

## **Tema 38. Morfología y fisiología de las estructuras vegetativas y reproductoras de las Cormófitas.**

2º E.S.O. Bloque III-7. 1º Bach. Bloque 7. El Reino Plantas.
---

### **38.1. Introducción**

### **38.2. El eje vegetal: Raíz y Tallo. Una estructura continua.**

#### **38.2.1. Concepto de Raíz. Morfología . Estructura. Clases**

#### **38.2.2. Concepto de tallo: Morfología, Estructura. Clases.**

### **38.3. Morfología y estructura de la hoja**

### **38.4. Fisiología del Cormo:**

#### **38.4.1. Absorción del agua y sales minerales (savia bruta).**

#### **38.4.2. Mecanismos de circulación del xilema.**

#### **38.4.3. Transpiración**

#### **38.4.4. Fotosíntesis y respiración**

#### **38.4.5. Circulación de la savia elaborada**

### **38.5. Estructuras reproductoras de las Cormófitas. Concepto general de Flor.**

#### **38.5.1. Partes de la flor.**

#### **38.5.2. Criterios de clasificación**

#### **38.5.3. La socialización de las flores. Las inflorescencias**

### **38.6. Características de la reproducción sexual de las Cormófitas:**

#### **38.6.1. La polinización. Fecundación en angiospermas**

#### **38.6.2. Formación de la semilla**

#### **38.6.3. Formación del fruto. Clases**

#### **38.6.4. La diseminación de frutos y semillas. Germinación**

#### **38.6.5. La reproducción vegetativa (OPCIONAL)**

## 38.1. Introducción

Las Cormófitas (Pteridófitas, Gimnospermas y Angiospermas) son las plantas superiores más evolucionadas y diversificadas. Proviene de las algas verdes (Clorofíceas) que han abandonado el medio acuático y colonizado el medio terrestre. Este hecho se pudo producir gracias a las modificaciones de su cuerpo vegetativo (aparición de los tejidos), que permitió la colonización del medio terrestre. Estos tejidos, a su vez, se agrupan en órganos, que pueden ser vegetativos o Cormo (raíz, tallo y hojas) y reproductores (flor y fruto).

El Cormo tiene como funciones: constituir un sistema de fijación eficaz, un sistema de absorción para nutrirse de agua y sales (ambos a cargo de la raíz), un sistema de transporte que asegure el suministro de estas sustancias junto a un sistema de sostén (ambos a cargo del tallo, y un sistema fotosintético desarrollado, fundamentalmente, por la hoja.

## 38.2. El eje vegetal: Raíz y Tallo. Una estructura continua.

Raíz y tallo forman una estructura continua (el eje vegetal), no hay un límite preciso entre ambos.

### 38.2.1. Concepto de Raíz. Morfología . Estructura. Clases

Es el eje del cormo que crece hacia el interior de la tierra (geotropismo positivo). Presenta de ordinario simetría radiada, y al principio tiene aspecto filamentosos. Como ya hemos indicado sirve para fijar la planta al suelo (raíces fijadoras), para lo que se ramifica; para tomar agua y sales (savia bruta), y transportarlas a las hojas (sistema caulinar); puede servir, lo mismo que el tallo y las hojas, para el almacenamiento de sustancias de reserva; lo normal es que realice varias de estas funciones.

#### MORFOLOGÍA

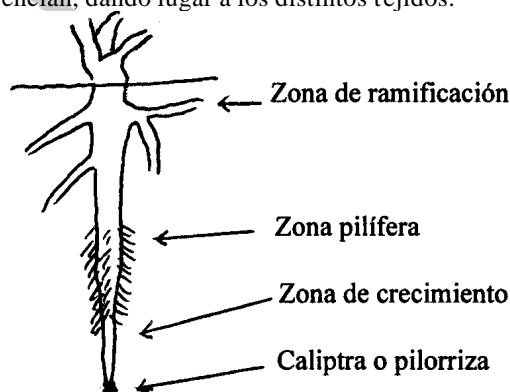
Para explicar la morfología tomamos como referencia a la raíz axonomorfa. ésta presenta cuatro zonas:

- **Zona de crecimiento.**

Es un pequeño sector de entre 5-10 mm de largo situado casi en el extremo apical de la raíz. Contiene tejido meristemático primario, con células en permanente división mitótica. Para protegerlas cuando penetra en el suelo el ápice radical, sirve la **caliptra o piloriza**, que envuelve como un dedal el cono vegetativo propiamente dicho y cuyas células externas se van desprendiendo con el roce del suelo, siendo sustituidas por otras nuevas originadas a partir del meristemo.

- **Zona de alargamiento o de maduración**

Lisa y de color claro, llamada así porque sus células crecen en longitud, debido a que absorben grandes cantidades de agua y se diferencian, dando lugar a los distintos tejidos.



- **Zona pilífera.**

Se localiza a pocos mm de distancia del extremo de la raíz; está provista de pelos formados por expansiones de las células epidérmicas, aumentando así su superficie de contacto con el exterior, favoreciendo una mayor y mejor absorción. La duración de los pelos es efímera, los de la parte superior, más viejos, se secan y desprenden, mientras en la parte inferior se van formando pelos nuevos.

- **Zona de ramificación.**

Es una región desnuda, más o menos desarrollada donde se desarrollan raíces secundarias con la misma morfología que la raíz principal. A esta ramificación se le llama acrópeta (es decir, que progresa hacia el ápice). Esta ramificación favorece el anclaje en el suelo.

## ESTRUCTURA

La estructura de la raíz de Gimnospermas y Dicotiledóneas depende de su edad. La estructura que vamos a describir tiene en cuenta este factor. La estructura de las raíces jóvenes, de menos de un año de vida, se llama primaria, y secundario la que presentan la raíces de más edad.

- **Estructura primaria**

Dando un corte transversal a una raíz, encontraríamos de fuera adentro, las siguientes formaciones:

**a) Cilindro cortical o corteza. Consta de:**

- **Epidermis.** Formada por una sola capa de células de finas paredes sin cutícula. En la zona pilífera, las células emiten unas prolongaciones que son los pelos absorbentes.

Debajo se encuentra la llamada corteza, formada, a su vez, por:

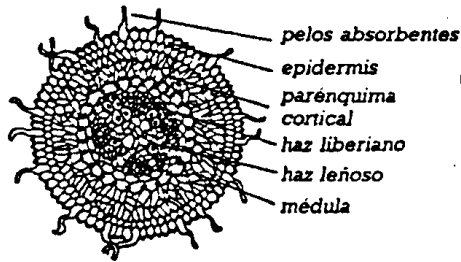
- **Capa de súber.** Más o menos gruesa, está formada por células con paredes suberificadas, por lo que es impermeable. También se le llama exodermis.
- **Parénquima cortical o Felodermis.** Contiene, con frecuencia, productos de reserva. Sus células más externas se transforman en colenquimatosas, dándole mayor rigidez.
- **Endodermis.** Capa única de células de paredes engrosadas excepto en su parte más externa que controla la entrada de agua y sales minerales al interior de la raíz. Se trata de una monocapa de células unidas por las bandas de Caspary, compuesta de suberina y lignina, de modo que forman la banda impermeable citada.

**b) Cilindro central, compuesto por:**

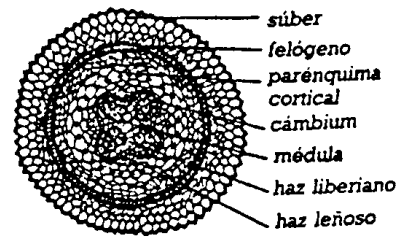
- **Periciclo.** Está formado por una sola capa de células, tiene una gran importancia en la formación de las raíces secundarias. Se trata de células parenquimáticas que separa el cilindro cortical del central.
- **Haces conductores.** Se trata de un anillo de haces leñosos que van alternándose con los liberianos separados ambos por parénquima. Algunos le llaman protofloema y protoxilema respectivamente.
- **Parénquima medular o médula.** Es el tejido parenquimático que ocupa el centro y radios que sepan los haces.

- **II. Estructura secundaria**

**ESTRUCTURA PRIMARIA DE LA RAÍZ**



**ESTRUCTURA SECUNDARIA DE LA RAÍZ**



Difiere de la primaria por la aparición de los meristemos secundarios que determinan el crecimiento en grosor de la raíz.

En el cilindro cortical aparece el **felógeno**, formado a partir del periciclo, que, al multiplicarse activamente, origina hacia fuera capas de tejido suberoso que protegen la raíz, y hacia dentro, parénquima cortical. En el cilindro central aparece el **cambium**, situado entre los haces liberianos y leñosos. Su actividad origina hacia dentro nuevos vasos leñosos, o leño secundario, y por fuera capas de vasos liberianos y fibras.

En la estructura secundaria se observa, además, que la epidermis ha desaparecido, el endodermo es difícil de localizar.

## CLASES DE RAÍCES

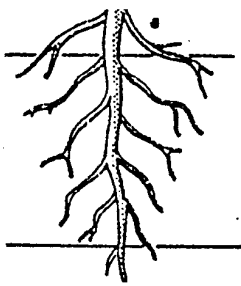
Según el medio en el que se desarrollan distinguimos tres tipos de raíces: **hipogeas** (si crecen en el interior de la tierra), **acuáticas** (si, como los nenúfares, viven en el agua, y aéreas, si crecen en el aire (por ejemplo el mangle, que, al arraigar en el cieno, muy pobre en oxígeno, desarrolla raíces caulógenas, para poder tomarlo).

### Según su forma:

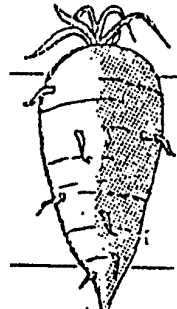
- **Axonomorfas.** La raíz principal está mucho más desarrollada que las secundarias. Son, por lo general, muy profundas y las presentan plantas capaces de buscar agua en el suelo a grandes profundidades (árboles de zonas secas). Típicas de las dicotiledóneas.
- **Fasciculadas.** Todas las raíces tienen el mismo tamaño, parten del extremo inferior del tallo y se hunden poco en el suelo. Son típicas de las monocotiledóneas, por ejemplo, las gramíneas.
- **Adventicias.** Aparecen en distintos lugares del tallo, normalmente sobre un nudo. Frecuentes en plantas con tallos rastreros (por ejemplo, la hiedra).

Conviene señalar **algunas modificaciones** que pueden presentar las raíces, tales como:

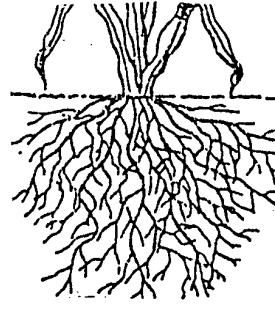
- **Tuberosas.** Si las raíces presentan engrosamientos o tubérculos, cuyo fin es acumular sustancias de reserva. Ej. la dalia, boniato.
- **Napiformes.** Son raíces principales engrosadas total o parcialmente. Función también de reserva. Ej. zanahoria, remolacha azucarera, etc.
- **Haustorios.** Se trata de raíces chupadoras, mediante las cuales algunas plantas parásitas absorben sustancias nutritivas de la planta hospedadora. Ej. El muérdago.



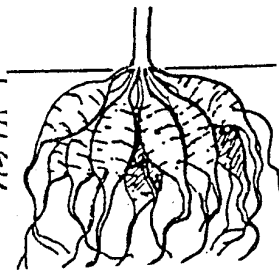
**AXONOMORFAS**



**NAPIFORMES**



**FASCILADAS**



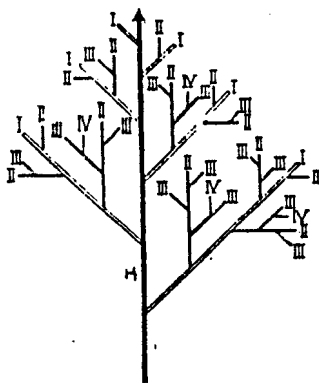
**TUBEROSAS**

### 38.2.2. Concepto de tallo: Morfología, Estructura. Clases.

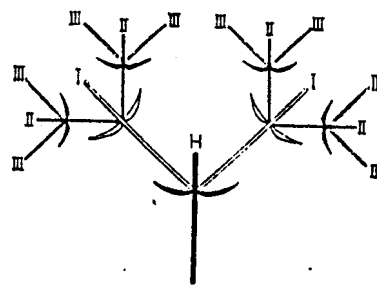
Es la parte aérea de la planta que crece en sentido contrario a la raíz (geotropismo negativo). De él salen las ramas o tallos secundarios, las hojas, flores y frutos. Transporta, además, la savia bruta desde la raíces a las hojas y la savia elaborada desde las hojas al resto del vegetal. En ocasiones puede almacenar sustancias de reserva.

En el ápice del tallo aparecen las **yemas terminales** (serie de hojitas imbricadas que rodean el tejido meristemático responsable del crecimiento en longitud). En muchas plantas las hojas más externas están transformadas en duras escamas. Los **nudos** son zonas del tallo, algo abultadas, de donde salen las hojas; están separados entre sí por los **entrenudos**. Éstos son más cortos a medida que están más próximos al ápice vegetativo. Las **yemas axilares**, se encuentran en las axilas de las hojas, unidas a los nudos, y dan origen a tallos secundarios u hojas (**yemas foliares**); también existen **yemas florales** que darán origen a las flores.

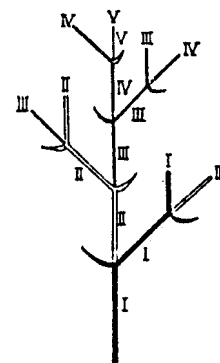
La ramificación del tallo puede producirse de dos maneras: por bifurcación de un eje en otros dos (**ramificación dicotómica**), propia de plantas inferiores (Licopodios y algunas pteridófitas); o formación lateral de ramas hijas en un eje madre que prosigue su desarrollo (**ramificación lateral**). Si los ejes laterales, en este último caso, crecen menos que el principal y quedan subordinados hablamos de **crecimiento monopódico**. El **crecimiento simpódico** tiene lugar cuando, en algunos casos, las ramas laterales se ramifican más que el eje principal que puede, incluso, detener su crecimiento. Las inflorescencias, que estudiaremos después, son un claro ejemplo de la gran diversidad de ramificaciones.



**MONOPÓDICA CON RAMIFICACIÓN LATERAL (H = EJE PRINCIPAL)**



**SIMPÓDICA (DICASIO) H = EJE PRINCIPAL**



**SIMPÓDICA (MONOCASIO) I = EJE PRINCIPAL**

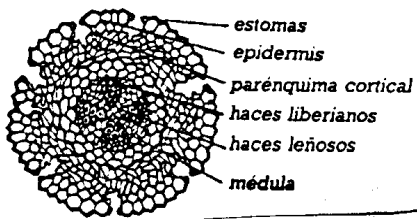
### ESTRUCTURA DEL TALLO

Al igual que en la raíz, podemos distinguir entre estructura primaria y secundaria según la edad de la planta.

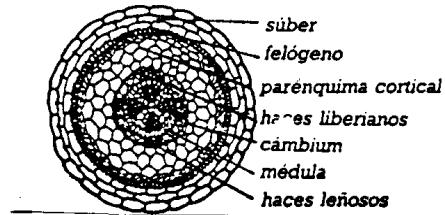
- **Estructura primaria:** No es la misma en todas las fanerógamas pudiendo encontrar dos tipos:

- **Gimnospermas y Dicotiledóneas.** Es similar a la estructura primaria descrita para la raíz, si bien presenta algunas diferencias: La epidermis, más o menos cutinizada, presenta **estomas**; las células del parénquima cortical tienen cloroplastos. La endodermis está formada por un parénquima de reserva rico en almidón. En los haces de vasos conductores los liberianos se disponen hacia la corteza y los leñosos hacia el centro.
- **Monocotiledóneas.** El cilindro cortical consta de: epidermis más o menos cutinizada con numerosos estomas y parénquima cortical clorofílico. El cilindro central está formado por un anillo de esclerénquima que se atribuye al periciclo, parénquima medular y los haces libero-leñosos repartidos en varios círculos concéntricos en lugar de estar en uno solo. Las monocotiledóneas no suelen presentar estructura secundaria.

**ESTRUCTURA PRIMARIA DEL TALLO**



**ESTRUCTURA SECUNDARIA DEL TALLO**



## • II. Estructura secundaria

La presentan, como ya se ha dicho, las Gimnospermas y Dicotiledóneas. La estructura secundaria del tallo y de la raíz son prácticamente iguales con alguna salvedad. La actividad del cámbium es mayor y las capas de xilema que produce cada año son más gruesas.

Las capas de xilema forman los **anillos anuales** de círculos alternos claros y oscuros. Los claros corresponden al xilema, formado durante la primavera, cuyos vasos son más anchos y mayores; los oscuros corresponden al xilema formado durante el verano, que tiene los vasos más estrechos y compactos debido a la escasez de agua.

La savia sólo llega a las hojas por la zona externa más joven del xilema, que es de color más claro (**albura**). Las capas interna del xilema (**duramen**) se lignifican por completo, quedando exclusivamente como elementos de sostén.

## CLASES DE TALLOS

Según su **consistencia**, los tallos pueden ser:

- **Leñosos.** Rígidos, duros y generalmente no verdes, de vida superior a dos años (bianuales). Ej., los árboles.
- **Herbáceos.** Tiernos, verdes y flexibles; pueden ser anuales (crecen en primavera y mueren en otoño), y bianuales, que no mueren al llegar el invierno, solamente pierden las hojas, que les vuelven a brotar en primavera.

Dentro de los herbáceos distinguimos el **cálamo** (junco), la **caña**, con entrenudos huecos, etc.

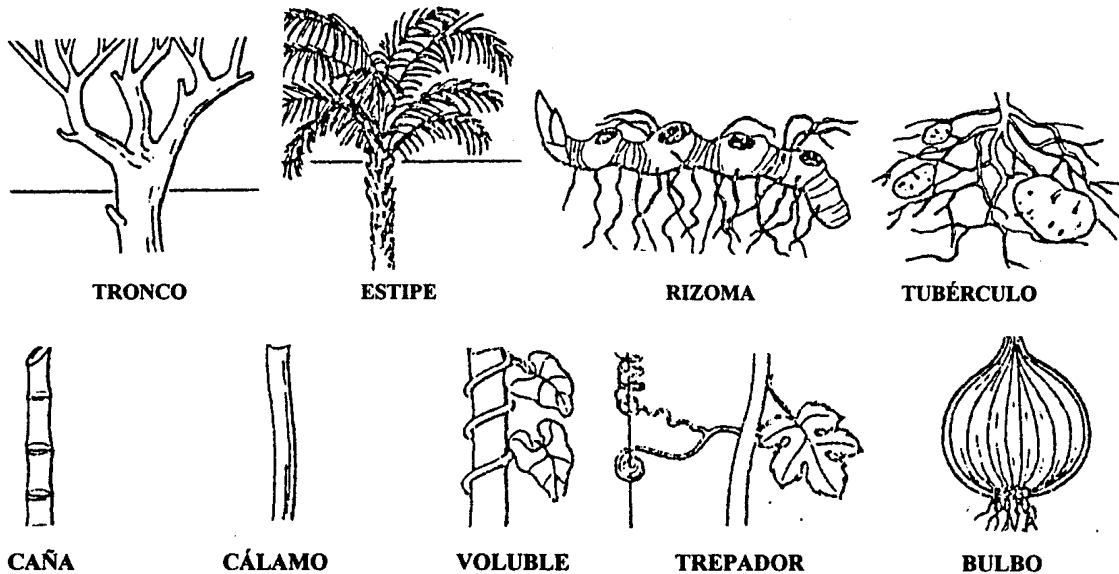
Los **aéreos** son los tallos más frecuentes y, según la **dirección de su crecimiento**, se clasifican en:

- **Erguidos.** Crecen verticalmente. A su vez pueden tener porte herbáceo o leñoso (tronco, **estipe** o palmera).
- **Rastreros o estolones.** Tienen un crecimiento horizontal por la superficie del suelo. Por ejemplo, la fresa.
- **Trepadores.** Se levantan sobre el suelo ayudándose de un soporte, para lo que usan sus raíces adventicias, como la hiedra, **zarcillos**, como la vid, o pequeños aguijones (frambueso), o bien, se enrollan completamente alrededor del soporte (volubles), como la madre selva.

Los **subterráneos** presentan tres tipos principales:



- **Rizomas.** Crecen horizontalmente y, en general, acumulan reservas, por lo que suelen ser voluminosos. Por ejemplo, el espárrago. También dan tallos aéreos que emergen de la tierra, como el lirio.
- **Tubérculos.** Son tallos que almacenan gran cantidad de sustancias de reserva y sirven para la multiplicación vegetativa de la planta (patata). Sus yemas axilares se denominan ojos.
- **Bulbos.** Se trata de yemas subterráneas rodeadas por hojas carnosas (parénquima acuífero), también sirven para la multiplicación vegetativa (cebolla). Son propios de plantas de zonas secas.



Algunas **modificaciones de los tallos** son :

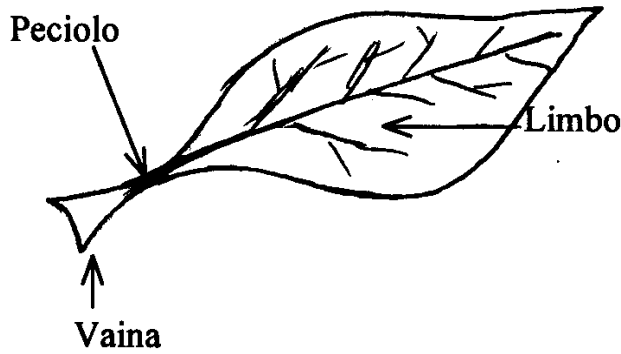
- **Zarcillos.** Ramas filamentosas, sin hojas, que sirven a la planta para sujetarse (vid).
- **Espinas.** Tallos o ramas transformados en púas muy afiladas propias de plantas que viven en medios secos (chumbera, espino albar, aliaga).
- **Tallos suculentos.** Gruesos, esponjosos y sin hojas, almacenan agua. Propios de países desérticos (chumbera).
- **Cladodios.** Son tallos aplanados con clorofila y aspecto de hoja. Se dan en plantas como el Ruscus, en el cual las hojas abortan y los tallos las sustituyen. Su naturaleza de tallo lo revela el hecho de que sobre ellos se forman las flores.

### 38.3. Morfología y estructura de la hoja

La hoja es el órgano vegetal que nace del tallo a nivel de los nudos y crece lateralmente. Es de color verde y su misión más importante es realizar la fotosíntesis (se estudia en el tema 28), de ahí su forma ancha y plana para ofrecer la máxima superficie a la luz solar y servir de lugar de intercambio de  $O_2$ ,  $CO_2$  y vapor de agua.

#### PARTES DE LA HOJA

- **Limbo.** Es la parte laminar. Su cara superior se denomina haz y la inferior envés. Está surcada por una serie de nerviaciones (haces libero-leñosos), por donde circula la savia.
- **Pecíolo.** Es el pedúnculo que une el limbo al tallo. Es más o menos cilíndrico y a veces se ensancha en su unión con el tallo para formar la vaina. actúa de soporte del limbo y sirve para el transporte de sustancias entre el tallo y el limbo. Si falta, la hoja se llama sentada.



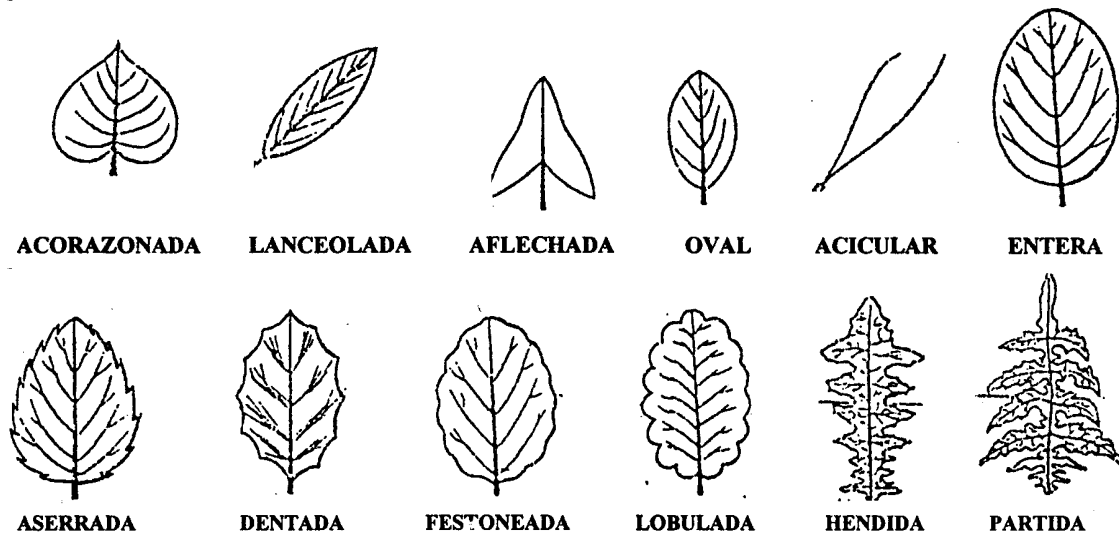
## TIPOS DE HOJA

Son variados los criterios que se utilizan para la clasificación de las hojas, apuntaremos algunos de ellos. Dentro de las hojas pecioladas distinguimos las **simples**, cuando a cada pecíolo le corresponde un limbo y **compuestas**, cuando a un pecíolo le corresponden dos o más limbos (**foliolos**).

**Distintos criterios de clasificación** de las hojas simples:

Forma del limbo	Borde del limbo	Según la Nerviación	Disposición en el tallo
<b>Aciculares.</b> Forma de aguja (Pino).	<b>Enteras</b> , si el borde es liso.	<b>Paralelinervias</b> , cuando presentan varios nervios paralelos. Ej, cereales.	<b>Alternas</b> (de cada nudo sale una sola hoja y dos consecutivas están giradas, entre sí, 180°
<b>Lanceoladas.</b> Forma de punta de lanza.	<b>Aserradas</b> , con dientes inclinados	<b>Penninervias</b> , con un nervio principal, del que parten nervios laterales.	<b>Opuestas</b> (dos hojas por nudo, en el mismo plano y una frente a otra
<b>Acorazonadas:</b> (Hiedra)	<b>Dentadas</b> , con dientes rectos.	<b>Palminervias.</b> Cuando existen varios nervios principales, que irradian desde el pecíolo: higuera	<b>Aisladas</b> ,
<b>Sagitadas.</b> Forma de punta de flecha.	<b>Espinosas</b> , si presentan pequeñas espinas.	<b>Uninervias</b> , con un solo nervio (pino)	<b>Verticiladas</b> (de cada nudo salen más de dos hojas)
<b>Ovaladas.</b> Forma de óvalo (limonero).	<b>Onduladas</b> , entrantes y salientes suaves y redondeados.	<b>Dicotomonervias</b> , cuando la nervadura es dicótoma (Ginko bilova)	<b>Helicoidales.</b>
	<b>Hendidas y Partidas</b> , con entrantes y salientes más pronunciados, llegando a alcanzar al nervio principal.		





Las **hojas compuestas** tienen su limbo formado por un determinado nº de piezas, semejantes a pequeñas hojas (folíolos); según su nº y disposición, pueden ser:

- **Pinnadocompuestas**. Con los folíolos colocados a uno y otro lado del nervio principal. Son paripinnadas si es par el nº de folíolos, e imparipinnadas si en el extremo del nervio principal hay un folíolo impar.
- **Palmadocompuestas**. Los folíolos se unen todos en un mismo punto en el extremo del peciolo. Si el nº de folíolos es tres, se llaman trifoliadas.

➤ **Modificaciones en las hojas.**

- **Escamas**. Tienen función protectora de las yemas. Ej. bulbos.
- **Espinas**. Se diferencian de las de origen caulinar en su simetría bilateral, en vez de radial. Propias de plantas de lugares secos (cactus, en las que el órgano asimilador es el tallo).
- **Brácteas**. Hojas protectoras de las flores. A veces están coloreadas (buganvilla).
- **Zarcillos**. Hojas filamentosas que sirven a la planta para trepar enrollándose a un soporte (guisante).
- **Filodios**. Hojas en las que el limbo aborta y el peciolo se aplana lateralmente adoptando aspecto de limbo. Propio de plantas de lugares muy secos.
- **Ascidios**. Son recipientes resultantes de la transformación de toda o parte de la hoja, con lo que las plantas carnívoras capturan pequeñas presas (insectos), digiriéndolos y absorbiendo los productos resultantes.

Muchas plantas presentan **polimorfismo foliar**, generalmente debido a las condiciones del medio. En especies acuáticas, las hojas aéreas suelen tener distinto aspecto que las sumergidas en el agua.

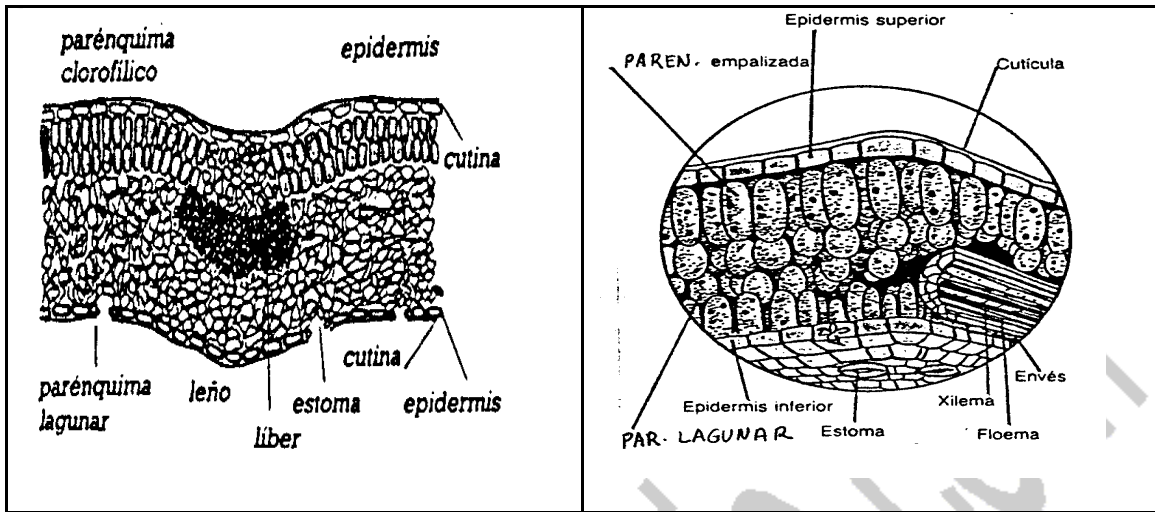
## ESTRUCTURA

En un corte transversal se observa que el limbo está limitado, tanto en el haz como en el envés, por la Epidermis, formada por una o dos capas de células sin clorofila y cubiertas por la **cutícula** impermeable, más desarrollada en el haz. Estas células epidérmicas protegen a las demás, disminuyendo la pérdida de agua, pero sin impedir el paso de la luz.

En el envés, y a veces en el haz, la epidermis suele presentar numerosas aberturas denominadas **estomas**. Están constituidos por dos células de forma arriñonada (**células oclusivas**), cuyas membranas contiguas presentan un engrosamiento, delimitando una abertura (**ostíolo**), que constituye la entrada a una cavidad (**cámara subestomática**). Estas células suelen estar rodeadas por células acompañantes.

Entre las dos epidermis se encuentra el tejido parenquimático (**mesófilo**) formado por células de pared delgada con abundantes cloroplastos. En él se distinguen dos zonas: la superior, cuyas células alargadas y sin apenas espacios intercelulares se encuentran dispuestas perpendicularmente a la superficie epidérmica (**parénquima en empalizada**); la inferior, con células menos apretadas que dejan entre sí grandes espacios o meatos (**parénquima lagunar**).

En el mesófilo se encuentran las nerviaciones, continuación de los haces libero-leñosos del tallo que pasan a través del peciolo. Todos ellos tienen los vasos leñosos hacia el haz y los liberianos hacia el envés. Cada hacecillo está rodeado por un parénquima acuífero cuyas capas más externas, que son de colénquima, le dan consistencia.



### 38.4. Fisiología del Cormo:

Las funciones de nutrición de las cormófitas se realizan en el aparato vegetativo o cormo, que, en parte, hemos descrito.

Como poseen nutrición autótrofa fotosintética, utilizan materia inorgánica para transformarla en materia orgánica con la energía luminosa del sol. La materia inorgánica la toman del suelo (agua y sales minerales), a través de las raíces, y del aire ( $\text{CO}_2$ ), a través de los estomas de las hojas.

La energía luminosa del sol es captada por los pigmentos fotosintéticos y transformada en energía química.

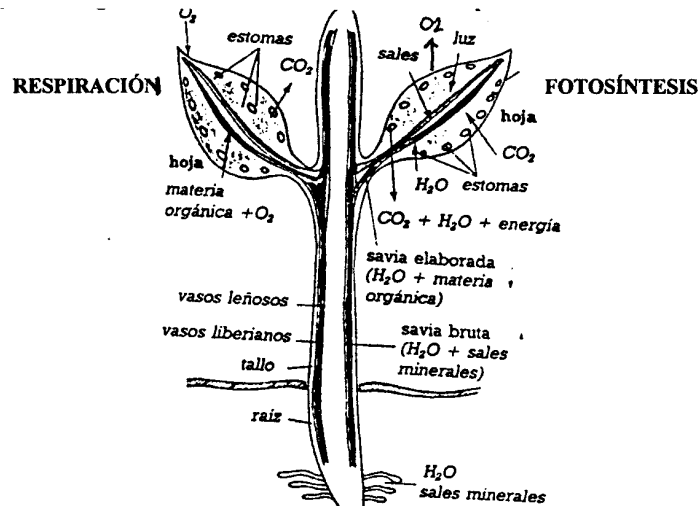
Por lo tanto la **nutrición** comprende los siguientes procesos: absorción, circulación de la savia bruta, transpiración, fotosíntesis, espiración (también su estudio se aborda en el tema 28) y circulación de la savia elaborada.

#### 38.4.1. Absorción del agua y sales minerales (savia bruta).

Consiste en tomar del suelo a través de la raíz, el agua y las sales minerales que necesita la planta para su desarrollo. En las plantas terrestres el agua penetra por los pelos radicales, por ósmosis, que es posible porque la concentración del interior de las células que forman los pelos radicales es superior a la del medio externo. Este proceso hace que las células de la corteza aumenten su turgencia, al acumular agua y, al ser menor la presión en el interior de los vasos leñosos, el agua se ve forzada a introducirse en ellos.

Si el suelo fuera salino en exceso, su concentración sería superior, y el agua circularía en sentido contrario al citado, impidiendo el desarrollo de las plantas a excepción de las halófitas.

Los pelos radicales se introducen entre las partículas del suelo ocupando los espacios llenos de agua y absorbiéndola; muchas veces logran también atraer hacia ellos la situada a cierta distancia, pues esta se desplaza por **capilaridad** si la porosidad del suelo lo permite. Por ello, la naturaleza del suelo influye no solo en el contenido del agua del mismo, sino también en la posibilidad de su utilización.



Las sales minerales solo pueden ser absorbidas si están disueltas, es decir, en forma de iones. Sin embargo, el paso de sales a través de las capas celulares no puede explicarse como con el agua; hay que tener en cuenta la permeabilidad selectiva de las membranas citoplasmáticas, (el  $K^+$  entra más rápidamente y con mayor facilidad que el  $Na^+$ ), y otros mecanismos, como la simple difusión (a favor de gradiente) y el transporte activo (con gasto de energía). El resultado final es la acumulación, por parte de la célula, de una concentración salina muy superior a la del medio externo.

Cultivando plantas en soluciones nutritivas (Knopp), se ha demostrado que las plantas necesitan: Nitratos y sales amónicas (para el aporte de N), Sulfatos (para el S), Fosfatos (para el P), y diversos cationes, como:  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Cu^+$ ,... La falta de cualquiera de ellos afecta al crecimiento del vegetal, aunque los demás se encuentren en abundancia (Ley del Mínimo o factor limitante).

### 38.4.2. Mecanismos de circulación del xilema.

El agua y las sales minerales absorbidas, a medida que se absorben, van pasando al interior de los vasos leñosos de la raíz y del tallo hasta llegar a las hojas, donde se transformarán, tras la fotosíntesis, en savia elaborada. Esta circulación es siempre en sentido ascendente, por lo que se necesita una fuerza suficiente que venza el ascenso contra la gravedad.

Aunque el mecanismo de ascensión no está del todo aclarado, se admite que intervienen tres fuerzas: La presión radicular, la fuerza debida a la cohesión de las moléculas de agua entre sí y de éstas con las paredes de los vasos, y la fuerza de aspiración provocada por la transpiración de las hojas.

- **Presión radical.** Es la presión hacia arriba que ejerce el agua que penetra por los pelos radicales de la raíz continuamente. Su valor medio es de 2 atm., suficiente para elevar una columna de agua unos 20 cm, si no existiera rozamiento con las paredes del tubo que la contiene. Como puede deducirse, esta fuerza por sí sola, es insuficiente.
- **Cohesión o capilaridad.** Permite la ascensión de la savia bruta por tubos de pequeño diámetro (vasos leñosos) impidiendo su rotura a pesar de la tensión que genera la transpiración
- **Transpiración.** Como veremos a continuación, la transpiración es la evaporación de agua que se realiza en las partes aéreas de la planta, principalmente en las hojas, y sobre todo a través de los estomas. Tiene lugar a través de los estomas y crea un vacío, lo que produce el ascenso de la savia bruta. Es la causa más importante de la circulación de ésta.

El agua que se evapora en la superficie foliar es reemplazada inmediatamente por el agua que proviene de las células contiguas del parénquima. Se crea pues, en el mesófilo una deficiencia de agua que es repuesta inmediatamente porque las fuerzas de cohesión (entre las moléculas de agua), "tiran" de las moléculas que se encuentran más próximas. Ésto presupone que existe continuidad de las moléculas de agua a través de las membranas citoplasmáticas y de secreción. El "tirón" de las moléculas

evaporadas se transmite por el agua del tallo a las raíces. En las raíces se absorbe una nueva cantidad de agua del suelo.

### 38.4.3. Transpiración

La savia bruta está muy diluida, pero cuando llega a las hojas lo primero que hace es concentrarse, eliminando el agua en forma de vapor a través de los estomas. Por tanto, la intensidad de la transpiración dependerá del nº de estomas acuíferos (hidatodos) a su servicio y de su abertura.

La intensidad de la transpiración aumenta con la luz, la  $t^{\circ}$  ambiente, la velocidad del viento y la humedad ambiental. Cuando hay mucha humedad en el medio ambiente, al no poderse evaporar, el agua se pierde en forma líquida (**gutación**).

La cantidad de agua que transpiran las plantas es muy considerable. Un árbol de tamaño corriente pierde alrededor de 200 litros de agua/día por transpiración. Ésto explica porqué los vegetales necesitan tanta agua para sobrevivir, pues si la transpiración supera la absorción, la planta acaba marchitándose.

Las plantas desarrollan estrategias muy diversas para economizar agua, entre otras las de: reducir el nº de estomas, desarrollar estomas hundidos o una gruesa cutícula, reducir la superficie foliar, caída de las hojas, posición vertical de las hojas, etc.

Aunque la transpiración es, sin duda, causa de dificultades para el vegetal la obtención y reemplazo del agua necesaria, también es cierto que concentra savia bruta para que tenga lugar la fotosíntesis, ayuda al ascenso por los vasos, y ejerce una acción refrescante, que evita el calentamiento de los órganos por los rayos solares.

### 38.4.4. Fotosíntesis y respiración

Los componentes de la savia elaborada se forman tras la fotosíntesis, proceso que, como se sabe, sucede en los cloroplastos. La glucosa es la "unidad de energía potencial" y la base material de casi todas las demás sustancias de la materia viva.

La **respiración**, es un proceso químico de oxidación de sustancias orgánicas (sobre todo glucosa), para aprovechar la energía potencial que encierran, y emplearla en las múltiples acciones celulares que consumen energía (Anabolismo). Aumenta regularmente con la  $t^{\circ}$ , la cantidad de agua y la actividad fisiológica de la planta.

El  $\text{CO}_2$  y el  $\text{O}_2$ , gases que intervienen en la fotosíntesis y respiración, se intercambian por simple difusión. Durante el día, existe un flujo de  $\text{CO}_2$  hacia los meatos del parénquima, y hacia el exterior del  $\text{O}_2$ , en las partes verdes en las que se realiza la fotosíntesis, que domina totalmente sobre la respiración. En las partes incolores todo el día, y en las verdes de noche, como solo se realiza la respiración, ocurre el fenómeno contrario, aunque dificultado por el cierre de los estomas. Parte del  $\text{CO}_2$  permanece en los meatos, para ser utilizado nada más iniciarse la fotosíntesis al día siguiente.

Los cambios reversibles de abertura y cierre de los estomas, para el intercambio de gases, están determinados por cambios de turgencia de sus células oclusivas, de tal manera que al producirse una acumulación de  $\text{K}^+$  en estas células, se provoca una entrada de agua en las mismas, lo que provoca su turgencia y, en consecuencia, que se abra el estoma.

Lo que provoca la acumulación de  $\text{K}^+$  es la degradación del almidón, de las células oclusivas, hasta fosfoenolpirúvico, que, con  $\text{CO}_2$  forma oxalacético que, posteriormente, se reduce a málico. Los  $\text{H}^+$  del málico salen fuera de las células oclusivas (por transporte activo o bomba electrogénica), determinando así la entrada, de forma pasiva, del  $\text{K}^+$ , para neutralizar la carga eléctrica de la célula.

Todos estos procesos están influidos por:

- Luz. Su presencia induce la apertura de los estomas y su ausencia el cierre, dado que no se realiza la fotosíntesis, evitando la pérdida inútil de agua.
- Concentración de  $\text{CO}_2$ . Al aumentar ésta el estoma disminuye su abertura para corregir el flujo en exceso del gas.

### 38.4.5. Circulación de la savia elaborada

La materia orgánica elaborada por las hojas durante la fotosíntesis debe ser trasladada hasta cada una de las células del vegetal para ser utilizada. Para ello, algunas sustancias sufren transformaciones que facilitan su desplazamiento: el almidón se hidroliza en glucosa, los lípidos se transforman en glúcidos y los prótidos

en aminoácidos. La solución (savia elaborada) se transporta por los vasos liberianos. En dichos vasos, formados por células vivas, la savia elaborada ocupa una gran vacuola central.

La circulación, como debe llegar a todo el vegetal, se realiza en todas las direcciones. La velocidad de transporte varía mucho en casos individuales y oscila entre algunos cm y un metro por hora. En cuanto al mecanismo de transporte, no se conocen bien las causas, pero el desplazamiento es demasiado rápido para ser explicado por simple difusión, lo que hace pensar que en él toman parte activa las células que constituyen los vasos liberianos.

El mecanismo por el cual se realiza el transporte de savia elaborada a través de la planta se supone que es debido a la diferencia de presión existente entre los órganos productores de sustancias (hojas) y los receptores (raíces) produciéndose un **flujo de presión** que pone en movimiento a la savia elaborada. Este flujo de presión mediante un modelo experimental:

Dos osmómetros (A y B) cubiertos por una membrana semipermeable y rodeados de agua, están unidos, inicialmente, por un tubo también lleno de agua. Si introducimos en el osmómetro A un soluto (sacarosa), el agua del recipiente penetra en su interior produciendo un aumento de presión en dicho osmómetro. La disolución se desplaza, a través del tubo, hacia el osmómetro B provocándole un aumento de presión que hace salir agua al recipiente. Este proceso continúa hasta que las concentraciones en A y B se igualen. Si aplicamos un mecanismo de inyección continua de sacarosa en el osmómetro A, el proceso continúa indefinidamente.

El osmómetro A sería la hoja, que produce continuamente solutos (fotosíntesis). Los solutos serían la savia elaborada, que por los vasos liberianos (tubo) llegan a las raíces (osmómetro B). El almacenamiento de los solutos en la raíz provocaría la salida del agua hacia el xilema para volver a la hoja (**translocación**).

En verano, como la fotosíntesis es más activa, los azúcares son translocados hacia abajo mientras que en invierno y al principio de primavera, van desde la zona de almacenamiento hacia arriba pues aunque faltan las hojas y no hay fotosíntesis, las células de la cima de los árboles precisa alimento.

Por lo tanto la circulación se hace más lenta durante el invierno, ya que las **cribas** que separan las células de los vasos liberianos se taponan con **calosa**. En primavera, ésta se disuelve y la circulación se reactiva, ya que, en ese momento, las necesidades nutritivas de las plantas son mayores.

No todas las sustancias que contiene la savia elaborada se utilizan inmediatamente (respiración crecimiento); algunos se almacenan (almidón, aceites), y otros constituyen productos de desecho que se acumulan en órganos especiales.

### 38.5. Estructuras reproductoras de las Cormófitas. Concepto general de Flor.

Las cormófitas presentan reproducción alternante. Para ello existe una fase, **el esporofito (EF)**, formada por células diploides que poseen células que, al sufrir la meiosis, producen, a su vez, otras células haploides que dan lugar a la siguiente fase o **gametofito (GF)**.

El GF está formado por células haploides y en él se forman los órganos reproductores masculino y femenino, que producen sus respectivos gametos. La fusión de los gametos masculino y femenino origina el cigoto diploide, originándose un nuevo EF.

Todas las cormófitas presentan este esquema en su reproducción, pero existen variaciones de unas a otras. A medida que las plantas son más evolucionadas, va adquiriendo mayor importancia el EF y se va haciendo cada vez más independiente del agua.

En las cormófitas superiores (**Espermáfitas**), solamente unas hojas, llamadas fértiles, producen esporas. Dichas hojas se agrupan para formar lo que se denomina flor. Generalmente las hojas fértiles van acompañadas en la flor por otras hojas estériles, que también tienen su papel en la reproducción.

Nosotros nos vamos a referir solamente a la flor de las angiospermas dado que, en los Temas 36 y 37 se aborda el estudio de la reproducción de briófitas, pteridófitas y Gimnospermas.

Como acabamos de señalar la flor es el órgano exclusivo de reproducción en cormófitas superiores. Se considera un conjunto de hojas modificadas al servicio de la reproducción. La flor no siempre es evidente por su forma, tamaño y color, en muchos casos es verdosa o blanquecina, pequeña y desprovista de corola (gramíneas).



### 38.5.1. Partes de la flor.

La flor es un tallo modificado que en lugar de llevar hojas ordinarias posee círculos concéntricos de hojas especializadas en la reproducción (**verticilos florales**). Una flor típica comprende cuatro círculos concéntricos de verticilos unidos al receptáculo (tálamo) o parte ensanchada del tallo floral: cáliz, corola, androceo y gineceo. Los dos primeros formados por hojas estériles (periantio) y los dos últimos por hojas fértiles.

La planta adulta constituye el EF, diploide. En el interior de los estambres (androceo) se desarrollan las células madre de las microsporas. Las microsporas al madurar producen los granos de polen.

El GF femenino se forma dentro del óvulo (contenido en el gineceo), a partir de una célula madre, la megaspora. En realidad se forman cuatro megasporas, una de las cuales dará lugar al GF femenino (saco embrionario)

Las flores pueden poseer los dos órganos reproductores (hermafroditas) o solamente uno (unisexual masculina o femenina).

#### PERIANTIO

##### ➤ CÁLIZ

Está formado por los sépalos, hojas modificadas que en muchas flores son verdes y recuerdan a hojas ordinarias, mientras que en otras pueden presentarse coloreadas. Las flores que carecen de cáliz se llaman asépala. Si los sépalos son libres entre sí, dialisépala, y si están soldados, gamosépala.

##### ➤ COROLA

Está formada por los pétalos, que se encuentran dentro del círculo formado por los sépalos y pueden ser de color verde o adoptar variadas coloraciones útiles para atraer a los insectos o aves necesarios para la polinización. La flor que carece de corola se llama apétala; si tiene pétalos libres, dialipétala, y si están soldados, gamopétala.

Si falta alguno de los verticilos del periantio, la flor es haploclamídea, si existen los dos, diploclamídea. En este último caso, puede ser que los dos verticilos sean diferentes en forma y color (flor heteroclamídea) o que todas las piezas sean muy parecidas (flor homoclamídea), llamándose tépalos a las piezas y al conjunto perigonio.

Por su simetría, el cáliz y la corola pueden ser zigomorfos, con simetría bilateral, y actinomorfos, con simetría radiada.

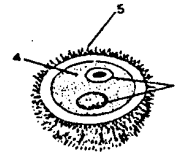
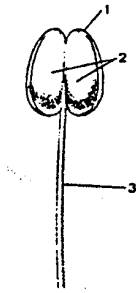
##### ➤ ANDROCEO

Es el órgano masculino de la flor. Está formado por los estambres. Cada estambre se compone de un filamento, por donde se inserta en la base de los pétalos o en el fondo de la flor, y la antera, que se encuentra recorrida por un surco que la divide en dos tecas, cada una de las cuales posee un par de cavidades llamadas sacos polínicos.

Los sacos polínicos son los microesporangios, donde existen numerosas células que, tras la meiosis, dan lugar a cuatro células haploides que originan los granos de polen o microsporas. Cuando madura el grano de polen, se forman en su interior dos núcleos: el vegetativo, que intervendrá en la formación del tubo polínico y el generativo que, tras dividirse, dará dos núcleos espermáticos.

Los granos de polen son el GF masculino. Están recubiertos por una cubierta celulósica interna (intina), y por otra exterior (exina), con múltiples y variados relieves.

La localización de los estambres con respecto al ovario puede ser: hipogíneos (debajo del ovario), periginos (por encima).



**Estambre:** 1) antera; 2) sacos polínicos; 3) filamento

**Grano de polen:** 4) intina; 5) exina; 6) núcleo

### ➤ GINECEO

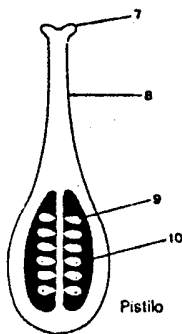
Es el órgano femenino de la flor. Está formado por unas hojas transformadas (carpelos), que constan de una parte basal ensanchada (**ovario**); una parte alargada por encima de ésta (**estilo**), y, en la parte superior, el **estigma**, aplanado, que segrega una sustancia húmeda y pegajosa para atrapar los granos de polen que le caen.

Los carpelos que forman el gineceo pueden unirse por sus bordes formando una cavidad única (ovario pluricarpelar unilocular o cenocárpico), o bien cerrarse cada uno independiente (pluricarpelar plurilocular o apocárpico). En uno y otro caso queda determinada una cavidad cerrada, el ovario, donde están contenidos los óvulos.

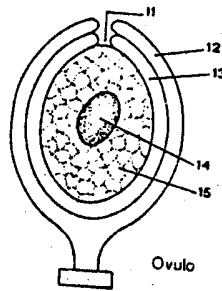
En relación con el receptáculo, el ovario puede ser súpero, si conserva una posición más elevada que los demás verticilos, ínfero, si se hunde en el receptáculo y se suelda en las paredes del cáliz, quedando en posición más baja que las demás partes de la flor, o medio o semiínfero, cuando adopta una posición intermedia.

El **óvulo** unido a la placenta (pared del ovario) mediante el funículo, se encuentra envuelto por dos membranas denominadas primina, la más externa, y secundina, la exterior y en el extremo opuesto al funículo presenta un orificio llamado micropilo. El nº de óvulos unido a cada carpelo varía con las distintas plantas.

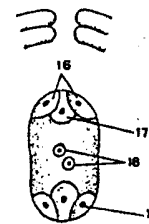
El principal tejido que participa en la estructura del óvulo es un parénquima llamado **nucela**. En él se encuentra una sola célula madre que tras la meiosis origina cuatro células haploides las megasporas. De las cuatro, tres degeneran y sólo permanece una, la megaspora funcional que formará el GF femenino (saco embrionario). Esta célula se divide, dando lugar a ocho núcleos, que se sitúan de la siguiente manera: al lado del micropilo se sitúa la oosfera (gameto femenino) con una célula sinérgida a cada lado; en el extremo opuesto se sitúan las tres células antípodas y en el centro dos núcleos polares, que se fusionan originando una célula diploide, denominada núcleo secundario.



7) estigma; 8) estilo;  
9) óvulos; 10) ovario;



**Óvulo:** 11) micropilo; 12) primina;  
13) secundina; 14) saco embrionario;  
15) nucela



**Saco embrionario:**  
16) sinérgidas; 17) oosfera;  
18) núcleos polares;  
19) antípodas

Por la posición que adopta dentro del ovario, los óvulos pueden ser: ortótropos, si el funículo y el micropilo se encuentran en el mismo plano vertical adoptando una posición recta; anátropos, si, por estar



doblado el funículo, el micropilo queda dirigido hacia la placenta; campilótopos, si se encorva por la nucela, con lo que el micropilo se dirige a un lado.

### 38.5.2. Criterios de clasificación

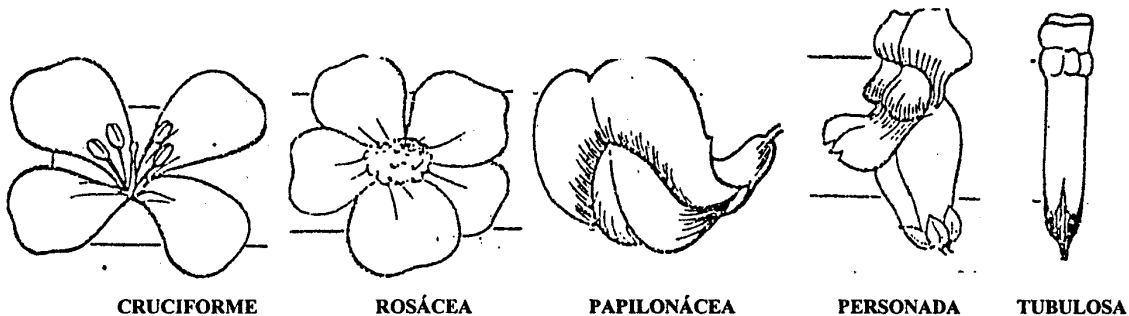
Los criterios de clasificación de las flores son muy variados, en el apartado anterior ya hemos indicado algunos de los más frecuentes, a continuación indicamos otros que pueden ser perfectamente compatibles con los anteriores criterios.

#### ➤ Según el cáliz:

- **Por su forma:** estrellado, tubuloso (con dientes erectos), bilabiado (un labio entero y otro trilobulado), campanulado, etc.
- **Por su duración:** caedizo, fugaz (se desprende antes de abrirse la corola), persistente (permanece hasta la maduración del fruto).

#### ➤ Según la corola:

- **Por el nº de pétalos:** dímera, trímera, tetrámera, pentámera.
- **Por su forma:** Entre las dialipétalas actinomorfas: cruciforme, estrellada, rosácea (cinco pétalos y uña corta), cariofiláceas o aclaveladas (cinco pétalos con uña larga y estrecha).
- Entre las gamopétalas actinomorfas: tubulosas, infundibuliformes (embudo), urceolada (limbo reducido y el tubo ancho), campanulada.
- Entre las zigomorfas: unilabiadas, bilabiadas (dos labios, galéa y el labio inferior), papilionáceas (con cinco pétalos, uno grande y ancho (estandarte), dos laterales simétricos (alas) y dos inferiores, unidos por el ápice (quilla)).



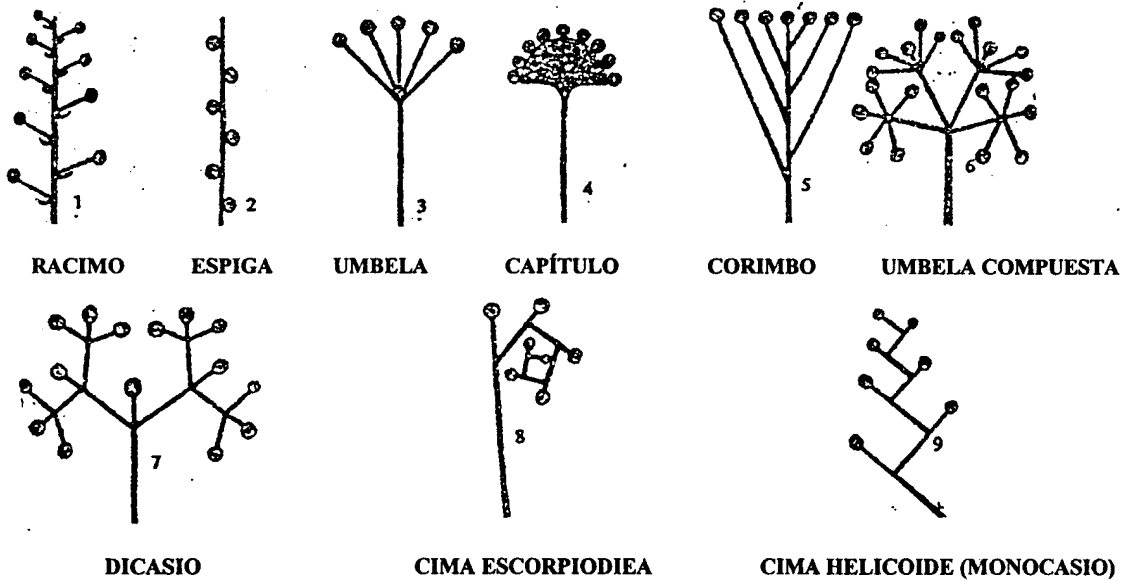
#### ➤ Según el androceo:

Dialistémono (estambres libres), Gamostémono (unidos entre sí), Corolino (unidos a la corola), Epigino (unidos al gineceo), homodínamo (estambres iguales), heterodínamo (estambres de distinta longitud), monadelfo (estambres unidos por el filamento), conniventes (unidos por las anteras), etc.

### 38.5.3. La socialización de las flores. Las inflorescencias

Parece claro que, evolutivamente, las fanerógamas evolucionan hacia el agrupamiento floral y disminución del tamaño de las flores, para mejor aprovechar la polinización. Las fanerógamas más primitivas (Magnoliáceas) presentan flores solitarias y grandes.

Las inflorescencias son un conjunto de flores agrupadas en torno a un eje principal, simple o ramificado, desprovisto de hojas normales pero que presenta brácteas. Pueden ser cerradas o abierta, según si todos los ejes terminan en una flor o no, respectivamente.



Según la **ramificación**, las inflorescencias pueden ser:

➤ **Racemosas**

Si la inflorescencia consta de un eje principal que crece longitudinalmente por el ápice, de forma ilimitada (inflorescencia indefinida) y origina ramas laterales portadoras de flores. Principales inflorescencias Racemosas simples:

- Racimo. Un eje principal con flores pedunculadas.
- Espiga. Idem. con flores sésiles.
- Amento. Es una espiga pequeña con flores pequeñas y unisexuales y con eje principal flexible y caedizo (sauce).
- Corimbo. Es un racimo cuyas flores se encuentran al mismo nivel, por alargamiento de los pedúnculos de las flores interiores.
- Umbela. Es un racimo en el que los pedúnculos de las flores nacen del ápice de un eje principal y las flores se sitúan al mismo nivel.
- Capítulo. Formado por flores muy juntas y sésiles situadas sobre un eje aplanado y dilatado lateralmente, llamado receptáculo. Ej. Compuestas.

➤ **Cimosas**

Si el eje principal termina en una flor y, posteriormente, hay un crecimiento de ramas laterales. Pueden ser simples y compuestas, según que el eje lateral tenga una sola flor o los ejes laterales se ramifiquen de nuevo.

➤ **Cimosas simples:**

- Cima o Monocasio: Debajo de la flor en que termina el eje principal, se forma una sola rama lateral, que, a su vez, solo produce otra rama lateral, y así sucesivamente.
- Cima bípara o Dicasio. Si por debajo de la flor terminal del eje, se forman dos ramas, de cada una de las cuales arrancan otras dos y así sucesivamente.

➤ **Inflorescencias compuestas:**

- Panícula. Es un racimo de racimos.
- Panícula compuesta. Cuando, en la anterior, los tallos secundarios son, a su vez, racimos compuestos.
- Corimbotirso. Corimbo de corimbos.
- Racimo de umbelas. Racimo cuyos pedicelos llevan umbelas.
- Racimo de espigas.
- Umbela compuesta. Umbela cuyos radios llevan umbelas.
- Ciatio. Es una inflorescencia formada por una flor central femenina con un pedúnculo muy largo, rodeado de flores masculinas de un solo estambre.

## 38.6. Características de la reproducción sexual de las Cormófitas:

Se caracterizan por formar frutos a partir de las paredes del ovario, que protegen las semillas, facilitando su dispersión. Su ciclo reproductor se caracteriza por la extrema reducción del GF y por la existencia de una doble fecundación.

Todas las angiospermas (o las espermatófitas en general), poseen, invariablemente, GF con sexos separados, ya sean localizados en el mismo individuo (monoicos) o en individuos distintos (dioicos). Las microsporas o grano de polen dan lugar al GF masculino, y la megaspora funcional al GF femenino.

### 38.6.1. La polinización. Fecundación en angiospermas

La **polinización** es el nombre que se le da al transporte de los granos de polen. Éstos pueden ser transportados por distintos medios (aire, insectos, etc.) al estigma. El estigma puede ser de la misma flor, en flores hermafroditas (polinización directa o **autopolinización**), o de otra flor de la misma planta o de otra planta de la misma especie (polinización indirecta o **cruzada**).

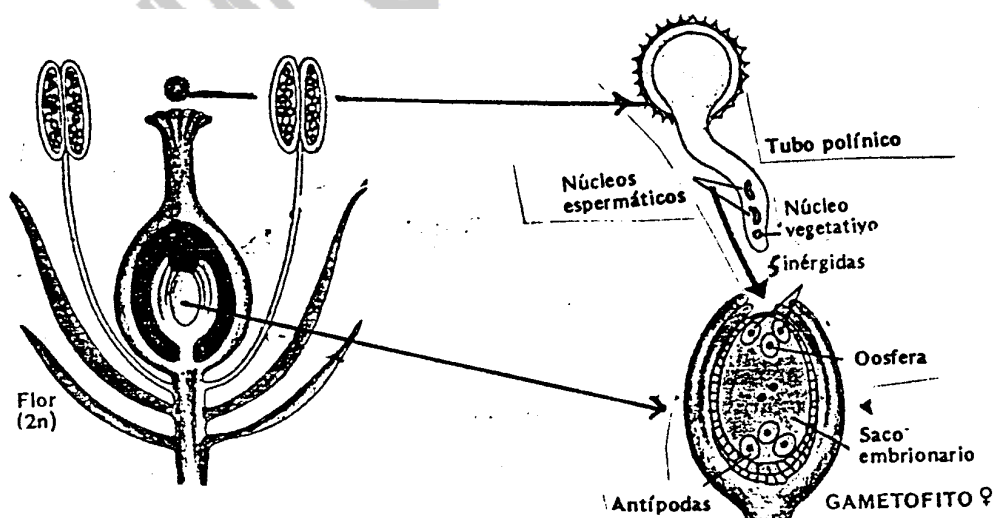
La descendencia de las flores con polinización cruzada es más vigorosa que la de las flores autopolinizadas, existiendo mecanismo que impiden en muchas especies la autopolinización.

Los agentes naturales más frecuentes de la polinización son el viento (**anemofilia**) y los insectos (**Entomofilia**), sin renunciar a otros agentes como los pájaros (**ornitofilia**), el agua (**hidrofilia**), los murciélagos (Quiropterofilia), etc.

Las flores de plantas polinizadas por el viento tienen estigmas agrandados para captar mejor los granos de polen producidos en grandes cantidades; siendo éstos pequeños, secos, y en general de membrana lisa, para facilitar la difusión.

Las de plantas polinizadas por insectos tienen los estigmas más pequeños y forman menores cantidades de polen, poseen pétalos coloreados (con pigmentos antocianinas y carotenoides), producen néctar (solución azucarada de sacarosa, glucosa y fructosa) y olores que atraen a los insectos (los agradables, debidos a aceites esenciales, atraen a las abejas, los putrefactos (aminas) a los coleópteros y moscas).

El proceso de la **fecundación** se inicia con la germinación del grano de polen en el estigma de la flor y la emisión de una prolongación filiforme (**tubo polínico**), que se extiende y avanza introduciéndose hacia la parte inferior del carpelo. Mientras tanto, el núcleo de la microspora (grano de polen) se divide, y uno de los núcleos que origina se divide a su vez, para dar lugar a dos núcleos espermáticos que funcionan como gametos masculinos. El otro núcleo no dividido se denomina núcleo vegetativo y no participa en la fecundación de la oosfera. El GF masculino totalmente desarrollado es el tubo polínico con sus tres núcleos haploides.



Los tubos polínicos llegan al óvulo, lo atraviesan por el micropilo (porogamia) o por la calaza o chalaza (calazogamia) y descargan los dos núcleos espermáticos o gametos masculinos, produciendo **una doble fecundación**.

Uno de los núcleos espermáticos fecunda a la oosfera (se deposita, al parecer, en una sinérgida que se desorganiza y después pasa a la oosfera) y forma el cigoto diploide que da lugar al embrión o **germen**. El otro núcleo espermático fecunda a los dos núcleos polares y produce un núcleo  $3n$ , que origina el **endospermo**.

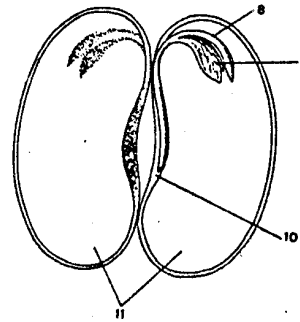
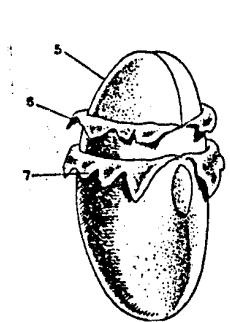
### 38.6.2. Formación de la semilla

Se suele definir a la semilla como el óvulo fecundado y maduro. El cigoto  $2n$  tras sucesivas mitosis da origen al embrión, que viene a ser una planta en miniatura, con radícula (raíz), plúmula formada por el epicótilo y el hipocótilo (tallito por encima de los cotiledones y que lleva la yema (gémula), y, por último, los cotiledones (darán lugar a las primeras hojas. Pueden ser dos en las Dicotiledóneas o uno en las Monocotiledóneas).

De la primera división del cigoto se forman dos células, cada una con destino diferente. La más cercana al micrópilo sufre una serie de divisiones por las que se forma el filamento suspensor que sujeta y empuja al embrión hacia el endospermo; más tarde desaparece.

La otra célula se divide repetidamente y origina el embrión con forma de Y en Dicotiledóneas, o forma cilíndrica en Monocotiledóneas.

El núcleo triploide también se divide por mitosis y produce, como dijimos, el endospermo, que constituye el tejido nutritivo que utiliza el embrión antes de entrar en el período de latencia característico de las semillas y más tarde, cuando reanuda el crecimiento al iniciar la germinación. En algunas plantas los cotiledones toman el endospermo, por lo que se hacen muy grandes. En las monocotiledóneas el cotiledón se sitúa entre el albumen y el embrión, y funciona como órgano de transporte de alimentos entre ambos.



5) Cotiledones; 6) Tegmen; 7) Testa

8) Gémula; 9) Tallito; 10) Radícula; 11) Cotiledones

Se llama semilla al embrión y endospermo rodeados por una serie de capas que proceden de la transformación de las paredes del óvulo y de la membrana del saco embrionario. Las más externas (primina y secundina) normalmente se endurecen y forman una cubierta muy resistente (testa o epistema y **tegmen**). En algunas especies (guisante, cacahuetes,...), las cubiertas o tegumentos de la semilla son delgadas, pero en otras son duras y resistentes (algodón). En cualquier caso, son parcialmente impermeables al agua, por lo que evitan la evaporación de ésta en los tejidos internos. Ofrecen también protección frente a los parásitos, lesiones mecánicas y en algunas ocasiones contra  $t^a$  extremas.

En la superficie externa de la cubierta de la semilla se encuentra el **hilo**, pequeña cicatriz que marca el punto de fijación anterior de la semilla al funículo; el hilo une la semilla con la parte interna del fruto.

### 38.6.3. Formación del fruto. Clases

Después de la fecundación, el ovario se transforma en fruto, encerrando en su interior los óvulos convertidos en semillas; mientras que el resto de verticilos florales se secan y caen.

Simultáneamente a la formación de las semillas, el carpelo, en cuyo interior se encuentra, sufre también transformaciones, consistentes en la atrofia del estigma y del estilo y en cambios importantes del ovario que lo convierten en fruto.

Estas transformaciones pueden consistir en la pérdida de agua, con lo cual adquiere una consistencia rígida y coriácea (**fruto seco**). Por el contrario, en otras ocasiones el ovario acumula agua y sustancias nutritivas, y se transforma en **fruto carnoso**.

También cabe hablar de **frutos simples** (se desarrollan a partir de una flor con un solo ovario, ej. cerezas), frutos agregados (proceden de una flor en la que cada carpelo origina un fruto distinto, ej. zarzamora) y

frutos múltiples o **infrutescencias** (derivados de un grupo de flores que se unen para formar un solo fruto, ej. piña tropical).

El fruto consta de: **pericarpio** y **semilla**. El pericarpio deriva de las paredes del ovario transformadas, pudiendo participar en su formación el cáliz y otras partes de la flor. Envuelve a la semilla y se divide en tres partes que, en los frutos carnosos, son particularmente visibles, no así en los secos: **epicarpio**, la más externa (en el melocotón se llama piel); **mesocarpio**, es la intermedia (suele corresponder a la parte carnosa), y **endocarpio**, la más interna, generalmente leñosa, que rodea la semilla.

Sin ánimo de ser exhaustivos vamos a poner algunos ejemplos de los distintos tipos de frutos:

➤ **FRUTOS CARNOSOS**

- **Drupa**, con endocarpio duro y leñoso, que protege a la semilla (albaricoque, melocotón, etc.)
- **Baya**, con endocarpio carnoso, con varias semillas (tomate, uva). En el caso concreto de la naranja y el limón, recibe el nombre de hesperidio.
- **Pomo**, con endocarpio flexible, con varias semillas (manzana, pera, etc.)

➤ **FRUTOS SECOS INDEHISCENTES**, su pericarpio no se abre espontáneamente.

- **Aquenio**, con una sola semilla, no soldada al pericarpio (pipa de girasol, bellota, etc.).
- **Cariópside**, con una sola semilla, soldada al pericarpio (trigo)

➤ **FRUTOS SECOS DEHISCENTES**, su pericarpio se abre espontáneamente.

- Legumbre, con varias semillas en una sola cavidad (judías, guisantes, etc.)
- **Silicua**, con dos cavidades separadas por un tabique (rábano, alhelí)

➤ **FRUTOS COMPUESTOS**

- **Sicono**, cuando procede de ovarios de distintas flores de una inflorescencia (higo).
- **Poliaquenio**, cuando procede de distintos ovarios, pero de la misma flor (fresa).

### 38.6.4. La diseminación de frutos y semillas. Germinación

En muchas plantas los frutos o las semillas están adaptados de forma que se dispersan a distancias considerables de las plantas madre dando lugar a la colonización de nuevas áreas. Esta dispersión puede ser:

- Por el viento (**anemócora**). Se da en frutos alados, como el del tilo o el del olmo, o en frutos y semillas con vilano, ej. los cardos, diente de león, alcachofa.
- Por los animales (**zoócora**): cuando los animales comen frutos carnosos, cuyas semillas no son digeridas y salen en las heces lejos de la planta que las produjo. Otra forma se da cuando los frutos o semillas tienen espinas, ganchos, sustancias pegajosas, etc., con lo que se agarran a los pelos de los animales.
- Por el agua (**hidrócora**): Muchos frutos de plantas que se desarrollan en el agua o en sus cercanías están adaptados a flotar, sea porque queda atrapado aire en alguna parte del fruto, sea porque el fruto contiene tejido suberoso. Ej., cocotero (su fruto flota en el agua del mar y recorrer largas distancias).
- Por lanzamiento (**autócora**): Frutos que al abrirse lanzan las semillas con mucha fuerza. Ej., pepinillo del diablo (Ecballium).

### GERMINACIÓN

Algunas semillas germinan poco después de desprenderse si las condiciones son adecuadas, pero casi todas presentan una fase de inactividad (periodo de latencia) durante la estación fría (invierno) o seca (verano). La quiescencia es el periodo de reposo producido por condiciones externas desfavorables para la germinación (falta de humedad en el suelo,  $t^{\circ}$  baja)

Las causas de la latencia varían: En algunas plantas la germinación no empieza hasta que no se destruyen, de forma natural o artificial, las duras cubiertas de la semilla; en otras plantas, durante su latencia, se completa el desarrollo del embrión, y, por último, en otras han de producirse cambios químicos como consecuencia de la exposición a la luz o a bajas  $t^{\circ}$ .

La facultad de la semilla para poder conservar su poder de germinación depende del grosor de sus cubiertas, de un escaso contenido en agua y de la presencia de almidón en vez de grasas como sustancias

alimenticias de reserva. Las semillas inactivas están vivas y con cierto metabolismo, aunque lento. Su viabilidad o capacidad para germinar varía desde horas hasta años, según las plantas. Las condiciones de conservación (lugares frescos y secos) aumentan la viabilidad.

La germinación, que comienza por la acción del calor y la humedad, requiere oxígeno. El embrión y el endospermo absorben agua, se hinchan y rompen las cubiertas de las semillas, quedando así libre el embrión, que puede empezar a desarrollarse para formar la nueva planta. La imbibición del agua provoca: la dispersión de los coloides citoplasmáticos, restablece el sistema vacuolar, inicio de la actividad enzimática, se hidroliza el almidón, se movilizan los lípidos, se inicia la respiración aeróbica, etc. El embrión parece controlar todos estos procesos mediante compuestos que actúan como precursores de hormonas o que contienen en sí mismos actividad hormonal (giberilinas, auxinas, citoquininas).

En primer lugar, aparece la radícula, que asoma entre los tegumentos de la semilla y se hunde verticalmente en el suelo por su geotropismo positivo; después, en algunas plantas (**epígeas**), sale el tallito arrastrando a los cotiledones, que se comportan como verdaderas hojas; en otras, los cotiledones quedan enterrados y proporcionan a la planta sustancias nutritivas hasta que ésta pueda valerse por sí misma.

En las semillas grandes, el o los cotiledones están muy desarrollados (habas), y permanecen dentro de la semilla todo el tiempo de germinación (**hipogea**).

### 38.6.5. La reproducción vegetativa (OPCIONAL)

Se basa en la capacidad que tienen los vegetales para formar nuevos individuos, a partir de un fragmento de los mismos. La principal ventaja estriba en el menor coste energético que se necesita para el desarrollo inicial y el no depender de factores externos como agentes polinizadores o dispersantes.

Las **desventajas** que presenta este tipo de reproducción, son las derivadas de la ausencia de un sistema de dispersión, y la falta de variabilidad genética de la descendencia.

La reproducción vegetativa natural puede darse mediante los procesos siguientes.

- **Estolones:** Son ramas laterales, alguna de cuyas yemas echan raíces y originan al desarrollarse, un individuo independiente. Ej. las fresas.
- **Rizomas:** Son tallos subterráneos, cuyas yemas (situadas en las axilas de las hojas transformadas en forma de escamas), se convierten en tallos aéreos que echan raíces por su cuenta. Ej. Lirio, gramíneas.
- **Tubérculos:** Son porciones de rizoma, abultadas, llenas de sustancias de reserva, que se hacen independientes cuando la planta madre muere. Posee yemas ("ojos"). que se desarrollarán y darán una nueva planta. Ej. patata, chufa, etc.
- **Bulbos:** Son yemas subterráneas de gran volumen, al desarrollarse mucho sus hojas que almacenan sustancias de reserva. Para reproducirse, el tallo se ensancha por sus bases formando nuevos bulbos, que originarán nuevas plantas. Ej. Cebolla, ajo, tulipán, etc.