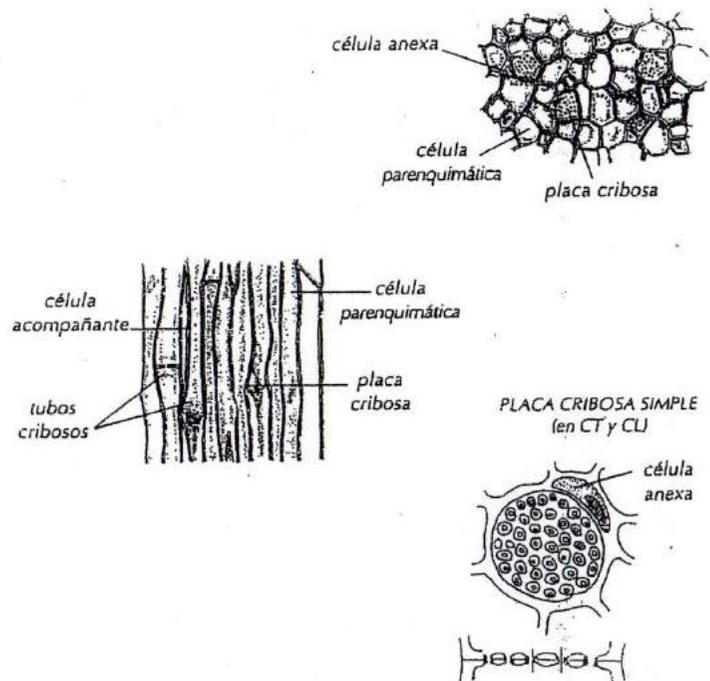
Las células parenquimáticas que acompañan el floema, contienen diversas sustancias ergásticas, tales como taninos y cristales. Pueden desempeñar funciones de almacenamiento o asemejarse fisiológicamente a las células acompañantes de los tubos cribosos, cuya función consiste en colaborar con la carga y descarga de los mismos. En el floema se clasifican en células del parenquima axial y del radial o de los radios.

Fibras

Las fibras son comunes en el floema primario así como en el floema secundario. Dichas fibras pueden ser septadas o no, y en la madurez estar vivas o no. Algunas de ellas sirven de almacenamiento, como ocurre con las fibras del xilema.

Se pueden encontrar también esclereidas en la parte más vieja del parénquima, formadas por el engrosamiento de células del parénquima. A veces las esclereidas pueden ser confundidas con fibras cortas. El tipo intermedio entre ambas es llamado fibroesclereidas.

FLOEMA



FLOEMA PRIMARIO

Protofloema y Metafloema

El **protofloema** se diferencia en órganos sujetos a alargamiento y sus elementos cribosos terminan perdiendo su funcionalidad, tanto en el tallo como en las raíces. En las Angiospermas el elemento conductor protofloemático es, por lo común, angosto y poco notable y hasta puede carecer de células anexas. Los elementos del protofloema suelen originar fibras al dejar de ser funcionales.

En aquellas zonas de la planta que están creciendo en longitud activamente constituye el tejido conductor de sustancias alimenticias. Presenta dicho tejido elementos cribosos especializados, con su protoplasma anucleado característico y sus áreas cribosas en las paredes.

El **metafloema** posee elementos conductores más numerosos y anchos que el protofloema y tiene células anexas en la mayoría de las angiospermas. Cuando los elementos conductores se vuelven no funcionales, sus células parenquimáticas pueden esclerificarse.

El metafloema, dado que madura después de que los tejidos que los rodean han finalizado su elongación, se conserva sin destruirse y actúa como tejido conductor durante más tiempo que el protofloema. En aquellas plantas que no experimentan crecimiento secundario, el metafloema es funcional durante toda la vida, siendo éste, el tejido conductor de sustancias alimenticias cuando los cuerpos primarios se encuentran desarrollados totalmente.

FLOEMA SECUNDARIO

El floema secundario se dispone en dos sistemas: el vertical o axial, cuyas células derivan de las células iniciales fusiformes del cambium, y el horizontal o radiomedular, que atraviesa al vertical en forma de radios transversales formados por células que derivan de las iniciales radiales del meristema ya nombrado.

El floema puede estar más o menos ordenado según el tipo de cambium del cual deriva (estratificado o no).

Los crecimientos estacionales del floema secundario no dan lugar a capas de crecimiento tan claramente diferenciadas como en el caso del xilema secundario. La cantidad de floema producido por el cambium vascular es mucho menor que la del xilema y el floema viejo, inactivo, se separa del tronco por la peridermis, constituyendo la parte más interna de la corteza.

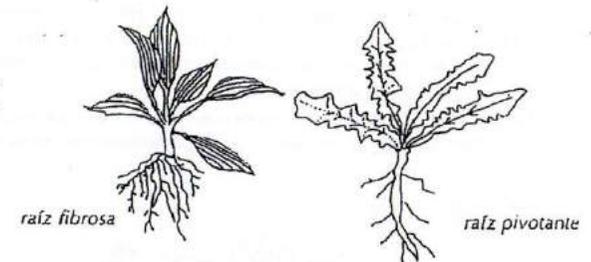
ORGANOLOGÍA
DEL CORMO



LA RAÍZ

La raíz es la parte del eje de la planta que vive generalmente enterrada, rara vez en contacto con el aire. Carece de hojas y solamente presenta raíces laterales. Tiene varias funciones: sirve de anclaje, es decir, fija la planta en el suelo; absorbe agua y sales minerales del sustrato por medio de estructuras especiales, los pelos absorbentes; transporta estos materiales desde la región de su absorción hasta la base del tallo; y sirve como órgano de almacenamiento de sustancias nutritivas.

En la mayoría de las Dicotiledóneas y en las Gimnospermas, la raíz surge de la radícula del embrión; el ápice radical crece y de su desarrollo provienen las raíces adultas. Esta condición se llama alorricia y genera una raíz **pivotante** o **axonomorfa** en la que el eje principal está más desarrollado que sus ramificaciones o raíces laterales.



No siempre la raíz adulta proviene de la radícula embrional. En Pteridófitas y Monocotiledóneas se encuentra otro modo de desarrollo radicular, diferente del alorricio, conocido como **homorricia**. La homorricia pteridófitica se conoce como **homorricia primaria** (atrofia temprana de la raíz embrional) y la homorricia monocotiledónea se conoce como **homorricia secundaria** (atrofia de la raíz primaria que llega a desarrollarse pero no sobrevive por mucho tiempo).

Las **raíces adventicias** son aquellas que aparecen en sitios no habituales de la planta (como hojas) o bien se originan a consecuencia un traumatismo, por ejemplo en hojas que han sufrido lesiones o en tallos a los que se ha aplicado tratamiento hormonal.

MORFOLOGÍA EXTERNA

En la porción terminal de una raíz joven se distinguen las siguientes regiones:

1.- **cofia, caliptra o pilorriza**: consta de células parenquimáticas vivas y segrega mucílagos que protegen la zona meristémica del posible daño mecánico producido por el roce contra las partículas del suelo.

2.- zona de alargamiento: es una zona muy corta, a lo sumo de 5 a 10 mm de longitud.

3.- zona pilifera, de diferenciación o madurez: los pelos radicales al aumentar la superficie facilitan la absorción de agua y sales.

ESTRUCTURA PRIMARIA

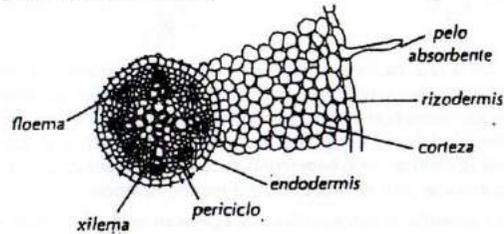
Un corte transversal de una raíz con crecimiento primario muestra una separación nítida entre la rizodermis, la corteza y el cilindro vascular o estela.

La rizodermis está formada generalmente por una sola capa de células no cutinizadas, permeables al agua y sin estomas. Son células activas en la absorción; generalmente llevan pelos radicales.

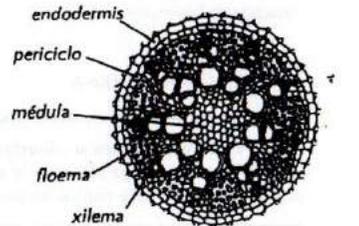
La corteza está compuesta únicamente por células parenquimáticas que pueden o no dejar espacios intercelulares. Son células muy vacuoladas. Sus plastos están generalmente desprovistos de clorofila (excepto en algunas plantas acuáticas) y acumulan cantidades variables de almidón.

La capa más interna de la corteza se diferencia como una endodermis y en la periferia puede desarrollarse una exodermis, especialmente en raíces aéreas.

CT DE RAIZ (Actinostela)

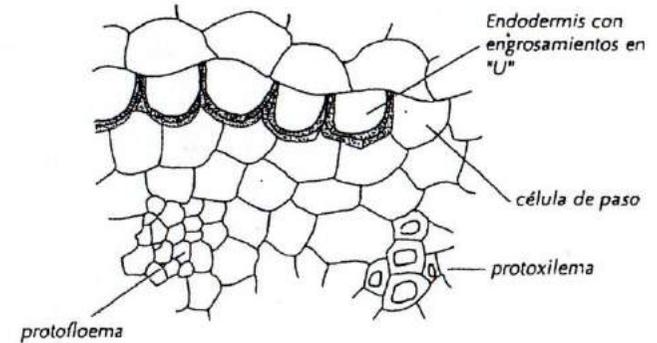
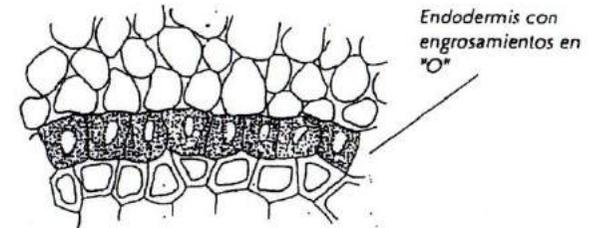
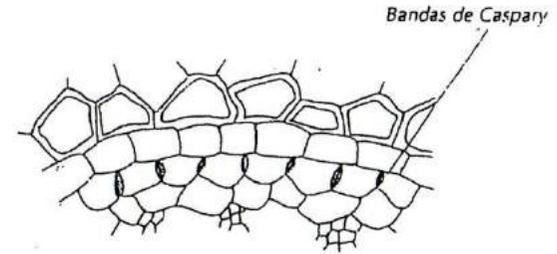


Dicotiledónea



Monocotiledónea

ENGROSAMIENTOS DE LAS CELULAS ENDODÉRMICAS



En raíces adultas sin crecimiento secundario la epidermis puede persistir intacta, a menudo cutinizándose, o puede degenerar y caer, desprendiéndose, y ser reemplazada en su función de capa limitante por la capa más externa de la corteza primaria, la exodermis, la cual se cutiniza o suberifica. Esto sucede en muchas monocotiledóneas.

La endodermis es una capa uniseriada de células ubicada entre la estela y la corteza parenquimática. Esta capa celular tiene caracteres distintivos y sus células se disponen sin espacios intercelulares. Las paredes celulares presentan, depositadas en áreas restringidas, una sustancia impermeable al agua, la suberina. Como también reacciona a los colorantes de la lignina, muchas veces se la designa como "lignosuberina". La lignosuberina se deposita en las células jóvenes sobre las paredes radiales y transversales formando las **bandas de Caspary**. Esta etapa persiste hasta la madurez en las Pteridofitas y la mayoría de las Dicotiledóneas.

En Monocotiledóneas y algunas Gimnospermas se deposita por aposición sobre las bandas de Caspary una lámina casi continua de suberina en las paredes radiales, transversales y tangencial interna. Este engrosamiento aparece en C.T. con forma de "U" o herradura.

En algunas especies también se deposita lignosuberina sobre la pared tangencial externa, formando una "O" en C.T. En la endodermis en "U" o en "O" no se depositan capas adicionales de lignosuberina en algunas células endodérmicas enfrentadas a los cordones del xilema; estas células se denominan **células de paso**.

La función de la endodermis es limitar el paso de sustancias desde la corteza al cilindro central. Es una barrera efectiva para el movimiento del agua a través de paredes celulares y espacios intercelulares; asegura que sólo penetren en el tejido vascular aquellas sustancias que pueden atravesar la membrana plasmática ejerciendo una acción selectiva. Otra función, adicional, es mecánica, ya que sus células engrosadas son resistentes y protegen las células delicadas del floema.

La estela es el centro del eje de la planta que incluye al sistema vascular y todas las regiones interfasciculares, lagunas, médula (si la hay) y el periciclo.

Las células del xilema de la raíz presentan en C.T. una disposición radiada, formada por lóbulos o brazos que parten de un centro. Las células del floema están agrupadas entre estos brazos y puesto que los grupos del xilema primario y del floema primario se encuentran a lo largo de radios diferentes, se dice que estos tejidos presentan una disposición alterna en C.T. El número de brazos es generalmente constante para una misma especie y es típica de los grandes grupos: hay de 2 a 4 en las Dicotiledóneas; y más de 4 (y hasta 20) en las Monocotiledóneas. Este tipo de estela se denomina **actinostela**.

Algunas raíces tienen médula y otras no. En las Coníferas y en la mayoría de las Dicotiledóneas, las células centrales de la raíz al madurar se transforman en xilema y por eso no existe médula. En numerosas Monocotiledóneas y en algunas Dicotiledóneas herbáceas el xilema no llega a diferenciarse en el centro de la raíz y en este caso hay médula presente.

El desarrollo de los tejidos vasculares sigue un orden centripeto, tanto el protoxilema como el protofloema se hallan hacia el periciclo, y el metaxilema y el metafloema se ubican hacia el centro de la raíz; se dice entonces que el xilema es exarco.

El periciclo se encuentra rodeando los tejidos conductores y formando el tejido más externo del cilindro central. Se compone de células parenquimáticas; y es generalmente uniestratificado. Es un tejido de suma importancia porque da origen a las ramificaciones de las raíces, el felógeno y una parte del cambium vascular. Estas formaciones son posibles porque las células del periciclo conservan su capacidad para la división celular y el crecimiento, aún después de haber alcanzado su madurez fisiológica.

MODIFICACIONES DE LA RAÍZ

Se conocen numerosas modificaciones de este órgano, como consecuencia de las cuales se presentan cambios considerables en la estructura interna y externa. Algunas de estas modificaciones son:

■ **Raíces aéreas:** En muchas Orquídeas y Aráceas adaptadas a vivir sobre los árboles (epífitas) y en otras Monocotiledóneas hay raíces aéreas. La epidermis se halla transformada en un tejido multiseriado llamado **velamen**. Este consta de células muertas, sin contenido, dispuestas en forma compacta, que a menudo tienen engrosamientos de pared secundaria en forma de numerosas y angostas fajas. Es casi impermeable al agua y a las sustancias disueltas.

El velamen, que en estado seco aparece de color gris blanquecino, debido a estar lleno de aire, transparenta el color verde de los tejidos corticales internos cuando está lleno de agua. Sus funciones son de protección mecánica, reducción de la pérdida de agua de la corteza, absorción por capilaridad de las precipitaciones acuosas de la misma manera que una esponja y acumulación de la misma.

Las raíces aéreas contienen clorofila en el parénquima cortical y, por lo tanto, también sirven para la asimilación.

■ **Raíces almacenadoras o reservantes:** En estas raíces hay un mayor desarrollo del parénquima cortical para contener almidón y azúcar. Ej.: zanahoria, remolacha, nabo.

■ **Raíces asimiladoras:** Se encuentran en plantas acuáticas libres; en general tienen cloroplastos en la corteza. También aparecen en epífitas con hojas reducidas, cumpliendo funciones de asimilación.

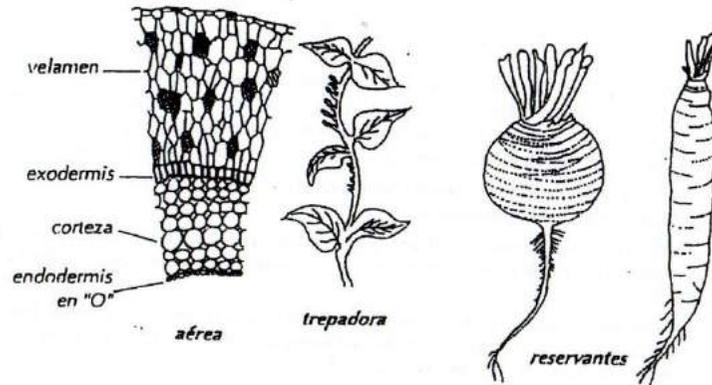
■ **Raíces fúlreas:** Son raíces aéreas con la función de reforzar el anclaje de la planta.

■ **Micorrizas:** Son raíces que viven en simbiosis con las hifas de un hongo. El hongo invade la corteza, pero las células radicales no desarrollan síntomas patológicos y retienen sus características vitales. El papel principal del hongo micorrízico parece ser la conversión de los minerales del suelo y la descomposición de material orgánico dando formas accesibles al huésped. Éste, presumiblemente, secreta azúcares,

aminoácidos y otros materiales orgánicos, de los que dispone el hongo. Las hifas nunca pasan de la endodermis ni llegan al área del meristema apical.

- **Nódulos:** Son el resultado de una simbiosis entre las raíces de las Leguminosas y bacterias fijadoras de nitrógeno.
- **Raíces trepadoras:** Son raíces caulógenas que se adhieren a sustratos diversos, características de plantas trepadoras.
- **Raíces chupadoras:** Aparecen en plantas parásitas y hemiparásitas y se hallan transformadas en órganos chupadores (haustorios), en conexión con los haces conductores de la planta hospedante. Las raíces chupadoras o haustoriales pueden tomar agua y solutos del xilema, o bien sustancias elaboradas del floema (Ej.: muérdago, cuscuta).

RAICES MODIFICADAS



EL TALLO

El cormo de las plantas superiores consta de la raíz y el vástago. El vástago está formado por el tallo y sus apéndices laterales, las hojas. Debido a la existencia de hojas, la estructura interna del tallo es más compleja que la de una raíz. El tallo vincula la raíz, órgano fijador y absorbente, con las hojas u órganos fotosintéticos. Las principales funciones que desempeñan los tallos son: dar sostén a las hojas, flores y frutos y permitir la conducción de agua, sales minerales y sustancias alimenticias. Además los tallos pueden estar modificados y desempeñar, entonces, otras funciones que no le son propias, como la fotosíntesis, reemplazando parcial o totalmente a las hojas, el almacenamiento de agua o sustancias de reserva y la multiplicación vegetativa.

MORFOLOGÍA EXTERNA

En el caso más sencillo, el tallo es un eje vertical que lleva hojas. En él se reconocen las siguientes partes: **nudos:** partes del tallo algo engrosadas, donde se insertan una o más hojas; **entrenudos:** porciones del tallo situadas entre los nudos, los cuales pueden alargarse variablemente; **yemas:** rudimentos del vástago constituidos por tejido meristemático y protegidos por primordios foliares.

Las yemas pueden tener posición **terminal**; ubicadas en los extremos de los ejes determinan el crecimiento en longitud del tallo. Las yemas **axilares**, situadas en las axilas de las hojas originan las ramas laterales. Las yemas **adventicias** se pueden originar en el tallo, raíz u hojas. En estos casos, los tejidos ya diferenciados vuelven a recobrar la capacidad de división y producen así nuevos ápices (estacas).

Las yemas de numerosos árboles y arbustos producen dos tipos de tallos. Los **macroblastos**, que son tallos de crecimiento indefinido, con entrenudos largos y hojas más o menos esparcidas, y los **braquiblastos** que son de crecimiento definido con entrenudos cortos y hojas dispuestas en roseta.

CRECIMIENTO PRIMARIO

HACES VASCULARES

Los distintos tipos de haces se diferencian según la posición relativa del xilema y del floema.

La disposición más corriente en Gimnospermas jóvenes y Angiospermas es la **colateral**, con xilema y floema adyacentes por un solo lado. Cuando el floema es adyacente a ambos lados del xilema, la disposición es **bicolateral** (hay floema interno y floema externo).

Los haces vasculares pueden ser **concéntricos**. Dentro de este tipo se encuentran los **anficéntricos** o **hadrocéntricos**: el floema rodea al xilema, y **anfivasales** o **leptocéntricos**: el xilema rodea al floema. Los haces anficéntricos son comunes en los helechos y en las Angiospermas en general; anfivasales se encuentran en ciertas Monocotiledóneas, especialmente las rizomatosas.

Entre el xilema y el floema de un haz colateral puede existir **procambium**. De acuerdo con esto, se distinguen los haces con **procambium** o **abiertos** (Gimnospermas y Dicotiledóneas) y haces sin **procambium** o **cerrados** (Monocotiledóneas).

ESTRUCTURA PRIMARIA DEL TALLO EN DICOTILEDÓNEAS (EUSTELA)

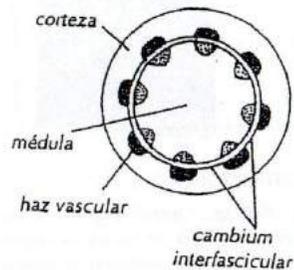
En tallos de Dicotiledóneas herbáceas, los tejidos adultos primarios se disponen de manera concéntrica durante el primer año de vida.

En el centro del corte transversal está la **médula**, parenquimática, que puede funcionar como tejido de reserva, o bien destruirse, constituyendo así una cavidad medular.

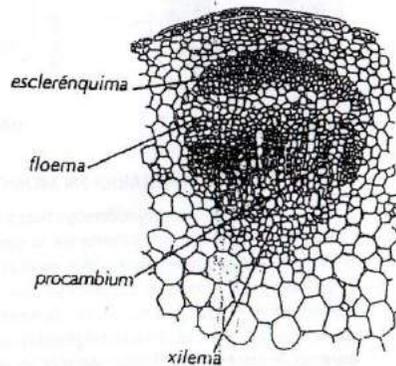
Rodeando a la médula se presentan **haces colaterales abiertos**, con el xilema hacia el centro del eje, separados entre sí por franjas de tejidos parenquimáticos, que conectan a su vez la médula central con la **corteza externa**. Estas porciones se denominan **radios medulares primarios**. A esta estela se la denomina **eustela**.

Por fuera, se encuentra una **epidermis** con estomas.

EUSTELA



DETALLE DE UN HAZ VASCULAR

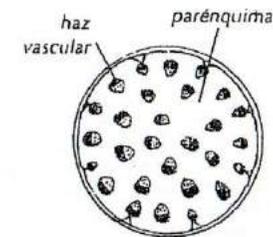


ESTRUCTURA PRIMARIA DEL TALLO EN MONOCOTILEDÓNEAS (ATACTOSTELA)

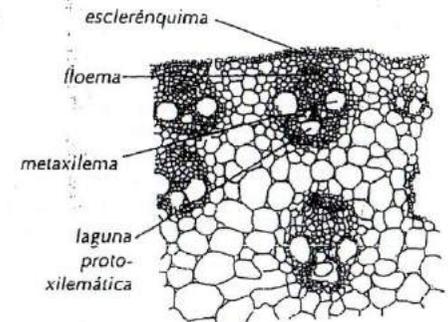
En tallos de Monocotiledóneas no es posible delimitar claramente la corteza de la estela.

En un corte transversal se observan, desde el exterior hacia el centro del eje: la **epidermis** y un **tejido parenquimático** en el cual se hallan dispersos los haces vasculares. Estos haces son **colaterales cerrados**. Los haces más cercanos a la epidermis se unen, por medio de fibras, a un anillo hipodérmico esclerenquimático. A esta estructura se la llama **atactostela**.

ATACTOSTELA



DETALLE DE LA ATACTOSTELA



CRECIMIENTO SECUNDARIO

En plantas leñosas, una vez que cesa el **alargamiento**, el incremento en grosor de los elementos conductores y mecánicos del tallo se produce por la actividad de los meristemas secundarios laterales: el **cambium** que produce xilema y floema secundarios, y el **felógeno** que origina felodermis y tejido suberoso.

El **cambium**: en los tallos de la mayor parte de las Gimnospermas y Angiospermas, el cambium se origina a partir del **procambium**, en forma de un cilindro que queda situado entre xilema y floema primarios, produciendo mediante divisiones tangenciales, xilema secundario hacia el centro del eje y floema secundario en dirección opuesta. Así el floema secundario empuja hacia afuera el floema primario mientras que el xilema secundario empuja al primario hacia el interior del tallo.

La actividad del cambium vascular va produciendo año tras año anillos concéntricos de leño y floema secundario, aumentando el diámetro del tallo.

El **felógeno**: cuando el tallo adquiere un diámetro considerable, la epidermis es reemplazada por otro tejido protector: la **peridermis**, que se origina por la actividad del felógeno. Este es un tejido simple en estructura, y a diferencia del cambium, presenta un solo tipo celular. Se origina generalmente muy cerca de la superficie del tallo.

FOTOCOPIADO
Hoja 19 de 37

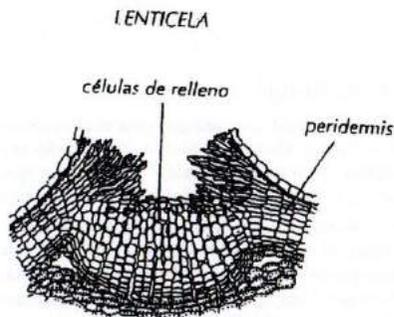
En corte transversal el felógeno aparece como una capa continua de células que por divisiones periclinales, produce células del súber hacia afuera y células de felodermis hacia adentro.

Las células del súber son prismáticas, y se disponen en forma compacta. Estas células, muertas a la madurez, se caracterizan por la suberización de sus paredes. La suberina, es una sustancia grasa que le confiere a estas células impermeabilidad al agua y aislación térmica.

Las células de la felodermis son parenquimáticas vivas.

A medida que el árbol envejece, la peridermis (felodermis, felógeno, súber) se forma a profundidades cada vez mayores y produce así una acumulación de tejidos muertos sobre la superficie del tallo. Se denomina ritidoma al conjunto de tejidos que quedan, aislados por la actividad del felógeno y que terminan muriendo.

En algunas regiones de la peridermis, normalmente debajo de un estoma de la epidermis en degeneración se diferencian las lenticelas. Estas tienen forma lenticular y por lo general sobresalen por encima de la superficie por una fisura en la peridermis. Se originan a partir del felógeno. Éste, mediante numerosas divisiones produce células de relleno, laxamente dispuestas, que empujan el tejido hacia el exterior y finalmente lo rompen. El intercambio de gases se produce con facilidad ya que las lenticelas presentan muchos espacios intercelulares.



ESTRUCTURA SECUNDARIA EN DICOTILEDÓNEAS LEÑOSAS

En un corte transversal de una Dicotiledónea se observa que los tejidos vasculares forman un cilindro continuo.

En la zona central del corte puede reconocerse la médula parenquimática. El xilema primario adquiere un contorno irregular alrededor de la médula pero no puede delimitarse claramente del xilema secundario.

El xilema secundario o leño presenta anillos. Estos anillos muestran una alternancia regular entre elementos de vaso de lumen amplio y estrecho. Estos anillos anuales son expresión de una actividad rítmica y estacional del cambium que

empieza a formar elementos de lumen amplio en la primavera (leño temprano), mientras que los formados más tarde tienen diámetro cada vez más estrecho (leño tardío). Al final del período vegetativo, el cambium cesa su producción para empezar a formar los elementos de la primavera siguiente. El tejido que se encuentra entre dos límites anuales corresponde al crecimiento de un año y así se puede determinar la edad del árbol según el número de anillos.

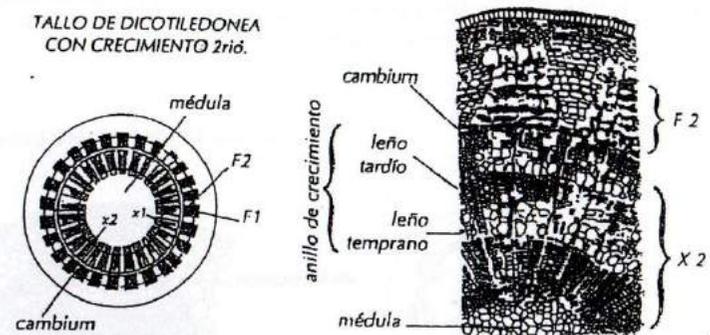
El xilema secundario es de aspecto más denso y contiene en el sistema axial elementos de vaso, traqueidas, fibras y células del parénquima xilemático. El sistema radial presenta radios parenquimáticos anchos y angostos.

El floema secundario tiene un aspecto característico debido a la dilatación de los radios que adoptan forma de cuñas y la alternancia de bandas de fibras cortas y bandas de tubos cribosos, células acompañantes y células parenquimáticas.

El floema primario es desplazado hacia la periferia del tallo por el floema secundario.

La peridermis inicial se origina por debajo de la epidermis y persiste durante muchos años.

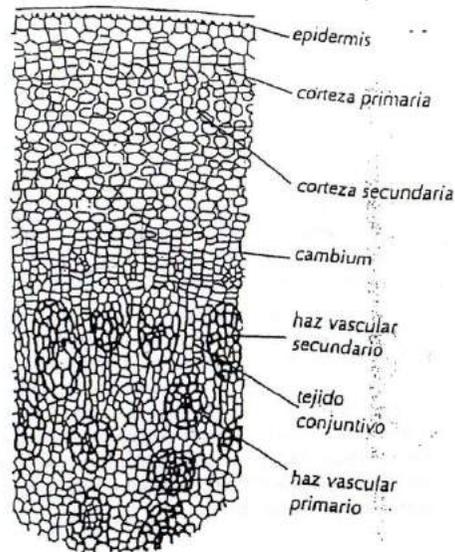
TALLO DE DICOTILEDÓNEA CON CRECIMIENTO 2río.



CRECIMIENTO SECUNDARIO EN MONOCOTILEDÓNEAS

En ciertas Monocotiledóneas (*Yucca* sp., *Aloe* sp., *Cordyline* sp.) se forma un "cambium" en una zona interna de la corteza y por fuera de los haces vasculares primarios que aparecen esparcidos en el corte de tallo. Este cambium, originado en el parénquima cortical, constituye un cilindro de varios estratos de células meristemáticas, que producen al comienzo células derivadas hacia dentro y más tarde, hacia fuera. Las células originadas hacia afuera constituyen células corticales parenquimáticas secundarias; las que se producen hacia dentro se transforman en haces conductores secundarios (del tipo concéntrico anfibasal), y otras, en parénquima secundario, cuyas paredes se engrosan y lignifican (tejido conjuntivo).

Como este cambium produce células hacia adentro se empuja a sí mismo cada vez más hacia afuera a medida que aumenta el diámetro del tallo.



MODIFICACIONES DEL TALLO

El tallo es un órgano típicamente aéreo, pero en ciertos casos puede ser parcial o totalmente subterráneo, modificando su estructura típica. Se pueden describir varios tipos de tallos subterráneos modificados:

- **Bulbo:** es un tallo muy acortado, con hojas escamosas engrosadas y camosas que representan depósitos de material de reserva. Las escamas pueden ser catáfilas o vainas curvadas en forma de túnica procedentes de la base de hojas vegetativas ya muertas. Se insertan sobre un eje disciforme o cónico, sumamente acortado, de cuyo ápice brota el tallo epigeo.
- **Rizoma:** es un tallo subterráneo, en general alargado, que carece de hojas normales, reemplazadas por catáfilas escamosas o membranosas que protegen a las yemas axilares. En los rizomas son frecuentes las raíces caulógenas sobre todo en la vecindad de los nudos. Las yemas de los rizomas son capaces de producir vástagos epigeos o continuar el crecimiento subterráneo de aquél. Desde el punto de vista funcional los rizomas son órganos reservantes y constituyen un medio para la propagación vegetativa.
- **Tubérculo:** presentan, al igual que los rizomas, catáfilas membranosas o en su defecto, las cicatrices de estas estructuras foliares. Se distinguen de los rizomas

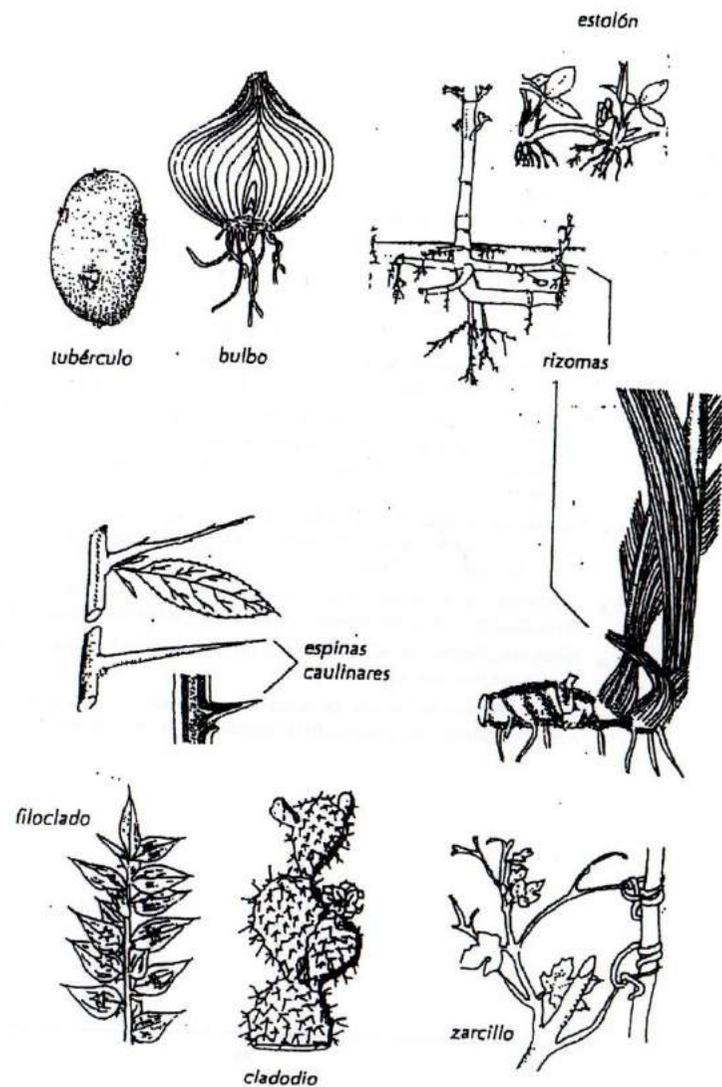
por su grosor considerable, su crecimiento limitado, y la falta de raíces. Sólo duran un período vegetativo; en el siguiente son reemplazados por un nuevo tubérculo. Los tubérculos de la papa se originan en el extremo de ramas laterales subterráneas (estolones) por engrosamiento primario de varios entrenudos y sirven como órganos de reserva. Las oquedades que se observan en los tubérculos de papa alojan yemas axilares ("ojos") cubiertas y protegidas por hojas reducidas. La función de los tubérculos es almacenar sustancias de reserva y propagar vegetativamente la planta.

- **Estolón:** está muy relacionado con el rizoma y a menudo se confunde con él. Es un brote lateral subterráneo o epigeo que crece horizontalmente y tiene entrenudos muy alargados. El alargamiento del eje en los entrenudos tiene lugar a expensas de la disminución o falta total de hojas. Los estolones originan nuevas plantas por acortamiento de entrenudos, formación de hojas más próximas y abundantes raíces caulógenas. Ej.: frutilla.

También se pueden distinguir modificaciones en los tallos aéreos:

- **Platiclados:** tallos aplanados adaptados a la función fotosintética relacionados con la reducción o desaparición de las hojas. Se distinguen dos tipos:
 - **Filoclado:** braquiblasto que se aplanado, adopta la forma de una hoja y es portador de flores protegidas por pequeñas hojas escumiformes. Ej. *Ruscus* sp.
 - **Cladodio:** macroblastos aplanados, es decir, ramas laminares, que llevan hojas rudimentarias y otras modificadas como espinas. Todo el tallo adquiere aspecto aplanado, presentando estrechamientos en los puntos de ramificación. Ej. *Opuntia* sp.
- **Espinas:** las espinas caulinares se originan por lignificación temprana de ramas cortas que no desarrollan primordios foliares, y adquieren forma puntiaguda y rígida. Ej. corona de Cristo.
- **Zarcillos:** ramas filiformes que actúan como fijadoras, ya que presentan la capacidad de rodear los soportes y fijar a ellos los tallos respectivos. Ej.: vid.
- **Tallos suculentos:** en estos casos, el eje principal del vástago se encarga del almacenamiento de agua. Ej.: cactus.
- **Tallos volubles:** tallos que se enroscan alrededor de un soporte. Pueden ser herbáceos (arvejilla, campanilla) o leñosos (bejuco o lianas).

MODIFICACIONES CAULINARES



LA HOJA

La hoja es una expansión lateral laminada que se origina a partir del tallo en forma exógena. Su función principal es la fotosíntesis. Para tal función tiene una forma adecuada, ya que ofrece la máxima superficie con el mínimo volumen, redundando así en una mayor eficacia fisiológica.

Según su origen filogenético las hojas pueden clasificarse en microfílos y megafílos. Los microfílos se originan a partir de una protuberancia o enación del tallo. Son uninervios; son las hojas de las plantas afines con los helechos. Se caracterizan por su tamaño relativamente pequeño y su haz vascular siempre indiviso y simple que se conecta con la periferia de la estela en ejes de tipo protostélico. Los megafílos tienen una venación compleja relacionada con una laguna parenquimática bien definida, la laguna foliar, que interrumpe la estela en el momento de la salida del rastro foliar. Se define como rastro foliar al conjunto de haces que sale del tallo para penetrar en las hojas.

MORFOLOGÍA EXTERNA DE LA HOJA ANGIOSPÉRMICA

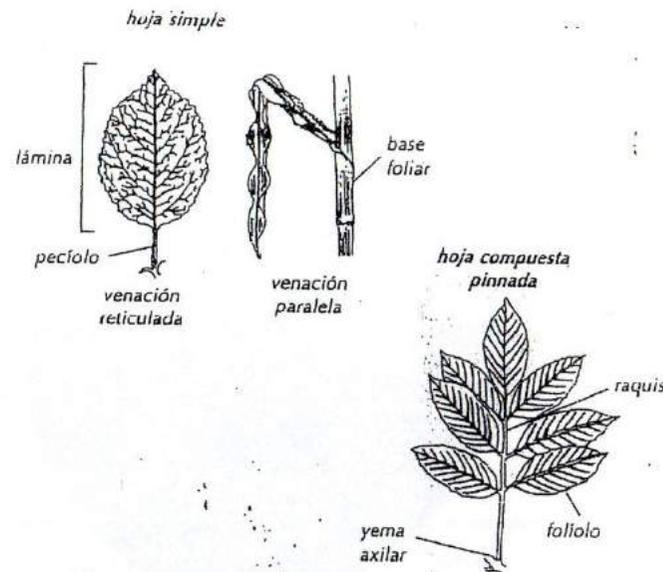
Una hoja corriente presenta las siguientes partes: **lámina** o **limbo**: porción expandida o ensanchada de la hoja, puede presentar distintas formas, contornos y ápices foliares; **pecíolo**: une la base foliar con la lámina, sirviendo para la conducción, cuando la hoja presenta pecíolo se llama pectiolada, cuando éste no está presente la hoja es **sésil** o **sentada**; **base foliar**: une la hoja al tallo; generalmente es una parte ensanchada que puede modificarse en mayor o menor grado. Puede formar una vaina rodeando al tallo, como en Gramíneas.

Una hoja **simple** presenta una lámina sin divisiones; una hoja **compuesta** presenta una lámina dividida en folíolos. Un folíolo puede diferenciarse de una hoja simple por no presentar yema en el ángulo que todo pecíolo forma con el tallo.

Las hojas compuestas pueden ser:

- **palmadas**: los folíolos parten del ápice del pecíolo común.
- **pinnadas**: los folíolos se unen a un eje o raquis en toda su extensión.
- **bipinnadas**: los folíolos están divididos a su vez en foliólulos y se ubican sobre raquis secundarios.

La **nervadura** o **venación** es el conjunto de venas de una hoja. El patrón o modelo de la venación en vista superficial puede ser **reticulado** o **anastomosado** como en Dicotiledóneas o **paralelo** como en Monocotiledóneas.



ANATOMÍA DE LA HOJA ANGIOSPÉRMICA

En la sección transversal de una hoja se observa:

1) **Epidermis:** generalmente uniestratificada; los estomas son característicos de las hojas y se presentan en una o ambas caras, pero principalmente sobre la superficie abaxial. La epidermis presenta una cutícula con grado variable de desarrollo.

2) **Mesófilo:** es un parénquima con funciones de fotosíntesis y traslocación de sustancias. En una misma hoja pueden presentarse dos tipos de parénquimas bien diferenciados:

- **parénquima en empalizada:** sus células son alargadas, con abundantes cloroplastos, y se disponen regularmente en una o más capas; es el parénquima clorofílico más especializado.

- **parénquima esponjoso:** está constituido por células con menor cantidad de cloroplastos, de formas muy variadas, separadas entre sí por grandes espacios intercelulares. Esta estructura esponjosa permite el intercambio de gases entre el tejido fotosintético y el medio ambiente, ya que existe continuidad entre los espacios intercelulares y las cámaras subestomáticas de los estomas.

3) **Tejidos vasculares:** se ubican en el mesófilo. Los haces pueden ser colaterales o bicolaterales. Cuando son colaterales, el xilema se presenta en el lado adaxial de la hoja, y el floema, en el lado abaxial. Los haces vasculares pueden encontrarse rodeados por una o más capas de células dispuestas en forma compacta, la vaina o vainas del haz (parenquimática y/o esclerenquimática).

4) **Tejidos de sostén:** en las hojas de Dicotiledóneas las vainas de los haces se extienden hasta la epidermis, contribuyendo al sostén del mesófilo. Típicamente las hojas de las Dicotiledóneas forman colénquima por debajo de la epidermis de las grandes venas y a menudo en el margen de la lámina. Las hojas de las Monocotiledóneas forman relativamente gran cantidad de esclerenquima en forma de fibras en asociación con los haces vasculares o en cordones separados.

5) **Estructuras secretoras:** las hojas pueden presentar estructuras secretoras como conductos resiníferos, cavidades lisígenas conteniendo aceites esenciales u otras sustancias similares, laticíferos, pelos glandulares, etc.

ESTRUCTURA DE LA HOJA ANGIOSPÉRMICA

Según la disposición de sus tejidos, una hoja puede presentar:

Estructura dorsiventral: el parénquima en empalizada se presenta sólo hacia la superficie adaxial. Por lo general son hojas de plantas adaptadas a un hábitat moderadamente húmedo. Hacia la superficie abaxial se presenta el parénquima esponjoso. La epidermis abaxial es la que presenta mayor cantidad de estomas.

Estructura isolarteral: el parénquima en empalizada se presenta en ambas caras de la hoja. El parénquima esponjoso se sitúa en el centro, entre ambos. Los estomas pueden estar distribuidos en ambas superficies.

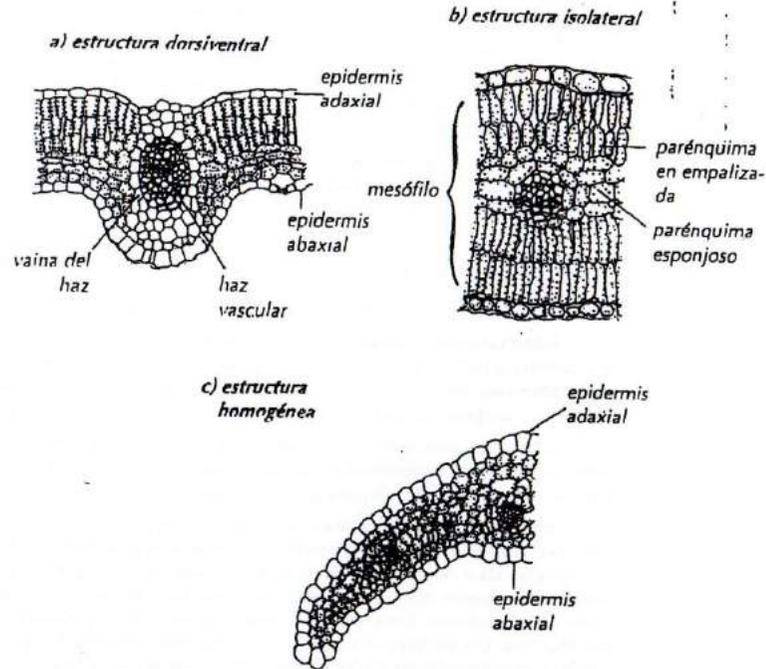
Estructura homogénea: la estructura de una hoja de Gramínea difiere de las descritas. No hay empalizada ordenada ni parénquima esponjoso típico, sino una alternancia más o menos uniforme de haces con una o dos vainas parenquimáticas, con mayor o menor desarrollo de esclerenquima abaxial y adaxial "trabando" los haces entre epidermis. Estos haces y su tejido de sostén acompañante alternan con clorénquima. Los estomas se localizan en el hipófilo o en el epifilo y suele haber células especializadas en el plegamiento foliar (células buliformes).

LA HOJA GIMNOSPÉRMICA

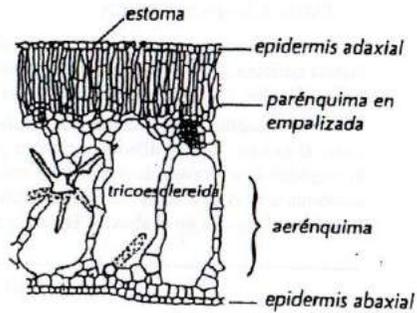
Estas hojas presentan en C.T. una epidermis con paredes engrosadas por una espesa cutícula, y estomas hundidos. Los estomas suelen estar dispuestos en hileras longitudinales. Hay una hipodermis fibrosa, excepto por debajo de los estomas.

El mesófilo está formado por células parenquimáticas con invaginaciones hacia el lumen. No hay diferenciación en parénquima en empalizada y esponjoso. El mesófilo está atravesado por canales resiníferos (tejido secretor). El tejido vascular forma uno o dos haces contiguos de posición central, con el xilema en el lado adaxial y el floema en el abaxial. El haz vascular está rodeado por una endodermis

ESTRUCTURA DE LA HOJA ANGIOSPERMICA

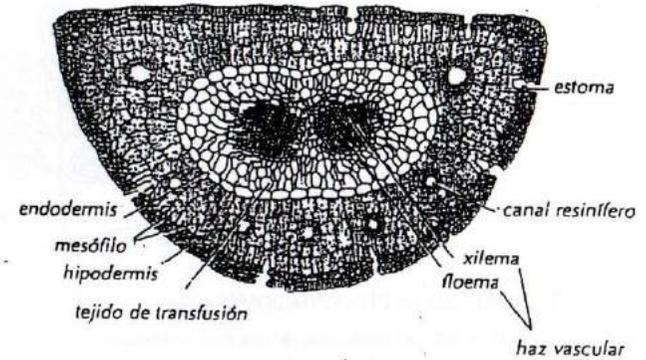


ESTRUCTURA DE HOJA DE PLANTA ACUÁTICA



de paredes gruesas que en su estado adulto presenta células lignificadas y suberificadas. Entre la endodermis y el haz existe una zona de tejido de transusión formada por traqueidas y células del parénquima. Tiene como función asegurar la distribución de agua en el mesófilo.

HOJA GIMNOSPERMICA

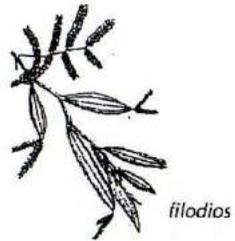


MODIFICACIONES DE LA HOJA

Las hojas normales de la planta reciben el nombre de nomófilos. Gran cantidad de plantas poseen hojas modificadas totalmente o parcialmente para cumplir con otras funciones o como adaptación al medio. Entre las modificaciones más comunes se encuentran:

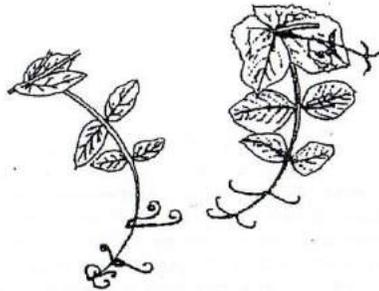
- **Espinas:** son órganos endurecidos y puntiagudos, lignificados, con tejido vascular. Puede transformarse en espina toda una hoja o sólo una parte de ella (ápice, margen). Su función principal es disminuir la pérdida de agua por reducción de la superficie foliar (plantas adaptadas a vivir en ambientes secos o xerófitas); otra función es la de protección contra predadores. Ej: espinas de los cactus.
- **Filodios:** son pecíolos dilatados y laminados que sustituyen a las láminas de las hojas, por lo general totalmente atrofiadas. Su función es fotosintética. Ej.: acacias (Leguminosas).
- **Catáfilas:** son hojas sin clorofila, no asimiladoras, vinculadas con funciones de protección o almacenamiento o ambas a la vez; generalmente se asocian con la protección de tallos subterráneos y yemas laterales bajas. Ej.: hojas asociadas con bulbos.

- **Brácteas:** son hojas más o menos escamosas, reducidas, verdes o no, que se encuentran en la planta en diversas posiciones. Generalmente acompañan a otros órganos, como ramas, otras hojas, pecíolos, etc. Ej.: brácteas de las inflorescencias.
- **Zarcillos:** son estructuras que se originan por modificaciones del limbo foliar o parte de él, como medio de sostén y fijación en plantas volubles o trepadoras.



filodios

zarcillos foliares

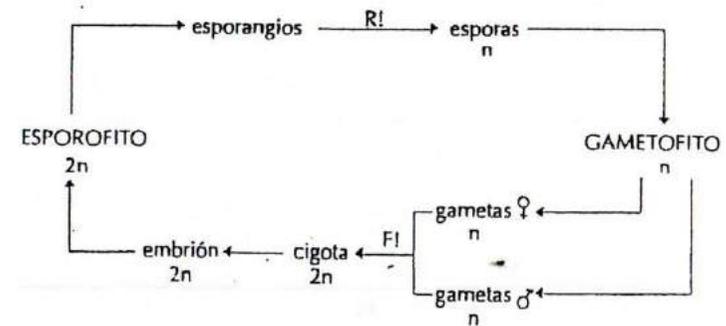


CICLO DE VIDA EN CORMÓFITAS

El desarrollo completo de una planta vascular, a partir de una espora o una semilla, pasando por diversas etapas hasta producir, nuevamente, esporas o semillas, se cumple mediante la alternancia de generaciones de diferente ploidía que producen, cada una, diferentes clases de células reproductivas.

Una de estas generaciones es diploide, forma células reproductoras asexuales (las esporas), por un proceso reduccional y constituye la etapa predominante del ciclo: es lo que conocemos como "planta" visible: el helecho, el pino, la hierba o el árbol. La otra generación, más reducida en tiempo de vida y tamaño, es haploide y produce células reproductoras sexuales (las gametas), encargadas de la reproducción sexual. Se llama **esporofito** a la planta productora de esporas, y **gametofito** a la que produce gametas. Cada generación sucede y origina a la otra: la espora n del esporofito produce por germinación al gametofito; las gametas del gametofito se unen entre sí para restablecer la condición diploide $2n$ en un cigoto, que formará a un nuevo esporofito. Las esporas y las gametas son células haploides. Además de estar en distintas generaciones, se diferencian porque las esporas germinan y experimentan mitosis, mientras que las gametas no pueden dividirse sino se unen previamente con otras de signo o sexo diferente.

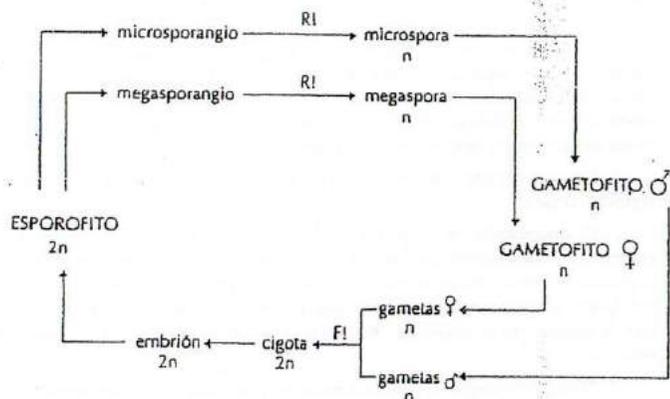
Se podría resumir diciendo que las plantas vasculares tienen un ciclo de vida **digenético heteromórfico $D(h+d)^n$** con **alternancia antitética de generaciones**; es **digenético** porque hay dos generaciones, una esporofítica y una gametofítica; la **alternancia es antitética** porque se suceden diferentes fases nucleares, n y $2n$; y es **heteromórfico** porque el aspecto morfológico de las generaciones es distinto.



ISOSPORIA Y HETEROSPORIA

En muchas plantas vasculares (especialmente las Pteridofitas, conocidas como helechos y plantas afines con los helechos), las esporas n formadas por el esporofito son todas iguales, existe **isosporia**. Cada una de estas esporas, dará origen a un gametofito hermafrodita, con anteridios y arquegonios.

En algunas Pteridofitas y en las plantas vasculares "superiores" (Gimnospermas y Angiospermas), las esporas son diferentes y existe **heterosporia**. Las diferencias son morfológicas y fisiológicas: hay esporas de mayor tamaño, **macrosporas o megasporas**, que originan gametofitos femeninos, y esporas menores, **microsporas**, que forman gametofitos masculinos. Esto va acompañado por una diferenciación de los esporangios: hay **microsporangios** formadores de microsporas, y **megasporangios**, generadores de megasporas.



REDUCCIÓN DEL GAMETOFITO Y SUPERPOSICIÓN DE GENERACIONES

En las Pteridofitas isosporadas el gametofito, si bien mucho más pequeño que el esporofito, es una planta fotosintética y de vida independiente. Pero a medida que se progresa en la observación de los distintos grupos de cormófitas se constata una progresiva reducción del gametofito, que se va simplificando y se hace cada vez más dependiente del esporofito. En todas las plantas heterosporadas los gametofitos germinan dentro de la pared de la spora (**gametofitos endosporicos**). En Gimnospermas y Angiospermas, además, la megaspora es retenida dentro del esporangio. La fecundación del gametofito femenino desarrollado por germinación de la spora, se produce dentro del mismo megasporangio que lo ha retenido (nucelo del óvulo). El resultado es la formación de una estructura característica que actúa como órgano de dispersión: la semilla.

FECUNDACIÓN Y POLINIZACIÓN

En las plantas vasculares la reproducción sexual es llevada a cabo por la fusión de gametas morfológicamente diferentes. En las Pteridofitas las gametas masculinas (anterozoides) son células móviles, flageladas que requieren la presencia de agua para alcanzar a la oófera inmóvil. En las plantas con semilla (Gimnospermas y Angiospermas) no es la gameta aislada la que se traslada, sino el gametofito masculino completo encerrado en la pared de la microspora (grano de polen). El traslado del polen es conocido como **polinización**. Junto al megasporangio, donde se alberga el gametofito femenino, el grano de polen forma un tubo polínico, por donde se trasladan las gametas hasta la ovocélula. Estas gametas, salvo escasas excepciones, no presentan flagelos.

RESUMEN

- El ciclo de vida de las cormófitas es $D(h+d)!$, con el esporofito como generación predominante y gametofito reducido.
- Sólo un grupo de Pteridofitas es isosporado, con esporas iguales entre sí y gametofito hermafrodita de vida libre (exosporico). Todas las demás cormófitas (Pteridofitas heterosporadas, Gimnospermas y Angiospermas) son heterosporadas, con dos tipos de esporas y esporangios, y gametofitos endosporicos unisexuales.
- En las Pteridofitas las gametas masculinas son flageladas y se desplazan por el exterior para la fecundación (requerimiento de agua).
- En Gimnospermas y Angiospermas:
 1. La megaspora es retenida en el megasporangio, por lo que el gametofito femenino queda también "escondido" en el mismo.
 2. Las gametas masculinas no se desplazan por el exterior sino que son "transportadas" por dentro de un tubo polínico.
 3. El megasporangio con sus envolturas (óvulo) luego de la fecundación se transforma en una semilla.

PTERIDOFITAS

Las Pteridofitas reúnen numerosos grupos de plantas vasculares. Incluyen los "helechos" (pteridofitas isosporadas) y varias clases de plantas afines con los helechos, isosporados o, más raramente, heterosporados. Representan un taxón numeroso, complejo y diverso, así como también muy antiguo. Se habría originado en el Devónico inferior y algunos de los linajes primitivos han llegado hasta la actualidad, mientras que muchos se han extinguido.

Las Pteridofitas son cormófitas con alternancia de generaciones bien manifiesta, independientes en el tiempo y en el espacio. La generación esporoítica, más desarrollada que la gametoítica, se encuentra diferenciada en raíz, tallo y hojas.

Las raíces difieren, por su ontogenia, de las raíces de las otras plantas vasculares: las Pteridofitas son plantas homorrhizas en las cuales el polo radicular original, lateral en el embrión, se atrofia tempranamente, ya que aquél está vinculado, durante las primeras etapas de su desarrollo y por medio del pie (órgano haustorial opuesto al polo caulinar embrional) al gametofito nutriente. Sólo cuando la madurez del esporofito hace necesaria una mayor proporción de nutrientes, éste se separa del gametofito y produce una raíz definitiva que recibe el nombre de caulógena.

Los tallos son rizomas rastreros, suberectos o erectos. Estructuralmente pueden ser más o menos simples o sumamente complejos, debido a la actuación de dos procesos de gran importancia evolutiva y morfológica: la progresiva parenquimatización central de los ejes vasculares y la aparición del megafilo, ambos responsables de la progresiva complejidad estelar del grupo.

Las expansiones laminares pueden ser de tres tipos:

- **enaciones**, sin vascularización. Ej.: *Psilotum*.
- **microfilos**, cuyo único nervio es un haz vascular formado por xilema y escaso parénquima floemático. Ej.: grupos primitivos.
- **megafilos**, conocidos comúnmente como frondes, con vernación circinada característica. La lámina puede ser simple o varias veces dividida (pinnada, bipinnada, etc.).

Los esporofilos son expansiones laminares asociadas con esporangios.

Los helechos son plantas generalmente herbáceas, de tamaño variable. Algunos helechos actuales desarrollan un rizoma erguido, fuertemente sustentado por bases foliares leñosas y esclerosadas persistentes, y alcanzan hasta dos metros de altura: se trata de las plantas conocidas como "helechos arborescentes", de aspecto palmiforme.

Habitan preferentemente zonas de clima moderado y humedad más o menos constante. Por lo general se trata de plantas umbrófilas, aunque algunas familias actuales presentan adaptaciones relacionadas con el xeromorfismo y el halomorfismo.

MORFOLOGIA REPRODUCTIVA

ESPORANGIOS

Los esporangios pueden estar asociados con ejes caulinares o, más comúnmente, con expansiones laminares. Los microfilos llevan esporangios solitarios en la axila de su cara adaxial. Estos esporofilos pueden agruparse en áreas fértiles determinadas los **estróbilos**.

Los megafilos llevan numerosos esporangios por fronde fértil. Se distribuyen y asocian en forma variada, pero siempre aparecen en la cara abaxial. En algunos casos los esporangios se distribuyen por toda la superficie de la lámina, condición denominada **acrosticoide**, pero en otros se agrupan constituyendo soros. Cuando los esporangios se sueldan entre sí por sus paredes constituyen **sinangios**.

Los soros son muy variables en forma, protección y posición en la lámina. Pueden ser: a) **desnudos**, b) estar protegidos por el margen reflexo de la lámina que forma un **seudoindusio** o c) estar protegidos por una formación epidérmica membranácea, el **indusio**. A veces los soros se ubican uno a continuación de otro, formando conjuntos notablemente **alargados** llamados **cenosoros**.

Según su origen y su estructura los esporangios pueden ser **eusporangios** o **leptosporangios**.

El **eusporangio** se origina a partir de varias células iniciales de posición epidérmica. Cada esporangio de este tipo tiene pie muy corto o carece de él y una cápsula de pared pluristratificada. Lleva un número elevado y generalmente indefinido de esporas. No presenta células especializadas en la dehiscencia. Este tipo de esporangio se observa en Pteridofitas primitivas y Pteridofitas afines con los helechos.

El **leptosporangio** se origina a partir de una única célula epidérmica y tiene un número generalmente bajo y definido de esporas. Está formado por un pie pluricelular y una cápsula de pared unistratificada, y presenta una serie de células vinculadas a la apertura, el estomio. Relacionado al estomio se presenta en la pared del esporangio un anillo de dehiscencia con células con engrosamientos en "U" en sus paredes. El leptosporangio es característico de los helechos típicos, también llamados "leptosporangiados".

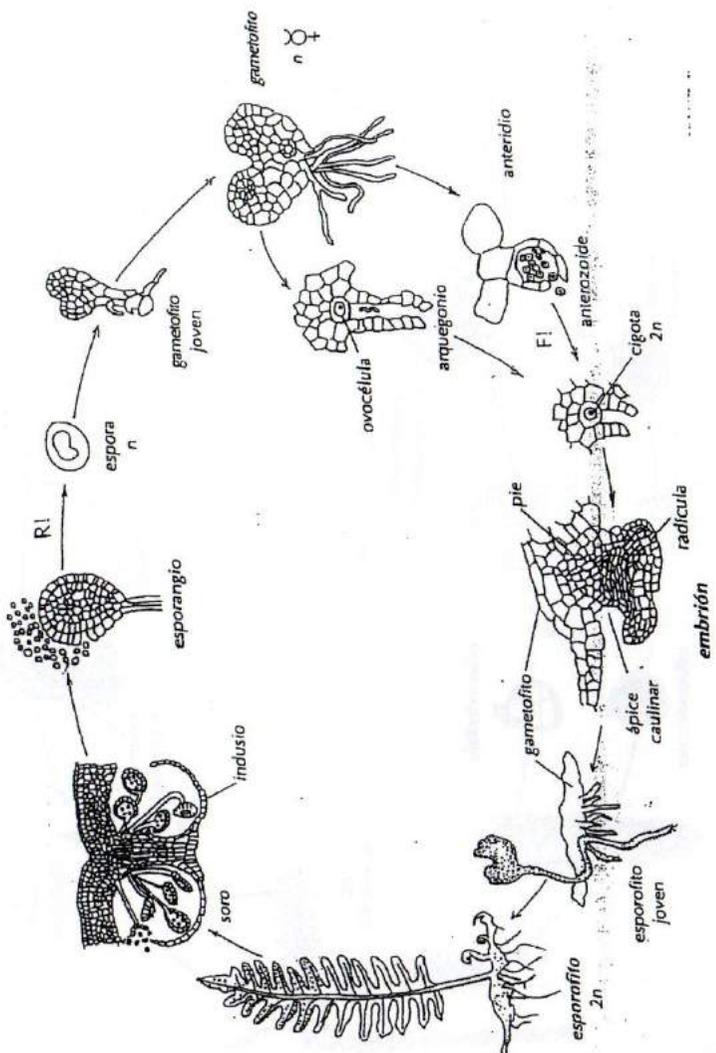
ESPORAS

Se forman en el interior de los esporangios. Hay Pteridofitas que producen un solo tipo de esporas, son **isosporadas**. Otras forman dos tipos: **microsporas** y **megasporas** y se las denomina **heterosporadas**.

CICLO DE VIDA DE UNA PTERIDOFITA ISOSPORADA.

Un ejemplo de Pteridofita isosporada es *Nephrolepis* sp., el helecho serrucho. En el envés de las frondes del **esporofito** diploide se encuentran los **esporangios**

CICLO DE VIDA DE UNA PTERIDOFITA ISOSPORADA



conteniendo esporas haploides originadas por meiosis en el tejido esporógeno. Las esporas caen al suelo y, en condiciones apropiadas de humedad germinan dando origen al gametofito hermafroditico (protalo), inconspicuo. Este produce, a partir de células epidérmicas de su cara ventral, los gametangios: anteridios y arquegonios. Los anteridios están formados por unas pocas células y en su interior se forman los anterozooides flagelados. Los arquegonios son más complejos y constan de un cuello de varias células que emergen de la superficie del gametofito, y de un vientre donde está contenida la ovocélula.

La ovocélula fecundada o cigota permanece contenida en el arquegonio mientras se desarrolla un embrión. Este embrión se mantiene unido al gametofito por medio de un pie, ya que el mismo le sirve de cuerpo nutricional hasta la formación de las primeras hojas. A medida que el embrión crece, el gametofito, el pie y la primera raíz mueren. Entre tanto se ha ido desarrollando el rizoma asociado con las hojas y portador de raíces caulógenas

En Pteridofitas hay formas alternativas de reproducción que no involucran vías sexuales ni asexuales. Por medio de propágulos, yemas y bulbillos se pueden originar nuevos esporofitos sin que medie la producción de gametofitos. Estos propágulos, yemas y bulbillos pueden localizarse en los extremos de las frondes o del raquis.

En otros casos, los gametofitos pueden producir propágulos o yemas en su propio tejido, sin que se formen gametangios. Estas excrescencias del gametofito crecen y originan nuevos esporofitos por una vía que evade la fecundación y la necesaria intervención de gametas, por lo que el fenómeno se conoce como apogamia.

Quando se originan gametofitos a partir de grupos de células del esporofito (generalmente localizadas en áreas inmaduras o meristemáticas como el margen foliar), se evade la producción de esporangios y esporas, por lo que el fenómeno recibe el nombre de aposporia.

En los esporofitos apogámicos y gametofitos apospóricos, no se produce recombinación genética ya que ha sido evadida la reproducción sexual, lo cual es una desventaja en cuanto a la variabilidad de las poblaciones. La ventaja de estos procesos reside en que se pueden reproducir plantas en áreas o períodos desfavorables, ya que la reproducción sexual requiere agua abundante y alta humedad ambiente.

CICLO DE UNA PTERIDOFITA HETEROSPORADA

Se utilizará para explicar este ciclo una pequeña planta de áreas tropicales y subtropicales: *Selaginella* sp. Estas plantas tienen aspecto musgoso, con microfilitos dispuestos espiraladamente o en hileras. Crecen en forma de pequeñas matas, más o menos apoyantes, con algunos de los ejes erguidos.

Todas las especies de este género forman estróbilos o conos. Estos se presentan en posición terminal en las ramas y llevan esporofilitos dispuestos en 4 hileras. Los

FOTOCOPIADOR
Hoja ... 24 de ... 32

esporangios agrupados en los estróbilos son de 2 clases: **microsporangios** y **megasporangios**. Los esporofilos asociados con estos 2 tipos de esporangios se llaman respectivamente: **microsporofilos** y **megasporofilos**. Los estróbilos pueden llevar sólo microsporangios o megasporangios, o ser mixtos.

Los microsporangios forman gran cantidad de **microsporas haploides**.

Los megasporangios son de mayor tamaño y forman una **tétrada de megasporas**.

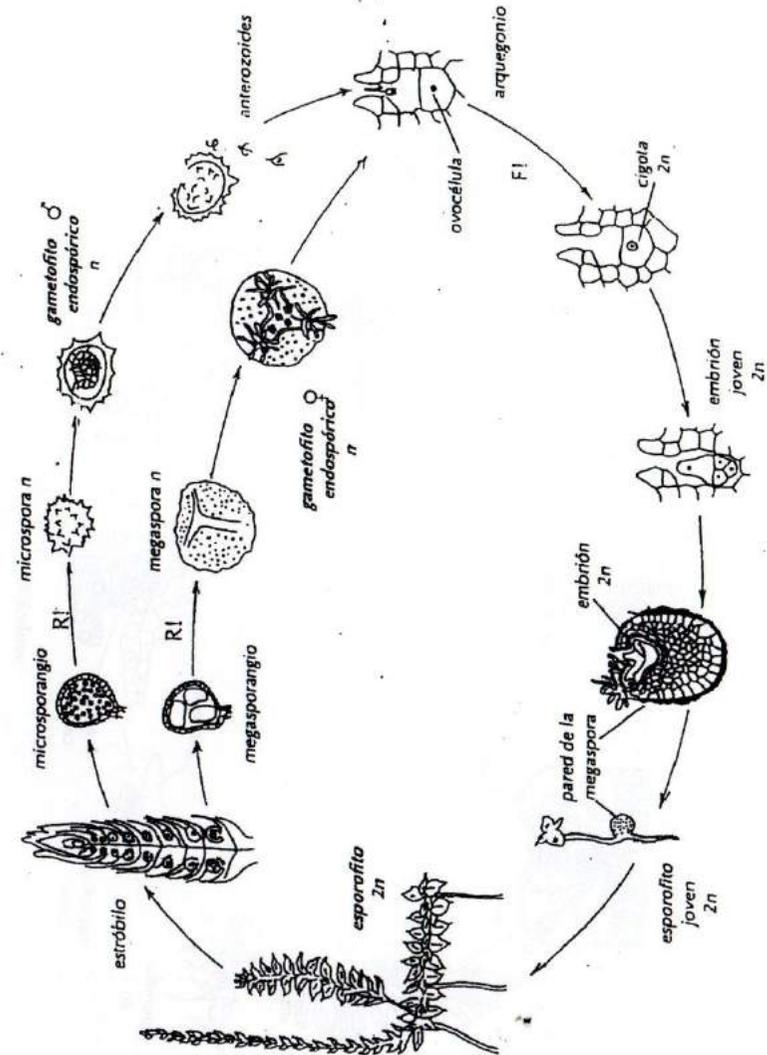
Los protalos de las Pteridofitas heterosporadas son **endospóricos**, reducidos y formados por pocas células, y se desarrollan en el interior de cada tipo de espora.

El microprotalo o **gametofito masculino** presenta **anteridios** que producen **anterozooides biflagelados**, que se liberan por desintegración y ruptura de la pared de la microspora.

El macroprotalo o **gametofito femenino** se desarrolla cuando la megaspora está aún dentro del megasporangio. Produce **rizoides**, células reservantes y **arquegonios** con una **ovocélula** cada uno. La fecundación se produce sobre la planta madre y el embrión, formado a partir de la cigota, vive durante un tiempo nutriéndose a expensas de las células reservantes del macroprotalo, al cual lo une un pie o haustorio.

El embrión se desarrolla en una nueva planta que se fija al sustrato y crece independientemente en un **esporofito diploide** portador de estróbilos o conos.

CICLO DE VIDA DE UNA PTERIDOFITA HETEROSPORADA



GIMNOSPERMAS

Las Gimnospermas son plantas antiguas descendientes de las Progimnospermas del Devónico. Exhiben una larga historia evolutiva que llega hasta el presente, en el curso de la cual muchos grupos alcanzaron su apogeo y se extinguieron, en tanto que otros llegaron hasta la actualidad.

Los caracteres más importantes del grupo, desde el punto de vista evolutivo y biológico, son: la aparición de óvulos y la formación de semillas.

Los óvulos se asocian a grupos de ramas modificadas para la protección (estróbilos), o retienen un tipo ancestral de posición terminal sobre los ejes.

La aparición del óvulo se relacionó con el desarrollo de una semilla, órgano de latencia que protege al embrión hasta que se presentan condiciones favorables para su desarrollo. La semilla es el resultado de la maduración del óvulo después de la fecundación, y su aparición es una ventaja evolutiva muy grande respecto de los grupos que no la poseen.

Desde el punto de vista del hábito general de la planta, las gimnospermas muestran dos modelos o tendencias:

- cicadoide:** plantas de aspecto palmiforme; ejes columnares no ramificados; hojas divididas con plan pinnado y estructuras caulinares internas con xilema escaso en relación con el parénquima cortical y medular (estructuras manoxíficas). Las estructuras de reproducción se asocian a ejes u hojas y, ocasionalmente, aparecen estróbilos.
- coniferoide:** plantas con aspecto de árboles de copa cónica (monopodios); hojas reducidas por lo común xeromorfas y estructuras caulinares internas con marcado desarrollo del xilema y escaso parénquima (estructuras picnoxíficas). Las estructuras reproductoras se asocian a estróbilos simples o compuestos.

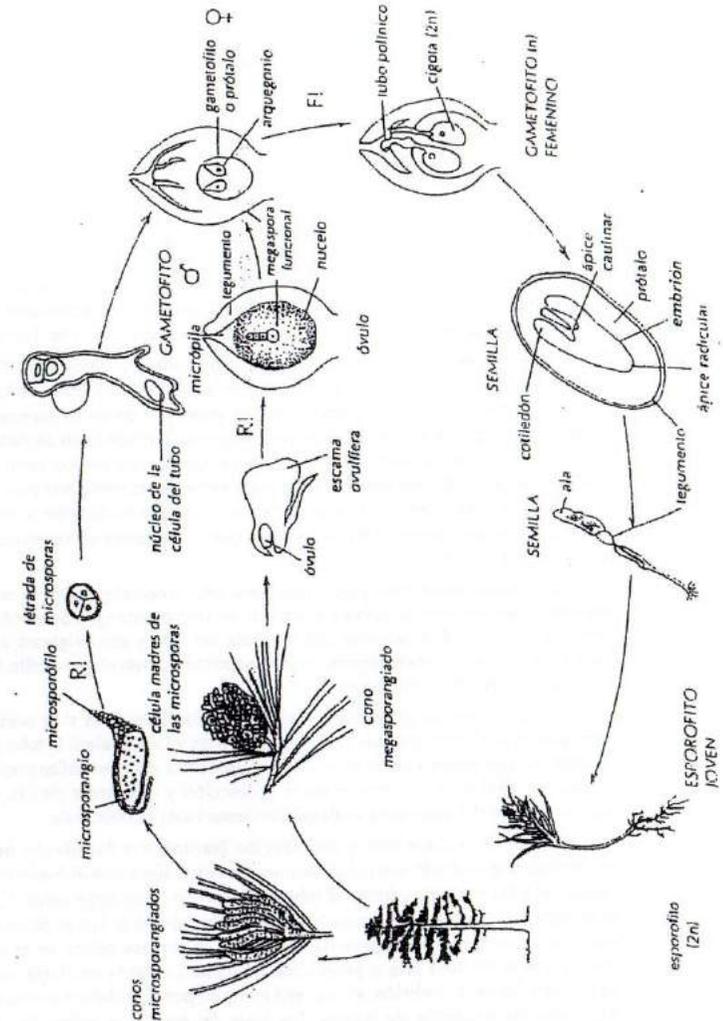
CICLO DE VIDA DE UNA CONÍFERA

La planta con su raíz, tallo y hojas constituye el **esporofito** ($2n$). Las coníferas se caracterizan por la producción de **estróbilos** cónicos de dos tipos: conos megasporangiados (ovulados o "femeninos") y conos microsporangiados ("masculinos").

Los **conos megasporangiados** constan de un eje central con brácteas pequeñas dispuestas en espiral. En la axila de cada bráctea está presente una escama ovulífera de consistencia leñosa que lleva 1-2 óvulos.

El **óvulo** es una estructura diploide que, luego de varios procesos fisiológicos, se convertirá en semilla. Un óvulo gimnosperámico típico está formado por un cuerpo carnoso parenquimático denominado **nucelo**, protegido por una envoltura de 2-3 capas llamadas **tegumento**. El tegumento solamente está interrumpido en un pequeño

CICLO DE VIDA DE UNA GIMNOSPERMA (Pinus)



poro llamado **micrópila**. El óvulo se inserta sobre la escama ovulífera por medio de un corto pedicelo o bien es sésil. Todas las partes del óvulo son $2n$.

En el nucelo tendrá lugar el proceso de megasporogénesis, es decir, de formación de la megaspóra y, a partir de ella, de un gametofito femenino. Esto tiene lugar de la siguiente manera: una célula del nucelo experimenta meiosis y da origen a 4 megasporas (n) que se ubican en forma lineal. Una es funcional y las 3 restantes colapsan. La **megaspóra funcional** es la que va a constituir el protalo (n) multicelular o **gametofito femenino** que se desarrolla por completo en el interior del nucelo y a expensas de éste. En el protalo se diferencian de dos a numerosos **arquegonios**, cada uno de los cuales está destinado a contener una **oófera**.

Los **conos microsporangios** son más sencillos y tienen una vida relativamente corta, ya que en general se marchitan una vez que el polen madura. Están compuestos por un eje central sobre el cual se disponen helicoidalmente numerosos microsporangios. Cada uno lleva en su cara inferior dos **microsporangios** en los que tendrá lugar la meiosis y se formarán los **granos de polen** (microsporas).

El grano de polen es muy liviano ya que tiene 1-2 cámaras aeríferas y es dispersado por el viento (polinización anemófila) hasta la micrópila de los óvulos. La falta de dirección en el transporte de los granos de polen es superada por la producción de grandes cantidades de polen con mucha capacidad de flotación por su tamaño, su falta de viscosidad y sus sacos aéreos. Los óvulos contribuyen al proceso de captación del polen produciendo secreciones pegajosas muy similares al néctar. Las microsporas o granos de polen se forman en tétradas a partir de la meiosis de células madres de las microsporas que forman parte del tejido esporógeno de los sacos polínicos.

Las **microsporas** comienzan a germinar originando el **gametofito masculino**, mientras se encuentran todavía en el interior del microsporangio. Se dividen dando varias células; una de ellas producirá la **célula del tubo** y otra originará 2 **gametas masculinas** que carecen de flagelos y son transportadas hasta el gametofito femenino por medio de la célula del tubo.

En Coníferas las gametas carecen de flagelos, pero éstas sí se presentan en otros grupos de Gimnospermas actuales (Cycadales y Ginkgoales). El tubo polínico, formado en este grupo a partir de una célula específica del gametofito masculino es un avance evolutivo importante en la protección y transporte de las gametas, independientes del agua para su desplazamiento hasta la ovocélula.

Luego de la dispersión y polinización (transporte y llegada del polen a la micrópila), el gametofito masculino termina su desarrollo sobre el óvulo mismo. La célula del tubo se alarga y forma el **tubo polínico** que crece largamente. Cuando la ovocélula está madura se produce la **fecundación**, que es la fusión de una gameta masculina con la ovocélula (gameta femenina). La primera célula $2n$ es la cigota, con la que se inicia la **fase o generación diploide**. La cigota se divide numerosas veces para formar el **embrión**, el cual está rodeado por el protalo materno donde se acumulan las sustancias de reserva. Por fuera del protalo se hallan los restos del nucelo y por fuera de éste el tegumento del óvulo que a la madurez formará el

tegumento de la semilla. En las Gimnospermas suelen formarse varios embriones (poliembrión) pero la competencia entre ellos lleva a la supervivencia de uno solo.

La **semilla** es el resultado de la fecundación y agrandamiento del óvulo posterior a la fecundación. La semilla es una combinación de dos generaciones esporofíticas y una gametofítica.

La aparición de la semilla en las Gimnospermas determinó ventajas fisiológicas, morfológicas y adaptativas enteramente nuevas, ya que se trata de una estructura que requiere escasa cantidad de agua, lleva cubiertas protectoras y tejido nutritivo para el embrión en desarrollo, y tiene la posibilidad de permanecer en estado de latencia, con lo cual la planta logra evadir períodos de sequía desfavorables o bien condiciones limitantes prolongadas.

Las sustancias de reserva que sirven para sostener al embrión en estas semillas, provienen del protalo femenino y son por consiguiente, haploides. Estas semillas son llamadas **protaladas**.

ANGIOSPERMAS

MORFOLOGÍA DE LA FLOR ANGIOSPÉRMICA

Las estructuras reproductivas de las Angiospermas se agrupan en flores típicas del grupo y únicas en el reino vegetal. Cada flor es, por lo tanto, un órgano complejo formado por diversas partes, que alberga, protegiéndolos, al gametofito femenino y al masculino.

Desde el punto de vista descriptivo, consiste de un eje determinado, originado en un meristema latente de funcionamiento generalmente definido, y que se agota en la formación de la flor. Ese eje lleva órganos laterales aplanados o no, verdes, variadamente coloreados, llamativos o insignificantes, al menos para el ojo humano.

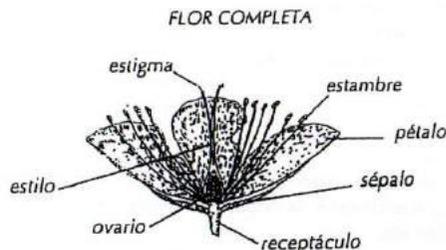
Algunos de los apéndices laterales se asemejan a hojas, debido a esto se puede interpretar la flor como un sistema de hojas modificadas. También se puede considerar la flor como un eje estrobilar complejo reducido en el curso de la evolución y derivado de ancestros gimnospérmicos, ya que la vascularización del eje floral es más compleja que el de una rama simple, y porta órganos laterales que no son homólogos de hojas (ovario, óvulos). Las ideas de la flor como un sistema de hojas modificadas o como un eje estrobilar complejo reducido son opuestas desde el punto de vista teórico, aunque la segunda tiene un fuerte apoyo en la evidencia fósil.

A continuación, en forma descriptiva, se analizarán las partes florales.

VERTICILOS FLORALES

Tomando una flor, se puede encontrar en ella una serie de verticilos o ciclos superpuestos de órganos laterales. Desde la base del pedicelo floral hacia arriba los verticilos son:

- el **cáliz**, formado por elementos llamados sépalos
- la **corola**, formada por elementos llamados pétalos
- el **androceo**, formado por elementos llamados estambres
- el **gineceo**, formado por elementos llamados carpelos



Una flor es **completa** cuando esta formada por todos los verticilos, y es incompleta cuando carece de alguno de ellos.

El **cáliz** cumple función de protección de las demás piezas florales cuando la flor es todavía un pimpollo. En general los sépalos son verdes aunque en algunos casos pueden ser de otro color y en este caso se denomina **cáliz corolino** o **petaloide**. Si los sépalos están unidos entre sí, el cáliz es **gamosépalo** y si se encuentran libres, **dialisépalo**.

La **corola** cumple funciones de protección y reclamo. Sirve para atraer a los polinizadores, por lo que generalmente los pétalos se presentan coloreados diversamente. Al igual que el cáliz puede ser **gamopétala** o **dialipétala**, según presente pétalos unidos entre sí o separados.

El conjunto de cáliz y corola recibe el nombre de **perianto**. Si ambos ciclos se diferencian entre sí, la flor es **heteroclamídea**. A veces, como ocurre en las Monocotiledóneas, la forma y colorido de estos dos verticilos son semejantes; en este caso se habla de **perigonio** y la flor es **homoclamídea**. Sus piezas florales se llaman **tépalos** (ej.: lágrima de la Virgen).

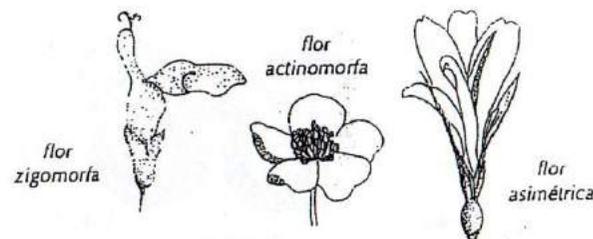
Si la flor carece de perianto o de perigonio recibe el nombre de flor **desnuda** o **aclamídea** (ej.: sauce, arce, etc.).

Cada verticilo floral tiene un número de piezas constante para cada especie. En las Monocotiledóneas el número es 3 o múltiplo de 3 y por ello las flores son **trímeras**; en las Dicotiledóneas es de 4, 5 o múltiplos de 4 o 5, razón por la cual las flores son **tetrámeras** o **pentámeras** respectivamente.

De acuerdo con la simetría, las flores pueden ser:

- 1- **actinomorfas**: tienen más de un plano de simetría, (ej.: amapola, rosa china).
- 2- **zigomorfas**: cuando poseen un solo plano de simetría. Las flores zigomorfas son frecuentes en plantas adaptadas a la polinización por ciertos insectos y aves, (ej.: conejito, taco de reina, orquídeas, etc.).
- 3- **asimétricas**: cuando carecen de simetría, (ej.: achira).

SIMETRÍA FLORAL



El **androceo** constituye el verticilo que está asociado con el origen del gametofito masculino. Cada unidad del androceo es un **estambre**. Cada estambre está formado por un **filamento** y una **antera** en la parte superior del mismo. La antera está constituida por dos **tecas** y cada una de éstas suele llevar dos **sacos polínicos** (microsporangios), donde se formarán los **granos de polen** o microsporas. Las dos teclas están unidas por un tejido llamado **conectivo**.

La relación entre el número de estambres y pétalos o tépalos es constante en muchas flores y existe, de acuerdo a ello, una terminología floral:

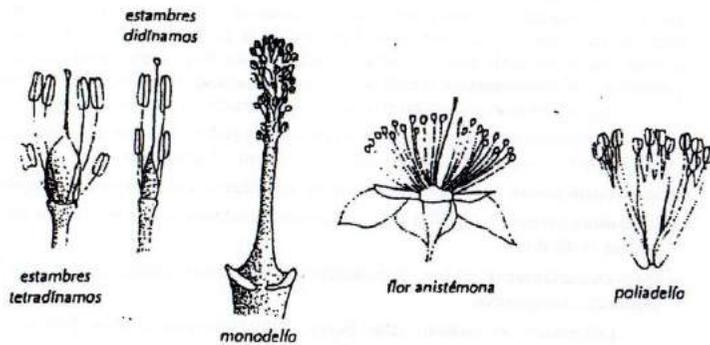
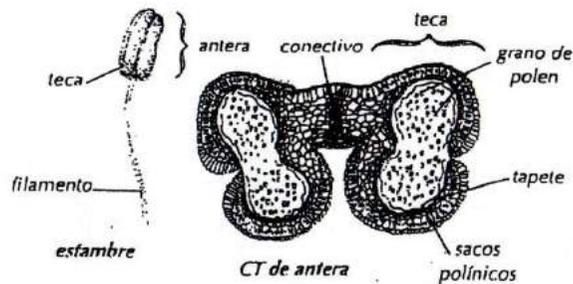
- **flores isostémonas**: flores con un número de estambres igual al de pétalos o tépalos.
- **flores diplostémonas**: aquéllas con un número de estambres que es el doble del de pétalos o tépalos.
- **flores anisostémonas**: no hay vinculación visible entre el número de piezas de los verticilos comparados.

Los estambres pueden estar **libres** o diversamente unidos. Según esto, tendremos:

- **androceo monadelfo**: los estambres están soldados entre sí por sus filamentos constituyendo un solo grupo (ej. rosa china; farolito japonés).
- **androceo diadelfo**: los estambres están soldados entre sí por sus filamentos constituyendo dos grupos (ej. leguminosas).
- **androceo poliadelfo**: los estambres están soldados entre sí por sus filamentos formando varios grupos (ej. *Citrus*).

También pueden variar las longitudes relativas de los filamentos estaminales. En androceos **didínamos** hay dos estambres largos y dos cortos; en androceos **tetradínamos** hay cuatro estambres largos y dos cortos.

ANDROCEO



A veces los estambres son estériles, se foliarizan y se los denomina **estaminodios**. Generalmente están relacionados con la atracción de polinizadores.

El gineceo está constituido por los carpelos. Estos forman una cavidad llamada **ovario**. Un ovario puede estar formado por un solo carpelo, doblado y soldado, o por más de dos carpelos unidos entre sí. El ovario es una estructura novedosa, sin homologías evidentes, si se compara las Angiospermas con grupos vasculares menos evolucionados. Cada ovario es una cavidad que contiene (y origina por medio de iniciales de sus paredes internas) óvulos, asentados en áreas llamadas **placentas**. Los óvulos son los sitios donde tendrá lugar la meiosis, megasporogénesis y megagametogénesis.

Si los carpelos se encuentran libres se trata de un gineceo **dialicarpelar** (ej.: *Crassula* sp.); si están unidos entre sí se denomina gineceo **gamocarpelar**. Según el número de carpelos será un gineceo **unicarpelar**, **bicarpelar** o **pluricarpelar**. Los carpelos limitan una o más cavidades denominadas **lóculos**, según el número de éstos, el ovario es **unilocular** o **plurilocular**.

Los carpelos soldados se alargan formando un tubo macizo o hueco denominado **estilo** que sirve para proyectar el **estigma**, extremo receptivo donde se depositarán los granos de polen.

Cuando una flor tiene gineceo y androceo es **hermafrodita** o **bisexual**, y si carece de uno de los ciclos mencionados la flor es **unisexual**.

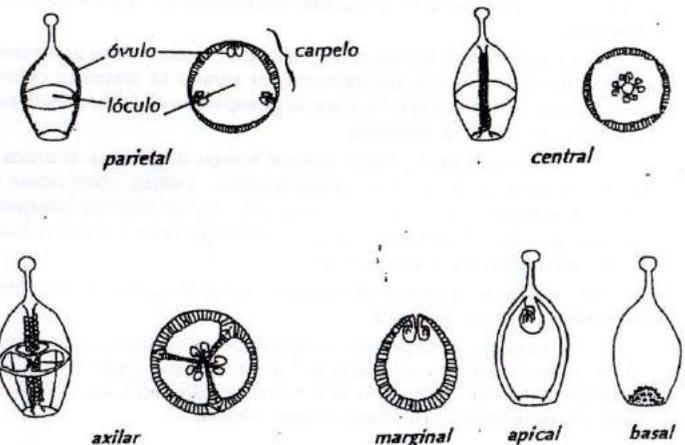
En plantas **monoicas** se presentan flores unisexuales femeninas y masculinas en el mismo individuo. En plantas **dióicas**, hay individuos con flores unisexuales femeninas e individuos con flores unisexuales masculinas.

TIPOS DE PLACENTACIÓN

Los óvulos están situados en los bordes de los carpelos, en una zona llamada **placenta**. La **placentación** es la disposición de las placentas en el ovario. Los tipos de placentación son:

1) **Parietal**: los carpelos se extienden uniéndose a los vecinos por los bordes

TIPOS DE PLACENTACION



placentarios, constituyendo un solo lóculo; los óvulos se insertan en placentas sobre la pared ovárica, de ahí el nombre de "parietal".

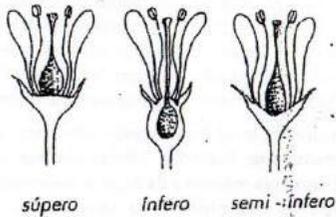
- 2) **Central:** es similar al caso anterior, pero queda una columna central que se extiende a lo largo del ovario donde se ubican las zonas placentarias con los óvulos.
- 3) **Axilar:** representa ovarios gamocarpelares pluriloculares, en los que cada carpelo limita un lóculo, encontrándose los óvulos en la parte central del ovario.
- 4) **Basal:** es similar a la placentación central, pero la columna central se acorta y ocupa sólo la base del ovario. Allí se disponen los óvulos.
- 5) **Apical:** es semejante a la anterior pero la columna placentaria ocupa la porción apical.
- 6) **Marginal:** se presenta en ovarios dialicarpelares o unicarpelares.

POSICIÓN DEL GINECEO

El receptáculo es la zona basal donde se asientan, más o menos próximos, los verticilos florales. Existen tres tipos de gineceo según la posición del mismo con respecto al borde del receptáculo y al resto de las piezas florales:

- 1) **Gineceo súpero** (en flores hipóginas). El ovario se encuentra en la parte superior del receptáculo unido a éste sólo por la base. El resto de los verticilos se inserta por debajo del ovario.
- 2) **Gineceo ínfero** (en flores epíginas). El ovario está soldado al receptáculo y los demás verticilos se insertan por encima del ovario.
- 3) **Gineceo medio o semiínfero** (en flores períginas). El receptáculo es cóncavo y aloja al ovario, que se suelda sólo por su base.

POSICIÓN
DEL
GINECEO



súpero

ínfero

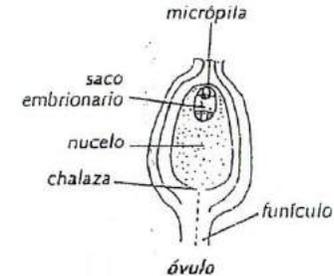
semi-ínfero

ESTRUCTURA DEL ÓVULO

Los óvulos se forman a partir de tejido placentario. Las iniciales ovulares se encuentran en la protodermis de las placentas, conjuntamente con las iniciales de los tegumentos o capas protectoras del óvulo. Los óvulos pueden tener uno o dos tegumentos (unitegumentados o bitegumentados). Cuando hay dos, condición más común, se los llama **primina** y **secundina**. El o los tegumentos rodean al óvulo, excepto en la apertura llamada **micrópila**.

Los tegumentos rodean una estructura más o menos ovoidea, masiva, parenquimática, llamada **nucelo**. El nucelo es diplóide y es importante porque en una de sus células se producirá meiosis y se iniciará la megagametogénesis.

El óvulo está unido a la placenta por un pie o **funículo** que es recorrido por un haz vascular hasta la zona de la **calaza** o **chalaza**, que es la base del nucelo, hasta donde llega la vascularización del óvulo.



POLINIZACIÓN

Es el traslado del grano de polen al estigma de las flores.

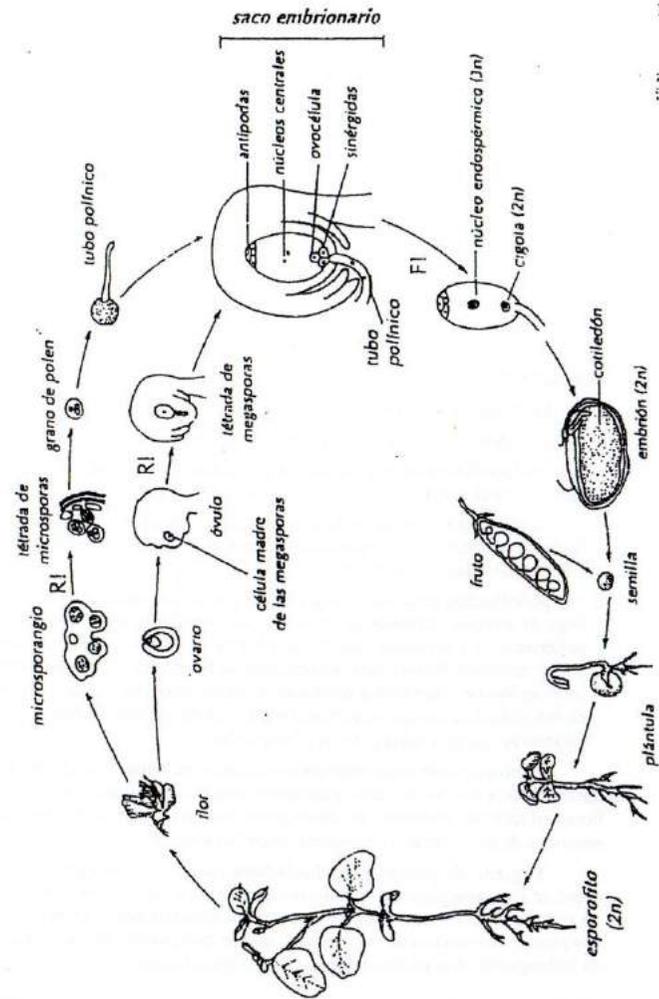
El polen puede llegar al lugar adecuado mediante dos formas:

- 1) por **autopolinización** o **autogamia**: fenómeno que tiene lugar en flores hermafroditas que son fecundadas por su propio polen.
La máxima expresión de la autogamia es la **cleistogamia**, proceso en que las flores no se abren y se autopolinizan. La autogamia también es frecuente en flores poco vistosas (ej.: Gramíneas).
- 2) por **polinización cruzada** o **alógamia**: se produce cuando el grano de polen que llega al estigma procede de otra flor, ya sea del mismo individuo u de otro perteneciente a la misma especie. Esta forma es la más común y se ve favorecida por diversas modificaciones florales, una de las cuales es la **heterostilia**, o sea la producción de estambres y estilos de diferente longitud, observándose así flores de dos clases, unas con estambres largos y estilos cortos o **brevistilas** y otras con estambres cortos y estilos largos o **longistilas**.

También puede haber diferencia temporal en la maduración de los estambres dentro de una misma flor, otro mecanismo que evita la autogamia. En este caso hay flores en que los estambres maduran antes que los estigmas o viceversa: se habla entonces de **protandria** o **protoginia**, respectivamente.

El grano de polen puede trasladarse por medio de agentes no bióticos o bióticos. La **anemogamia** es la polinización llevada a cabo por el viento. La necesidad de asegurar la polinización exige una gran cantidad de polen en el aire y ello obliga a la producción masiva de microsporas, que se caracterizan por su reducido tamaño. La **hidrogamia** es la polinización efectuada por el agua.

CICLO DE VIDA DE UNA ANGIOSPERMA



Los agentes polinizadores bióticos son animales. El fenómeno recibe en general el nombre de **zoogamia**. Sin embargo, de acuerdo con el particular polinizador se habla de flores **entomófilas** o flores polinizadas por insectos; flores **ornitófilas**, o flores polinizadas por aves, principalmente colibríes; flores **quiropterófilas**, o flores polinizadas por murciélagos, etc.

CICLO DE UNA ANGIOSPERMA

En el proceso reproductivo de las plantas con flores se observa una notable reducción de la fase gametofítica y una gran variación morfológica en la fase esporofítica. En las Angiospermas las semillas no están desnudas como en las Gimnospermas. El ovario con sus carpelos está destinado a formar una estructura típicamente angiospérmica: el **fruto**. El fruto contiene las semillas (óvulos fecundados, maduros y modificados que contienen embriones), que son el medio de dispersión de las plantas con flores. El número de semillas contenido en cada fruto es variable.

La **generación esporofítica** es la etapa más visible y familiar del ciclo de vida de una Angiosperma, por ejemplo: un árbol de magnolia, una planta de girasol, un arbusto de lilas o una planta de álamo.

Una flor típica hermafrodita o bisexuada lleva estructuras reproductivas asociadas a dos verticilos: el **gineceo** (formado por carpelos) y el **androceo** (formado por estambres).

En los **estambres**, dentro de los **sacos polínicos** se encuentran las células madres de los granos de polen o microsporocitos. En los microsporocitos tiene lugar la meiosis, luego de la cual se originan **microsporas haploides** o grano de polen unicelular. Para originar el gametofito masculino el grano de polen experimenta una fase multinuclear antes de la dehiscencia de la antera. El núcleo del grano de polen se divide y, luego de formarse paredes, quedan producidas dos células: una célula vegetativa y una célula generativa. La célula generativa será la encargada de volver a dividirse y producir 2 **gametas masculinas**.

En el **óvulo**, en el área nucelar más cercana a la micrópila se encuentran las células comúnmente llamadas **células madres de las megasporas**. Una de estas células experimenta meiosis y da lugar a la formación de una **tétrada de megasporas** o **macrosporas haploides**, una sola de las cuales seguirá el proceso de megagametogénesis (abortando, por lo común, las restantes). Los procesos mencionados llevan a la formación de una estructura única en el reino vegetal: el **saco embrionario**, que no es otra cosa que el gametofito femenino de las Angiospermas, sumamente reducido, paucicelular y protegido.

Hay varios tipos de desarrollo posibles de este saco embrionario. En el 70% de las Angiospermas estudiadas hasta el presente, el proceso de división nuclear que tiene lugar dentro de la megaspóra funcional lleva a la producción de 8 núcleos. Es decir: el núcleo de la megaspóra se divide sin formación de paredes, hasta formar 8 núcleos que se distribuyen, 3 en cada extremo del saco embrionario y 2 en el centro. Una vez así ubicados se forman paredes primarias muy delgadas, o membranas plasmáticas alrededor de los núcleos centrales. Así el saco embrionario tiene 8

componentes: la ovocélula flanqueada por 2 sinérgidas en el extremo micropilar, un grupo de otras 3 células en el otro extremo, llamadas por esa razón células antípodas o grupo antipodal, y 2 núcleos centrales o grupo central.

El grano de polen llega hasta el estigma, llevado por el viento o por otros agentes (insectos, pájaros, etc.) y produce un tubo polínico mediante la evaginación de su pared interna, que reptar por el estilo a medida que crece. Llega al ovario y penetra en el óvulo y en el saco embrionario. Llega a éste a través de las sinérgidas, que pueden colapsar para permitir su entrada. El contenido del tubo se vacía, dejando libres 2 gametas masculinas: una de ellas fecunda la ovocélula, y de esta fusión se origina una cigota $2n$; la otra se une con los núcleos centrales, y de esta fusión proviene el tejido $3n$ que nutrirá al futuro embrión (endosperma triploide). En las Angiospermas, como puede deducirse ahora, el tejido nutritivo es aportado por ambos "padres", de ahí que este proceso completo reciba el nombre de doble fecundación o triple fusión. Es único en todo el reino vegetal, distinguiendo así a las plantas con flores de los demás grupos.

LA INFLORESCENCIA

En Angiospermas, se llama **inflorescencia** a los sistemas de ramas modificadas, destinados a la formación de flores. Estos sistemas suelen estar, más o menos delimitados respecto del área vegetativa.

En las inflorescencias se reduce por lo común la formación de hojas y a menudo las flores, numerosas, se aglomeran. Con ello se compensa la escasa visibilidad de las pequeñas flores particulares; además, para algunos de los animales visitantes, muchas flores pequeñas resultan más atractivas que unas pocas grandes. La hipertrofia de las flores marginales, el desarrollo de flores marginales estériles con función de reclamo o la formación de brácteas coloreadas pueden favorecer el aspecto radiado de la inflorescencia, que resulta ópticamente atractivo para los animales polinizadores. Así se originan finalmente, por división del trabajo entre las flores y constitución de órganos accesorios, nuevas unidades funcionales análogas, en cuanto a la biología floral, a flores particulares. La actividad selectiva de los animales polinizadores está muy relacionada con el origen y perfeccionamiento de estas "superflores" que son muy características de la fase terminal de series evolutivas.

En una inflorescencia se encuentran las siguientes partes: el **pedúnculo** o parte del tallo que sostiene al raquis; el **raquis** o parte del tallo que lleva los pedicelos florales; el **pedicelo** o parte del tallo que sostiene a la flor; y las **brácteas** u hojas modificadas, generalmente de menor tamaño que las hojas comunes, que nacen sobre el raquis o acompañan a las flores.

El raquis puede ser simple o estar ramificado; a veces es aplanado y toma el nombre de **receptáculo**.

La flor es **pedicelada** cuando presenta pedicelo; es **sésil** o **sentada** cuando carece de él.

Las brácteas de las ramas portadoras de flores pueden conservar el carácter de hoja normal (inflorescencias frondosas), pero con frecuencia están simplificadas (inflorescencias bracteosas) o completamente atrofiadas (inflorescencias áfilas).

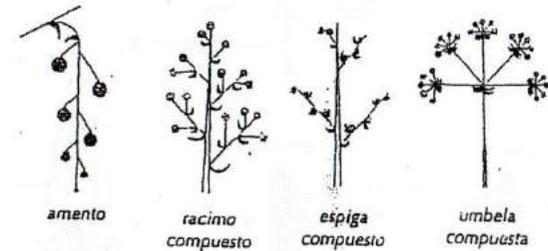
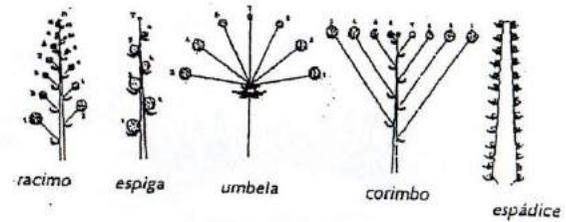
Las inflorescencias pueden derivar de tipos de ramificación monopodiales, llamándoseles entonces **racimosas**, o simpodiales, recibiendo el nombre de **cimosas**.

A veces pueden ser mixtas y tener partes racimosas y cimosas.

TIPOS DE INFLORESCENCIAS

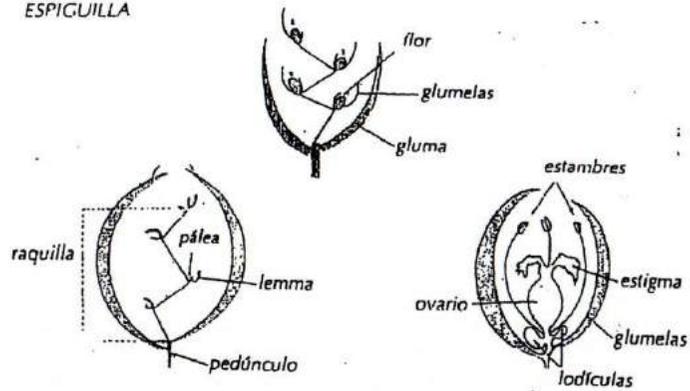
A) **Inflorescencias racimosas**: responden a un tipo de ramificación monopodial. El eje principal detiene su crecimiento después de un cierto tiempo, pero no concluye en una flor terminal, es decir, queda teóricamente abierto. En ciertos casos, estos ejes abiertos de las inflorescencias pueden reanudar su crecimiento vegetativo.

En este tipo de inflorescencia las flores abren en sentido acrópeto, desde la base hacia el ápice; la marcha de la floración es centripeta.

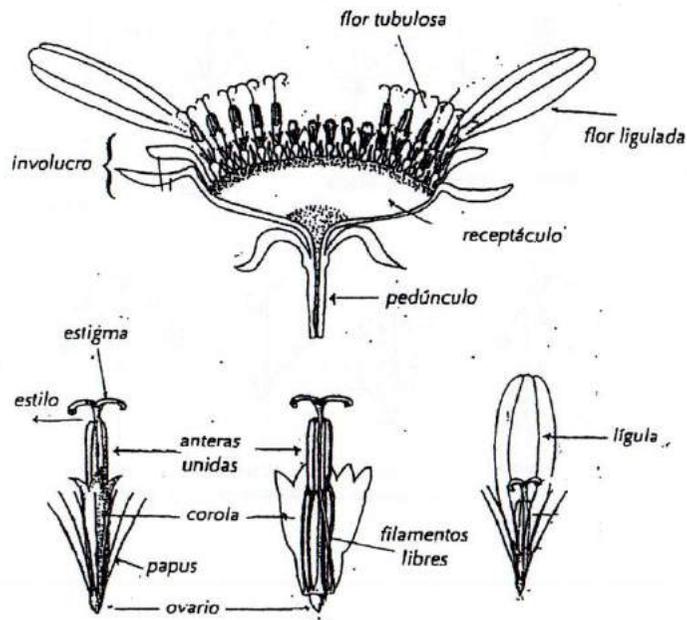


FOTOCOPIADORA
Hoja 28. de 32.

ESPIGUILLA



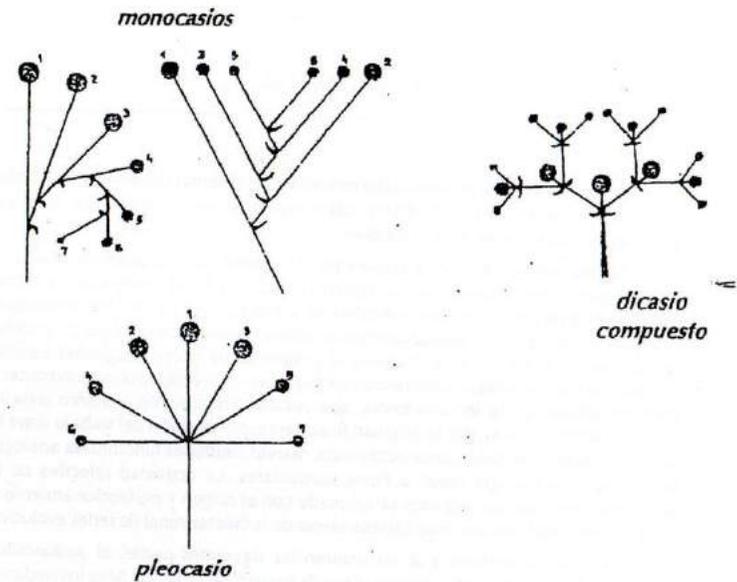
CAPITULO



B) Inflorescencias simples.

C) Flores pediceladas.

- 1- Racimo: raquis indefinido del cual van brotando las flores en pedicelos más o menos equidistantes. Ej: conejito, glicina.
- 2- Corimbo: racimo con pedicelos de longitud variable pero que llegan a alcanzar un mismo nivel al abrirse las flores. Ej: corona de novia.
- 3- Umbela: racimo de raquis reducido a una porción más o menos ensanchada de la cual irradian los pedicelos de las flores. Ej: lágrima de la Virgen.



CC) Flores sésiles.

- 1- **Espiga:** racimo de flores sésiles. Ej: gladiolo.
- 2- **Espiguilla:** espiga formada por un raquis articulado o **raquilla** y protegida por dos brácteas llamadas **glumas**. Las flores son generalmente hermafroditas, no tienen perianto y están protegidas por dos brácteas denominadas **glumelas**. Las glumelas de cada flor son dos: una inferior, externa, carenada, llamada **lemma** y otra superior, interna, bicarenada, llamada **pálea**. El conjunto de la **lemma** y la **pálea** de cada flor constituye el antecio. Es la inflorescencia elemental de las Gramíneas.
- 3- **Espádice:** espiga con un eje generalmente carnosos y flores unisexuales protegidas por una gran bráctea denominada **espata**. Ej: cala.
- 4- **Capítulo:** umbela de flores sésiles dispuestas sobre la extremidad ensanchada del raquis, el **receptáculo**. Este raquis puede ser plano, cóncavo o convexo. El conjunto de brácteas que recubre al receptáculo recibe el nombre de **involucro**. Las flores tienen un cáliz modificado que toma el nombre de **papus**, a veces caedizo o ausente. La corola es gamopétala, con forma de tubo; parte de la misma puede alargarse formando una **ligula**. El androceo está formado por 5 estambres con filamentos libres y anteras soldadas entre sí formando un tubo alrededor del estilo. El gineceo tiene ovario ínfero y el estilo está dividido en 2 estigmas. Puede presentarse un solo tipo de flor, o bien aparecer flores de dos tipos: **liguladas** en la periferia y **tubulosas** en el centro. Es la inflorescencia típica de las Asteráceas: girasol, margarita, caléndula.

BB) Inflorescencias compuestas.

- D) **Homogéneas:** presentan inflorescencias elementales del mismo tipo que la inflorescencia total, como los racimos compuestos (llamados **panojas**) de la vid, las umbelas compuestas del apio y la zanahoria, y las espigas compuestas (espigas de espiguillas) del trigo y el maíz.
 - DD) **Heterogéneas:** presentan inflorescencias elementales de tipo diferente respecto de la inflorescencia total, como los racimos de espiguillas o las panojas de espiguillas.
- AA) **Inflorescencias cimosas:** responden a un tipo de ramificación simpodial. El eje principal tiene crecimiento definido pues su ápice aborta u origina una flor; por debajo de él nacen ejes secundarios que, a su vez, terminan en una flor. Generalmente las flores abren en sentido basípelo; la marcha de la floración es centrifuga.

- 1- **Monocasio:** debajo de cada eje central nace un solo eje secundario. Ej: lirio, nomeolvides.
- 2- **Dicasio:** debajo de cada eje central nacen dos ejes secundarios. Ej: clavelina.
- 3- **Pleocasio:** debajo de cada eje central nacen varios ejes secundarios. Puede tener el aspecto de una umbela (cima umbeliforme).

EL FRUTO

Una vez producida la fecundación de los óvulos, y al mismo tiempo que éstos se van transformando en **semillas**, las hojas carpelares y, muchas veces, estructuras extracarpelares, sufren modificaciones más o menos profundas que conducen a la formación del **fruto**. En sentido estricto el fruto es el ovario maduro que contiene a las semillas. Dicho de otro modo, el fruto es la hoja carpelar desarrollada después de la fecundación de los óvulos y formación de las semillas. Serían excepción los frutos partenocárpicos, es decir aquellos que carecen de semillas, como en bananas, naranja de ombligo, ananá, etc.

Las piezas extracarpelares que pueden contribuir a la formación del fruto son, entre otras, el receptáculo, los sépalos, los pétalos, los estambres, las brácteas y el pedúnculo.

Mientras el ovario se va transformando en fruto, la parte correspondiente de la hoja carpelar puede sufrir distintas modificaciones y, al madurar, recibe el nombre de **pericarpio**. En éste pueden diferenciarse tres capas que corresponden a las dos epidermis y al mesófilo de la hoja carpelar. El **epicarpio** es la capa externa del fruto, se origina de la epidermis inferior del carpelo y puede incluir estratos celulares subyacentes a la misma. En muchos frutos constituye lo que se llama vulgarmente "piel" o "cáscara" y puede presentar aspectos muy diversos: liso (ají), recubierta de ceras (uva, ciruela), glanduloso (cítricos), pubescente (durazno), etc.

El **mesocarpio** proviene del mesófilo de la hoja carpelar y puede tener escaso desarrollo, siendo delgado y seco (maíz) o bien grueso y carnosos (durazno, berenjena) y, en ese caso, almacena diversas sustancias como azúcares, almidón, lípidos, pigmentos, vitaminas, aceites esenciales, etc., cuando madura.

El **endocarpio**, originado generalmente a partir de la epidermis superior del carpelo, puede también incluir algunas capas celulares del mesófilo. Puede tener consistencia carnosa (uva), pétreo formando un "carozo" esclerenquimático (aceituna, damasco) o tener pelos jugosos (cítricos).

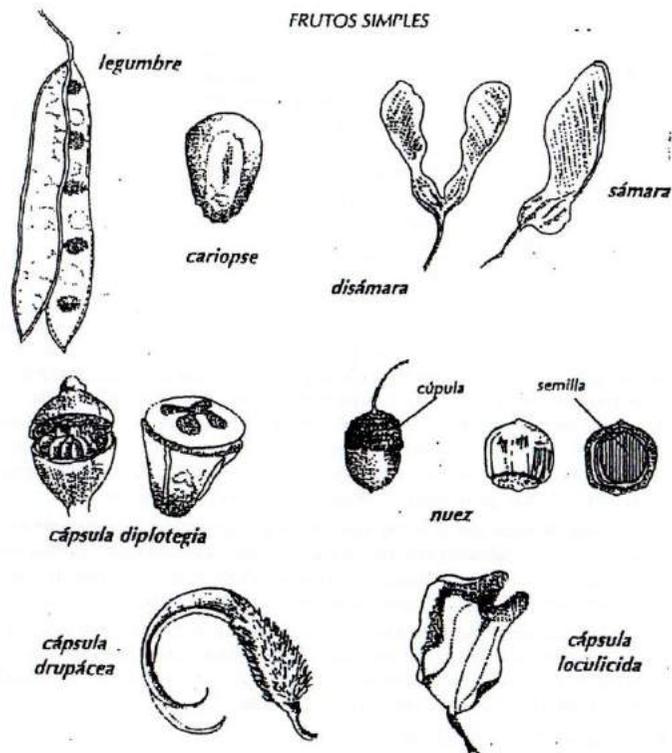
CLASIFICACIÓN DE FRUTOS

Para clasificar los frutos se distinguen, en primera instancia, dos categorías: los que provienen de una sola flor o **monotalámicos**, y los que provienen de todas las flores de una inflorescencia o **politalámicos**, también llamados **frutos compuestos** o **infrutescencias**.

Cuando el fruto proviene de una flor con gineceo gamocarpelar o unicarpelar, se habla de un fruto **monotalámico simple**, y cuando proviene de una flor con gineceo dialicarpelar, el fruto se denomina **monotalámico agregado**.

Los frutos pueden clasificarse también, según la consistencia final del pericarpio, en dos grandes grupos: secos y carnosos. En los frutos secos, todas las capas del fruto en estado maduro se componen de células muertas. En los frutos

FOTOCOPIADORA
Nov. 29. de 57.



carnosos todo o parte del pericarpio se conserva succulento hasta la madurez y se halla formado por células que permanecen vivas.

La **dehiscencia** es la apertura de los frutos en la madurez para permitir la salida de las semillas. Sobre la base de este carácter los frutos se clasifican en **dehiscientes** o **indehiscientes**.

Hay distintos tipos de dehiscencia:

- **dehiscencia septicida:** la apertura se produce por la línea de unión de los carpelos.
- **dehiscencia loculicida:** los frutos se abren por la nervadura media de cada carpelo.
- **dehiscencia septifraga:** la apertura tiene lugar simultáneamente por la línea de unión y por la nervadura media de los carpelos.
- **dehiscencia poricida:** se forman poros de apertura cerca del ápice del carpelo.

CLAVE PARA DETERMINAR LOS PRINCIPALES TIPOS DE FRUTO

A) Frutos monotalámicos.

B) Frutos simples.

C) Frutos secos.

D) Frutos indehiscientes.

E) Derivan de un gineceo infero.

a) **cipsela:** fruto unilocular y uniseminado con semilla libre. Ej: girasol y en general las Asteraceae.

b) **nuez:** fruto uniseminado con pericarpio duro y unido al receptáculo. Ej: avellana, castaña, bellota.

E') Derivan de un gineceo súpero.

a) **aquenio:** fruto unilocular y uniseminado con semilla libre. Ej: Cyperus.

b) **cariopse:** aquenio con semilla soldada al pericarpio. Ej: Gramíneas.

c) **sámara:** aquenio con pericarpio alado. Ej: tipa, fresno, olmo.

d) **disámara:** dos sámaras unidas. Ej: arce.

D') Frutos dehiscientes.

F) Derivan de un ovario unicarpelar.

a) **legumbre:** fruto pluriseminado de dehiscencia septifraga. Ej: Leguminosas en general.

b) **folículo:** legumbre de dehiscencia septicida o loculicida. Ej: espuela de caballero, roble sedoso.

F') Derivan de un ovario bi- o pluricarpelar.

a) **cápsula:** fruto formado por dos a numerosos carpelos, uni- o plurilocular, con numerosas semillas. Según su dehiscencia, las cápsulas pueden ser **septicidas** (azalea) **loculicidas** (algodón, cebolla, jacarandá) **septifragas** (*Cedrella*, *Datura*) o **poricidas** (amapola). Se llama **cápsula diplotegia** a aquella derivada de un ovario infero, dehisciente por la parte superior, característica del eucaliptus.

b) **silicua:** fruto bicarpelar con numerosas semillas de placentación parietal. A la madurez se separan los carpelos y las semillas quedan adheridas a un tabique. Ej: alheli, repollo, nabo. Cuando son cortas se las denomina **silículas**. Ej: bolsa de pastor, moneda del Papa.

C') Frutos carnosos.

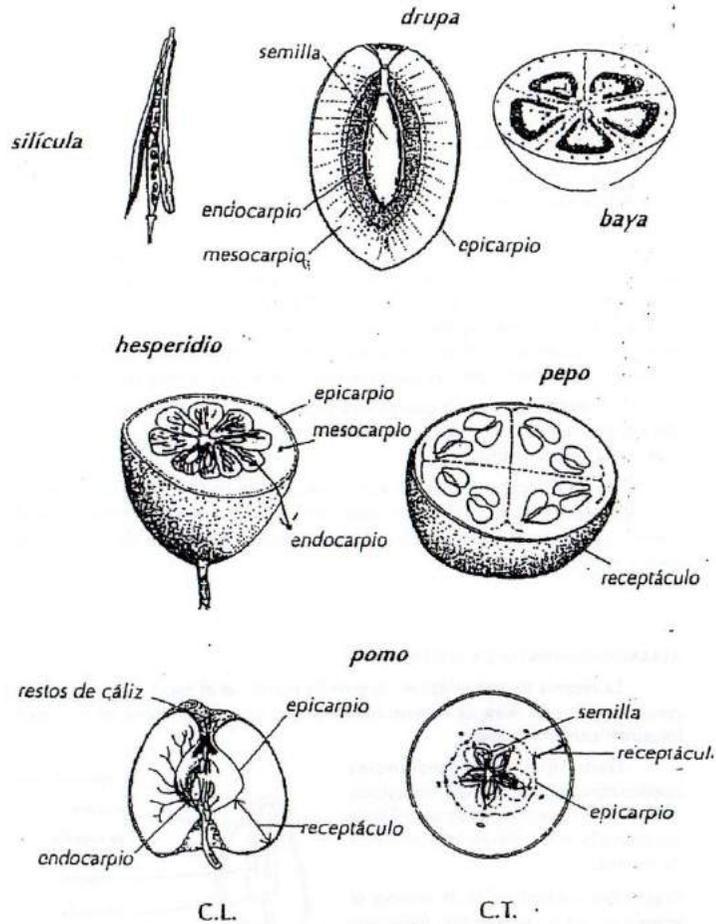
G) Con endocarpio leñoso.

H) Indehisciente.

a) **drupa:** fruto uniseminado, con un carozo. La parte comestible es el mesocarpio carnoso (durazno, ciruela) o la semilla (coco, nuez).

b) **nuculanio:** con varios carozos. Ej: nísperos.

FRUTOS SIMPLES



H') Dehiscentes por el endocarpio.

cápsula drupácea: fruto bicarpelar pluriseminado. Ej: cuernos del diablo.

G') Con endocarpio no leñoso.

a) baya: endo- y mesocarpio carnosos o jugosos. Ej: uva, tomate, banana, berenjena.

b) hesperidio: mesocarpio corchoso, endocarpio con pelos jugosos, placentación axilar; deriva de un ovario súpero. Ej: cítricos.

c) pomo o melónide: deriva de un ovario pluricarpelar, de placentación axilar; endocarpio papiráceo y mesocarpio delgado; receptáculo carnoso y acrescente cubriendo al pericarpio. La parte comestible es el receptáculo. Ej: manzana, pera, membrillo.

d) pepo o pepónide: fruto derivado de un ovario infero unilocular, de placentación parietal. Receptáculo coriáceo o leñoso. Ej: Cucurbitáceas: zapallo, zapallito, pepino, sandía.

B') Frutos agregados.

a) poliaquenos: los frutos parciales son aquenios. Ej: frutilla, con la parte comestible representada por el receptáculo carnoso muy engrosado.

b) polifolículos: los frutos parciales son folículos. Ej: magnolia, *Brachychiton*.

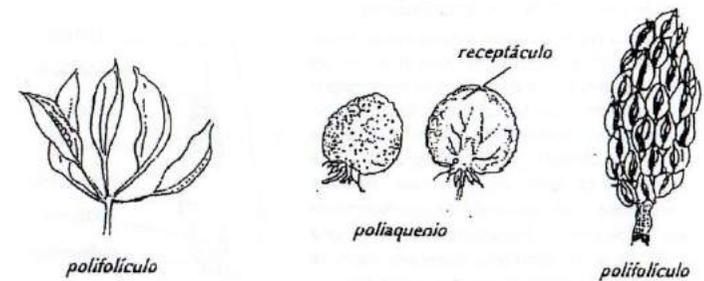
c) polidrupas: zarzamora, frambuesa.

A') Frutos politalámicos o infrutescencias.

a) sorosio: conjunto de frutos carnosos dispuestos sobre un receptáculo común que es carnoso y convexo. Los frutos parciales pueden ser drupas (mora) o bayas (ananá).

b) sicono: receptáculo cóncavo, en forma de botella, dentro del cual se hallan los frutos y las flores masculinas. La parte comestible carnosa es el receptáculo. Ej: el higo.

FRUTOS AGREGADOS



FOTOCOPIADORA
 10/30/2003

LA SEMILLA

El conjunto formado por el embrión en estado latente, acompañado por sustancias de reserva y protegido por un tegumento se denomina **semilla**, la cual, sea aislada o formando parte del fruto, constituye la unidad de dispersión de las fanerógamas. Como "unidad de dispersión" se entiende una estructura provista de las reservas nutritivas necesarias para asistir el desarrollo del embrión y la plántula, hasta que sea capaz de abastecerse por sí misma a través de la fotosíntesis.

El hábito seminífero implica la existencia de un esporofito joven (embrión), que inicialmente se desarrolla a expensas del esporofito de la generación anterior, y del cual se separa luego de haber detenido su desarrollo.

El alto valor adaptativo del hábito seminífero es evidente en el hecho de que las plantas criptógamas (dispersión por esporas) fueron desplazadas por las fanerógamas (dispersión por semillas) de todos los puestos dominantes de la vegetación terrestre. Por otra parte, el hábito seminífero evolucionó independientemente en diversos grupos lo que también muestra a la formación de semillas como una tendencia evolutiva de alto valor adaptativo.

MORFOLOGÍA

Las modificaciones que se producen en el óvulo o rudimento seminal a partir de la fecundación conducen a la formación de la semilla. Por lo tanto, las estructuras que forman la semilla derivan de aquellas que originalmente constituían el óvulo.

El **embrión** se origina a partir de la cigota. Está formado por un eje central y una o más hojas embrionarias denominadas **cotiledones**. En las monocotiledóneas se forma un solo cotiledón aparentemente terminal, y el meristema apical aparece ladeado. En la gimnospermas, el embrión puede presentar de 2 a 15 cotiledones.

La zona por encima del punto de unión de los cotiledones es el **epicótilo**: en su extremo se encuentra la **plúmula**, formada por el meristema apical caulinar del embrión rodeado por primordios foliares. Este ápice mira a la chalaza y está protegido por una estructura en forma de capuchón llamada **coleóptilo**. Por debajo de los cotiledones el eje se denomina **hipocótilo** y presenta una **radícula** en su extremo, orientada hacia la micrópila y protegida por una **coleorriza**.

El **endosperma** se origina a partir de la fecundación de una de las gametas masculinas con los núcleos centrales del saco

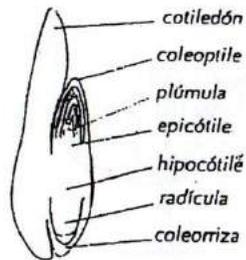


FIGURA 1- Esquema de un corte longitudinal de un embrión de monocotiledónea.

embrionario. Este será el tejido reservante de la semilla, que es consumido por el embrión antes o durante la germinación. También puede desaparecer tempranamente, generando una semilla sin endosperma, en donde la función de reserva es desempeñada por otros tejidos.

En las gimnospermas, que no tienen doble fecundación, el tejido nutritivo deriva del gametofito femenino (protalo), tejido al que algunos autores denominan endosperma primario (haploide), para diferenciarlo del endosperma secundario (triploide) de la angiospermas.

El **perisperma** es un tejido derivado del nucelo que suele presentarse como una capa delgada contra el tegumento seminal, o desaparecer totalmente. En algunas angiospermas se desarrolla y actúa como tejido reservante.

El **episperma** o **testa seminal** se desarrolla a partir del o de los tegumentos del óvulo. Su estructura es muy variable: el Ginkgo está formado por una parte interna esclerificada y un arilo externo carnoso; en los pinos está bien desarrollado y es grueso, con una expansión en forma de ala para la dispersión y una capa interna membranosa. En el caso de la araucaria, el episperma es una película delgada, cubierta externamente por las brácteas soldadas del cono megasporangiado.

En angiospermas de óvulos bitegmentados el episperma puede presentar dos capas, cuando esto ocurre, se reservan los términos testa para la capa externa y tegmen para la interna.

En los frutos indehiscetes, como las cípselas de Compuestas y los cariopses de Gramíneas, el episperma se presenta como una capa delgada y membranosa; en cambio en los frutos dehiscentes, el tegumento se desarrolla de acuerdo con el agente dispersor.

ALMACENAMIENTO DE NUTRIENTES

La reserva de nutrientes en la semilla mantiene al esporofito desde que éste comienza a crecer durante la germinación, hasta que se convierte en un organismo fotosintéticamente activo.

Dado que estas sustancias pueden concentrarse en distintos tejidos, se distinguen cuatro tipos de semillas de acuerdo a la ubicación de las sustancias de reserva:

Protaladas: las sustancias de reserva se acumulan en el gametofito femenino (por ej. gimnospermas).

Endospermatadas: las reservas se acumulan en el endosperma (es el caso de los cereales).

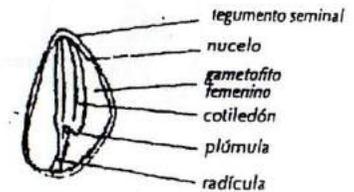


FIGURA 2- Esquema de un corte longitudinal de semilla protalada en pino.

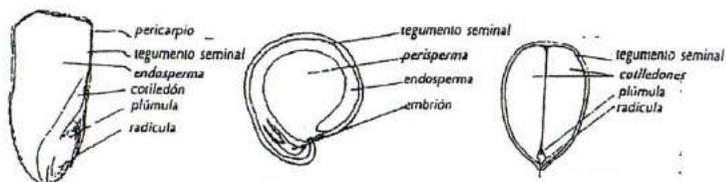


FIGURA 3- Esquema de un corte longitudinal de cariopse de maíz con semilla endospermada.

FIGURA 4- Esquema de un corte longitudinal de semilla perispermada de remolacha.

FIGURA 5- Esquema de un corte longitudinal de semilla exalbuminada de poroto.

Perispermadas: las reservas se acumulan en el *perisperma*, tejido derivado del *nucelo* (como en pimienta, remolacha y clavel).

Exalbuminadas: son las semillas que reservan sustancias directamente en los *cotiledones* del *embrión*, (por ej. poroto, garbanzo y lenteja).

Los principales materiales alimenticios almacenados por las semillas son *carbohidratos*, *lípidos* y *proteínas*. Los hidratos de carbono se reservan como almidón dentro de amiloplastos. Las proteínas se acumulan en forma de cristales o como proteína amorfa, envueltas por una unidad de membrana; y los lípidos como triglicéridos en esferosomas o cuerpos lipídicos. Las semillas suelen reservar sólo una de estas sustancias siendo los lípidos la forma más común por sus altos rendimientos energéticos. Algunas semillas, como el maní y los cereales, presentan las tres sustancias de reserva a la vez.

DISPERSIÓN

Existe una notable variedad de mecanismos por los cuales las especies vegetales dispersan sus semillas. Debemos hacer una primera división entre aquéllas que esparcen sus semillas sin ayuda de agentes externos, como las cápsulas explosivas del falso cafeto (*autocoria*) y las que se sirven de un agente externo para su dispersión (*haplocoria*). Entre las últimas encontramos semillas dispersadas por el viento (*anemocoria*), por el agua (*hidrocoria*), por animales (*zoocoria*) y por el hombre (*antropocoria*).

De acuerdo con el tipo de dispersión, las semillas presentan estructuras especiales que optimizan la acción del agente dispersante, tales como alas, pelos, o sacos aéreos (*anemocoria*), ganchos o sustancias pegajosas (*zoocoria*), cámaras de aire y tegumentos impermeables (*hidrocoria*).

Un caso interesante es el de los frutos carnosos que son ingeridos por animales, siendo sus semillas dispersadas con las heces. Estas semillas poseen tegumentos gruesos que resisten los jugos digestivos del animal, necesitando en algunos casos, el paso obligado por el tracto digestivo para debilitar la cubierta, y así aumentar su poder germinativo.

CRIPTOBIOSIS

Es un fenómeno característico de la semilla, en el cual se produce la interrupción del crecimiento del embrión durante un período variable de tiempo. Esto implica una discontinuidad en la evolución ontogénica del esporofito, que ocupa dos períodos de transformaciones: uno que comienza con la fecundación, abarca la formación del embrión y se produce sobre la planta madre; el otro, de formación del nuevo esporofito adulto, comienza con la germinación. Esta posibilidad de interrumpir el crecimiento del esporofito joven, y a la vez de dotarlo de una fuente energética para las primeras etapas de su desarrollo, son las causas del éxito evolutivo de las plantas con semilla.

Dentro de la criptobiosis, pueden diferenciarse dos fenómenos diferentes:

La **quiescencia**, que es la ausencia de crecimiento por falta de condiciones ecológicas apropiadas (esto significa que ante condiciones ambientales favorables comienza la germinación).

La **dormición**, en cambio, es un estado en el cual, semillas viables no germinan en condiciones ecológicas apropiadas de humedad, temperatura y oxígeno. La dormición puede deberse a numerosos factores endógenos de la semilla, como la presencia de cubiertas mecánicamente resistentes o impermeables (coco, achira, olivo, leguminosas), *embriones morfológicamente inmaduros* (que completan su desarrollo luego de la liberación de la semilla), *semillas fotoblásticas* (que comienzan su germinación en presencia de luz), o la presencia de inhibidores del desarrollo del embrión de naturaleza química, localizados en el fruto, la cubierta seminal o en el mismo embrión.

La función que desempeñan estos agentes es la de evitar que la semilla germine en una época adversa para el desarrollo del embrión, lo que determinaría su muerte.

GERMINACIÓN

La germinación se define como la aparición y desarrollo, a partir del embrión, de aquellas estructuras esenciales que van a dar origen a la planta adulta.

La primera etapa en la germinación es la **imbibición**, es decir, absorción de agua. Intervienen en ella los coloides de la semilla que retienen el agua; estas sustancias son proteínas, pectinas, mucílagos y celulosa, presentes en el endosperma y en los cotiledones. Es un proceso puramente físico, que hace que la semilla se hinche, aunque el embrión esté muerto. Con la imbibición comienza la activación de **enzimas preexistentes** que no actuaban debido a la deshidratación, a la vez que se produce también la **síntesis de enzimas**. Éstas van a degradar las sustancias de reserva para formar azúcares a partir de almidón y lípidos, y aminoácidos a partir de proteínas. Con estas sustancias como materia prima comienza el proceso de **división y alargamiento celular** del embrión. El crecimiento del embrión produce, finalmente, la ruptura del tegumento y la **emergencia de la radícula** o de la **plúmula**, según la especie.

FOTOCOPIA
108.27.02.32

La posición de los cotiledones determina dos tipos de germinación: la *epigea*, primitiva, en la que los cotiledones salen al exterior, y la *hipógea*, derivada, en la que los cotiledones permanecen en la semilla y sólo el epicótilo sobresale de la tierra.

FIGURA 6- Fases en el desarrollo de una planta con germinación epigea.

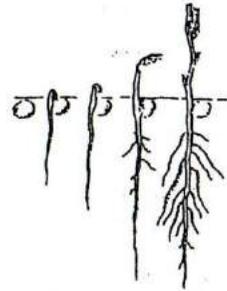
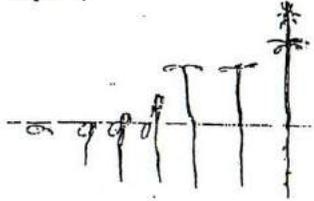
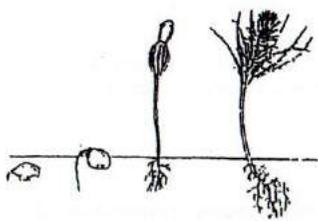
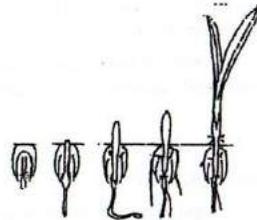


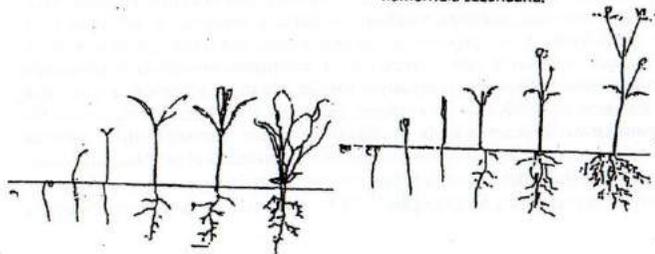
FIGURA 7- Fases en el desarrollo de una planta con germinación hipógea.



Pinus sp.: Semilla protalada, germinación epigea, más de dos cotiledones y aloricia.



Zea mays (Maíz): Semilla endospermada, germinación hipógea, un cotiledón y homorricia secundaria.



Beta vulgaris (Remolacha): Semilla perispermada, germinación epigea, dos cotiledones y aloricia.

Medicago sativa (Alfalfa): Semilla exalbuminada, germinación epigea, dos cotiledones y aloricia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberts, A. et al., 1990. *Biología molecular de la célula*. Ed. Omega, Barcelona.
- Alexopoulos, C. J. & C. W. Hims, 1985. *Introducción a la Micología*. Ed. Omega, Barcelona.
- Ballard, G. 1966. *Anatomía de las plantas útiles*.
- Begon, Harper & Townsend, 1988. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona.
- Bierhost, D., 1971. *Comparative morphology of vascular plants*. Mcmillan Biology Series. The Mc Millan Co, N. York.
- Bold, H. & M. J. Wynne, 1985. *Introduction to the Algae*. 2nd Ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Cocucci, A. & A. Hunziker, 1994. *Los ciclos biológicos en el reino vegetal*. 2da Ed. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina.
- Cortés, F., 1980. *Histología vegetal básica*. H. Blume ediciones. Madrid, España.
- Curtis, H., 1985. *Biología*. Ed. Médica Panamericana. 4ta de. Buenos Aires.
- Cutter, E. G., 1969. *Plant anatomy: experiment and interpretation. I: cells and tissues*. De Arnold, Londres.
- Cutter, E. G., 1969. *Plant anatomy: experiment and interpretation. II: Organs*. Ed. Arnold, Londres.
- De Robertis, E. D. y E. P. De Robertis, 1990. *Biología celular y molecular*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.
- Delevoryas, T., 1967. *Diversificación vegetal*. Serie moderna de Biología. Ed. Continental
- Doyle, W. T., 1966. *Nonvascular plants: form and function*. Fundamentals of Botany Series, Colorado State University.
- Doyle, W. T., 1970. *The biology of higher cryptogams*. The Mcmillan Co. Collier. Mcmillan Ltd, Londres.
- Eames, A., 1961. *Morphology of the Angiosperms*. Mc Graw-Hill Book Co, Nueva York.
- Eames, A. & L. Mac Daniels, 1945. *An introduction to plant anatomy*. Nueva York.
- Esau, K., 1993. *Anatomía de las plantas con semilla*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Esau, K., 1985. *Anatomía vegetal*. Ed. Omega, Barcelona.
- Fahn, A., 1978. *Anatomía vegetal*. Ed. Blume, Madrid.
- Font Quer, P., 1993. *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor, Barcelona.
- Foster, A. & E. M. Gifford, 1974. *Comparative morphology of vascular plants*. 2nd ed. Freeman & Co., San Francisco.

- Couvêa Laboriau, L., 1983. A germinação das sementes. Monografia Nº 24. Serie de biología. Departamento de Asuntos Científicos y Tecnología. Organización de los Estados Americanos.
- Haberlandt, G., 1965. *Physiological plant anatomy*. Today & Tomorrow Book Agency, Nueva Delhi.
- Hale, M. F., 1970. *The biology of Lichens*. Ed. Arnold Pub., Londres.
- Jensen, W. A. & F. B. Salisbury, 1988. *Botánica*. Ed. Mc Graw-Hill, México.
- Lüttge, U. et al, 1993. *Botánica*. Ed. Interamericana Mc Graw-Hill, Madrid
- Montaldi, E., 1995. *Principios de Fisiología Vegetal*. Ediciones Sur, La Plata.
- Nultsch, W., 1975. *Botánica General*. Ed. Omega, Barcelona.
- Raven, P. et al, 1992. *Biology of Plants*. 5th ed. Worth Publishers, Nueva York.
- Rutishauser, A., 1984. *Introducción a la embriología y biología de la reproducción de las Angiospermas*. Ed. Hemisferio Sur.
- Salisbury, F. B. & R. V. Parke, 1968. *Las plantas vasculares: forma y función*. Herrero Hnos Secciones, México.
- Sivori, E. et al., 1980. *Fisiología Vegetal*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Stockler, O., 1959. *Compendio de Botánica*. Ed. Labor, Barcelona.
- Strasburger, E. et al., 1994. *Tratado de Botánica*. 8va ed. Omega, Barcelona.
- Valla, J. J., 1986. *Morfología de las Plantas Superiores*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

CECNYM FOTOCOPI
Folio
Carpet
Hoja 1

FOTOCOPIADORA
Hoja DEIGEN

GTA FOTOCOPIADORA
CeCNYM

MANUAL DE
TEMAS BOTANICOS

Autoras

MARÍA DEL CARMEN LAVALLE
Prof. Adjunto

ADRIANA MENGASCINI
J.T.P.

Cátedra de Introducción a la Botánica
(Facultad de Ciencias Naturales - UNLP)

CECNYM FOTOCOPIADORA
Folio SF
Carpet OF
Hoja 1 32

FOTOCOPIADORA
Hoja
FOTOCOPIADORA

CLASIFICACION DE LOS ORGANISMOS - -

La diversidad de los organismos es grande y desde los comienzos el hombre trató de clasificarlos u ordenarlos en categorías comprensibles. Las clasificaciones fueron variando a medida que aumentaba el conocimiento, y, aún hoy, los sistemas de ordenamiento son variados y todos perfectibles.

La unidad de clasificación (o jerarquía taxonómica) más abarcativa es el reino. Sobre esta jerarquía hay, pese a su abarcatividad, un número variable de opiniones (sobre todo en cuanto al número de reinos que deberían tenerse en consideración). Sin embargo, y debido a los caracteres que se utilizan para reunir a los organismos, una de las clasificaciones más corrientes y aceptadas es la propuesta por Whittaker (1969). Según Whittaker los organismos pueden agruparse en cinco reinos, cuatro de los cuales incluyen organismos tradicionalmente llamados "plantas". Esta clasificación se basa en caracteres citológicos (organización, morfología y complejidad de las células) y metabólicos (nutricionales). Es una clasificación interesante para los biólogos porque también tiene una base evolutiva, ya que da una idea general de la forma en que grandes grupos de organismos tuvieron origen en otros, más primitivos que ellos.

Los cinco reinos son:

Reino Monera: agrupa organismos procariontes y se reúnen aquí las Bacterias y las Cianobacterias (también llamadas vulgarmente "algas azules" por los botánicos).

Reino Protista: reúne todos los organismos tradicionalmente considerados Protozoos, las algas en conjunto (excepto las "algas azules") y algunos grupos de hongos primitivos que no se incluyeron en un reino aparte con el resto de los hongos superiores o más avanzados. El reino Protista es un reino heterogéneo en el que se agrupan eucariotas con tendencia a la pluricelularidad y con una gran diversidad de modelos nutricionales (heterótrofos y autótrofos), muchos de los cuales pueden relacionarse bastante claramente con ancestros procariontes. Los protistas animales (Protozoos), los protistas vegetales (algas en general) y otros grupos se han mantenido en este reino porque su desarrollo morfológico no alcanza el nivel de complejidad necesario para definirlos claramente como plantas, animales u hongos típicos. Por su heterogeneidad, el reino Protista es, biológicamente, muy importante, y los tres reinos más avanzados lo reconocen, en alguno de sus numerosos grupos, como a sus ancestros.

Reino Animalia: reúne los organismos pluricelulares eucariotas más avanzados con un modelo de nutrición que es primariamente ingestiva, y con digestión en una cavidad interna (que puede estar ausente en algunos grupos). Las células no presentan paredes y están ausentes los pigmentos fotosintéticos y los plástidos típicos de la nutrición autótrofa. Han llegado a una significativa pluricelularidad y a un grado de desarrollo que no se encuentra en ningún otro reino, en parte debido a la evolución

de medios de sostén internos especializados (esqueletos) y a la especialización de la movilidad.

Reino Fungi: agrupa los hongos superiores y los líquenes (organismos producto de la simbiosis de algas y hongos); son eucariotas filamentosos, heterótrofos (absorben sus alimentos de otros organismos, vivos o muertos) e inmóviles.

Reino Plantae: está integrado por eucariotas autótrofos (fotosintéticos) totalmente adaptados a la vida terrestre, sin movilidad pero que han alcanzado un grado de desarrollo importante debido a la presencia de paredes celulares más o menos rígidas rodeando la membrana plasmática. Estas paredes son celulósicas y encierran protoplastos que contienen vacuolas y, entre otras organelas, los plástidos en los cuales se lleva a cabo la fotosíntesis.