ELEMENTOS

DE

BOTÁNICA

POR

ALBERTO PEYLOUBET

PROFESOR DE CIENCIAS FÍSICO NATURALES

OBRA ADAPTADA A LOS
NUEVOS PROGRAMAS DE LOS COLEGIOS NACIONALES
Y ESCUELAS NORMALES

OCTAVA EDICIÓN

BUENOS AIRES
LIBRERIA DE A. GARCÍA SANTOS
MORENO, 500, ESQ. BOLIVAR
1932

Lp 3'40

ELEMENTOS

DE

BOTÁNICA

POR

ALBERTO PEYLOUBET
PROFESOR DE CIENCIAS FÍSICO NATURALES

OBRA ADAPTADA A LOS
NUEVOS PROGRAMAS DE LOS COLEGIOS NACIONALES
Y ESCUELAS NORMALES

15614

OCTAVA EDICIÓN

BUENOS AIRES
LIBRERÍA DE A. GARCÍA SANTOS
MORENO, 500, ESQ. BOLIVAR
1932

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

Queda hecho el depósito que marca la ley.

Tall. Gráf. Compañía General Fabril Financiera. - Bs. As.

ELEMENTOS DE BOTÁNICA

PRELIMINARES

La *Biología* es la ciencia que se ocupa del estudio del origen, condiciones vitales, herencia y difusión de los *seres vivientes*.

Ser viviente es todo ser capaz de nutrirse, respirar y reproducirse. Los seres vivientes comprenden los animales y los vegetales.

La *Botánica* es una rama de la *Biología*, que estudia los vegetales.

La podemos dividir en tres partes:

BOTÁNICA	GENERAL	Estudia los caracteres generales de los vegetales.
	ESPECIAL	Estudia los caracteres particulares de los vegetales y su distribución geográfica.
	APLICADA	Estudia las aplicaciones agrícolas medicinales, alimenticias e industriales de las plantas.

Cada una de estas tres partes se subdivide a su vez como se expresa a continuación:

Botánica general:

CITOLOGÍA: Estudio de la *célula vegetal.*

HISTOLOGÍA: Estudio de los *tejidos vegetales.*

MORFOLOGÍA: Estudio de la *estructura externa* e *interna* de los órganos o partes de la planta.

FISIOLOGÍA: Estudio del *mecanismo vital* de los distintos órganos de las plantas.

ETIOLOGÍA: *Estudio* de la adaptación de las plantas al *medio ambiente.*

FITOPATOLOGÍA: Estudio de las irregularidades que se producen en las funciones vegetales, las que provocan *enfermedades* o *anomalías.*

Botánica especial:

TAXONOMÍA: Estudio de la *clasificación* metódica de las plantas.

FITOGEOGRAFÍA: Estudio de las leyes que presiden la distribución de los vegetales en la superficie del globo.

BOTÁNICA FÓSIL: Estudio de la repartición de las plantas en el seno de las capas sedimentarias que forman la corteza sólida terrestre.

Botánica aplicada:

Aplicaciones alimenticias, terapéuticas, industriales, ornamentales, etc.

PRIMERA PARTE (*)

BOTÁNICA GENERAL Y APLICADA

CAPITULO I

NOCIONES DE CITOLOGIA

Célula: Formas y dimensiones de las células. Partes de la célula. — **Protoplasma:** Citoplasma, núcleo, los leucitos o plástidos. — **Secreciones del protoplasma:** Membrana celular, modificaciones químicas de la membrana; el jugo celular. — **Diversos modos de reproducción celular.** Muerte de la célula.

1. Célula. — Los seres vivos se hallan constituídos por ciertos elementos, llamados *células*. Los seres más sencillos están formados por una célula (monocelulares); otros, lo son por millones de células (pluricelulares).

Puede definirse la *célula* diciendo que *"es el elemento biológico de todo organismo"*.

Las células vegetales fueron observadas y descriptas por Roberto Hooke en 1667 y por Marcelo Malpighi en 1671.

2. Formas y dimensiones de las células. — Las formas que afectan las células son variadas: *poliédricas, esféricas, sinuosas, puntiagudas, aplanadas, estrelladas, ramosas*, etc. (figura 1).

Las dimensiones que alcanzan son también variables, pues miden de cuatro a seis centímetros de largo en el lino, mientras que algunos microbios quedan invisibles para los más poderosos microscopios (microbios de la rabia y de la fiebre aftosa).

(*) Corresponde al programa oficial de 2.º año.

La *unidad* con que se las mide es el *micrón* que equivale a un milésimo de milímetro.

3. Partes de la célula. — Una célula completa (fig. 2) se halla formada por una parte viva, el PROTOPLASMA, y por las SECRECIONES del PROTOPLASMA.

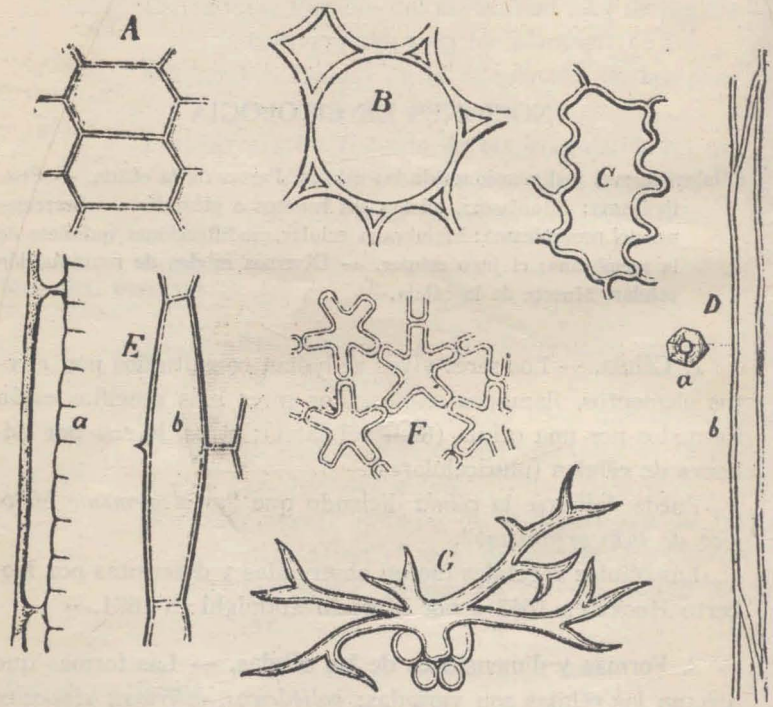


Fig. 1

Diversas formas de células: A, poliédrica; B, esférica; C. aplanada y sinuosa; D, puntiaguda; E, aplanada en tabla. F, estrellada; G. ramosa; (a) sección, (b) cara.

El PROTOPLASMA tiene como partes constituyentes: el *citoplasma*, el *núcleo* y los *leucitos* o *plástidos*. Productos de las SECRECIONES del PROTOPLASMA, son: la *membrana celular*, el *jugo celular* y los productos de *reserva* y de *excreción*.

PROTOPLASMA

Según Huxley, se debe definir diciendo que es *"la base física de la Vida"*.

4. Citoplasma. — Es una substancia semiflúida, coloidal, de naturaleza albuminoidea, hallándose formada por *carbono, hidrógeno, oxígeno* y *nitrógeno*. A estos cuatro elementos, llamados principales, se agregan el *azufre, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio*, etc. Contiene 70 % de agua y 30 % de materia seca.

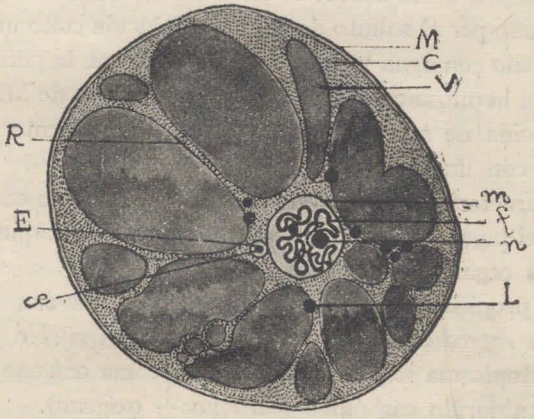


Fig. 2

CÉLULA VEGETAL. (Esquemático). M, membrana; C, citoplasma; V, vacuolo; *m*, membrana nuclear; *f*, filamento nuclear; *n*, nucleolo; L, leucito; R, red citoplasmática; E, esfera directriz; ce: centrosoma.

El *citoplasma* no se disuelve ni se diluye en el agua sino que la absorbe y la desprende con igual facilidad. Es una substancia tan elástica y plástica, que se acomoda con facilidad en cualquier espacio.

En ciertos casos, se presenta *homogéneo, transparente*, sin granulaciones ni estrías; en otros casos se presenta granuloso, pudiéndose diferenciar en su masa dos regiones: una exterior, el *ectoplasma*, y otra interior, el *endoplasma*.

En el seno del citoplasma se hallan las *mitocondrías*, pequeños corpúsculos redondeados o alargados, que se suelen agrupar en filamentos. Hoy día se supone que las mitocondrías son las que dan origen a los *leucitos* o *plástidos* y se ha observado que al dividirse la célula, las mitocondrías se reparten por igual en las células hijas.

El *citoplasma* se coagula por el calor y por la acción de los ácidos acético, pícrico y por el alcohol; cuando se le quema desprende vapores amoniacales y los elementos minerales quedan bajo la forma de cenizas. La potasa cáustica diluída lo disuelve y el yodo y el ácido nítrico lo colorean en amarillo.

Tratado por el sulfato de cobre en solución concentrada, después lavado con agua y puesto en contacto con la potasa, aparece con un hermoso color violeta. Con el reactivo de Millón (disolución ácida de nitrato de mercurio) y ligeramente calentado, aparece con un tinte obscuro.

Se caracteriza además por la *instabilidad* en su composición, por ser el lugar de las reacciones químicas, de las que resulta la vida del organismo.

Las propiedades biológicas del citoplasma son cuatro: se *nutre*, se *reproduce*, es *contráctil*, *sensible* o *irritable*.

El citoplasma *respira*, es decir, que toma oxígeno del aire y exhala anhídrido carbónico (carbono -|- oxígeno).

A los cuerpos minerales, agua y otros compuestos, los absorbe y retiene o pierde según las circunstancias; en efecto, los pseudopodios que emite el ectoplasma rodean a ciertos cuerpos, los retienen y durante esta retención se apodera el endoplasma de los elementos que necesita, expulsando aquellos que no le son necesarios; como vemos, se verifican así dos procesos: uno de *asimilación* (anabolismo) y otro de *desasimilación* (catabolismo). Se efectúa así el crecimiento del citoplasma, poniéndose en condiciones de reproducirse, lo que efectúa generalmente por *estrangulación*, que es el modo más sencillo de reproducción.

Es *contráctil* y *movible:* se le ve unas veces dilatarse con uniformidad, otras veces se alarga sólo en determinados puntos del ectoplasma y forma unos apéndices llamados *pseudopodios.* Estas prolongaciones tienen formas muy variadas y cuando se encuentran dos convergentes, se unen, pudiendo originar formas reticuladas. La formación de los pseudopodios se atribuye a los movimientos del endoplasma, desplazándose la masa celular gracias a aquéllos, en los movimientos *ameboidales.*

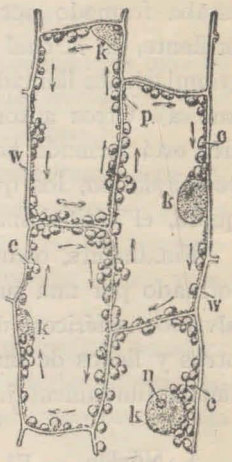


Fig. 3

Una célula de una hoja mostrando el movimiento de rotación (*ciclosis*) – w, pared celular; p, protoplasma; c, granos de clorófila; k, núcleo; n, nucleolo. Las flechas indican el movimiento que siguen los corpúsculos.

Esta propiedad se constata fácilmente en los mixomicetas, los cuales se desplazan lentamente de un punto a otro y en los anterozoides, órganos masculinos de reproducción, los cuales tienen movimientos muy rápidos e interesantes en las aguas donde caen.

En el interior del citoplasma se observan también movimientos que se llaman *corrientes,* las cuales pueden comprobarse por los corpúsculos que se hallan en suspensión en su masa, los que se ven arrastrados por ellas. Estos movimientos pueden ir dirigidos del centro a la superficie, de la superficie al centro o ser rotatorios, es decir, cuando los corpúsculos recorren la pared interna de la membrana celular. Este último movimiento se llama *ciclosis* (fig. 3).

Es *sensible* e *irritable* a la luz y la electricidad, tienen una gran influencia sobre las manifestaciones vitales del citoplasma. Se puede decir que busca la luz, pero que la huye

cuando es muy viva; que un calor moderado acelera los movimientos de su masa y que la corriente eléctrica lo irrita.

Se ha admitido hasta hace algunos años, que el citoplasma estaba formado por una substancia homogénea, semiflúida y brillante, en la cual se hallaban en suspensión una multitud de granulaciones llamadas *microsomas* (Teoría de la estructura granulosa). Otros autores admiten que la substancia citoplasmática está formada por una red de filamentos que forman el *espongioplasma*, los que se hallan contenidos en una parte líquida, el *hialoplasma* (Teoría reticular de Leydig).

Finalmente, otros biólogos admiten que el protoplasma está formado por una substancia *fundamental*, llena de cavidades o alvéolos, esféricos, de desigual tamaño, en contacto unos con otros y llenos de un líquido claro y menos denso que la substancia fundamental. (Teoría alveolar de Bütschli).

5. Núcleo. — El núcleo (fig. 4) es un pequeño cuerpo esférico u ovoide, encerrado en el seno del citoplasma y que es un elemento esencial de toda célula viva.

Es de naturaleza albuminoidea, con la misma composición que el citoplasma, pero conteniendo más fósforo.

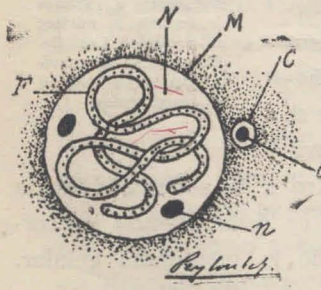


Fig. 4
Núcleo

Se halla formado:

1.° Por una membrana M, llamada membrana nuclear, que se colorea en rojo por el carmín.

2.° Por un filamento brillante F, llamado filamento *nuclear, espirema* o *cromático*, a causa de su facilidad en colorearse por el verde de metilo o por el verde de yodo.

El espirema se halla constituído por *linina* y *cromatina*. La *linina* forma el filamento brillante, en el que se encuentran

unas granulaciones en forma de rosario, las que están constituídas por *cromatina*, que se colorea por el verde de yodo, mientras que la *linina* no toma color.

3.° El espacio dejado en el núcleo por el filamento cromático, está ocupado por el *jugo nuclear* o *enquilema* N.

4.° En el núcleo se hallan uno o varios corpúsculos ovoides o redondeados *n*, de aspecto brillante, llamados *nucleolos*, y que son productos de las reacciones internas del núcleo.

Al lado del núcleo se hallan dos o más esferitas (hasta 12) llamadas *esferas directrices* o *centrosferas* dentro de las cuales se halla un corpúsculo, el *centrosoma*. La centrosfera desempeña un papel importante en la reproducción celular, como veremos más adelante.

En el núcleo no se encuentra ni almidón ni leucitos como en el citoplasma, pero en cambio es rico en materias albuminoideas y fosforadas y se le asigna hoy un papel importante en la nutrición de la célula.

Para probarlo Balbiani ha hecho este experimento: colocó un *Protococcus* (Alga unicelular) en el campo del microscopio y después lo dividió en dos partes: una con núcleo y otra sin él. La primera parte siguió viviendo y regeneró el protoplasma, mientras que la segunda no tardó en morir.

6. Los leucitos o plástidos. — Son pequeños granos esféricos que se hallan diseminados en el protoplasma y que tienen un activo papel en la vida celular. Se cree que tienen por objeto elaborar ciertas substancias necesarias para la vida de las plantas y en particular el almidón.

Hay dos clases de leucitos: los *incoloros* y los *coloreados* o *cromoleucitos*. Los primeros abundan en las raíces y se los distingue con el violeta de genciana, que los tiñe en violeta, sin colorear el protoplasma: son los que producen los granos de almidón. Los *cromoleucitos* son los que dan a las flores, frutos

y hojas, sus coloraciones características y entre ellos mencionaremos los *cloroleucitos*, abundantes en las hojas y teñidos en verde.

SECRECIONES DEL PROTOPLASMA

7. Membrana celular. — La célula se halla envuelta en una membrana, constituída por *celulosa*, substancia que se halla formada por carbono, hidrógeno y oxígeno. La *celulosa* es incolora, brillante, rígida e insoluble en el agua, alcohol, éter, álcalis

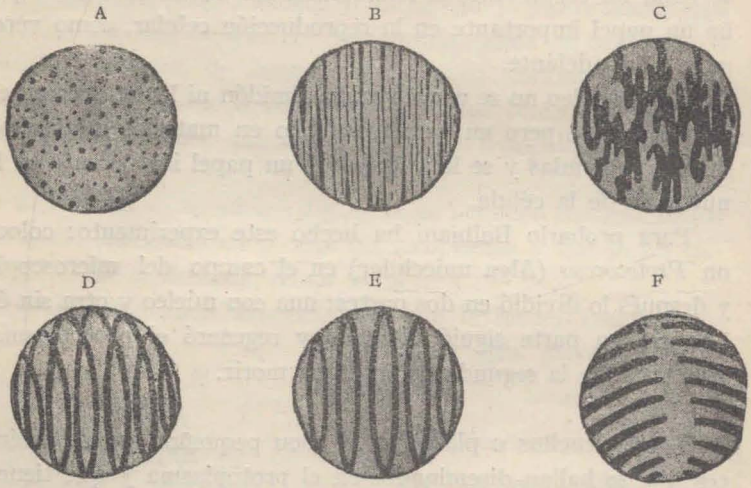


Fig. 5

A, célula con membrana punteada; B, rayada; C, reticulada; D, espiralada; E, anillada; F, escaleriforme.

y ácidos diluídos, pero soluble en el licor de Schweizer (solución amoniacal de óxido de cobre). Si se quiere separar el protoplasma de la membrana celular, se coloca la célula en alcohol o glicerina, que actúan como deshidratantes.

La membrana celular suele ser lisa y homogénea, pero con

el transcurso del tiempo crece en espesor y puede alcanzar a tener cien veces su espesor primitivo. El espesamiento puede hacerse: hacia el *interior*, estrechando de este modo la cavidad celular; hacia el *exterior*, agrandando el contorno de la célula, y finalmente hacia el *interior* y *exterior* y en este caso la cavidad celular se estrecha, a la par que aumenta el contorno de la célula. En cualquiera de estos casos, el espesamiento no es uniforme y entonces resulta que al observar las células por transparencia, aparecen unos lugares más obscuros que otros, debido al relieve que toman ciertas partes y que se llaman *esculturas*. Esta es la razón de que las células se presenten con la membrana *punteada, rayada, reticulada, anillada, espiralada, escaleriforme*, etc. (fig. 5).

8. **Modificaciones químicas de la membrana.** — Las células cuando son jóvenes, tienen sus membranas formadas por celulosa, pero a medida que envejecen, la celulosa se transforma y se convierte en *cutina, suberina* o *lignina*.

La superficie de las raíces, de los tallos, de las hojas y de los frutos se cubre de *cutina*, que los hace impermeables a los gases y a los líquidos. La cutina se forma en la *pared externa* de las *células superficiales* y encierra menos oxígeno que la celulosa; se la puede reconocer de esta última, por las siguientes reacciones:

1.° La cutina no se disuelve en el licor de Schweizer, mientras que la celulosa es soluble.

2.° La cutina, con el cloroioduro de zinc se colorea en amarillo y la celulosa en azul.

3.° La cutina, con la fucsina se colorea en rosa, mientras que la celulosa no toma color.

La *suberina* se encuentra en *toda la extensión* de las paredes celulares y en la generalidad de los casos abarca la suberización varias capas de células, formando el *corcho* o *súber*. Presenta un color amarillo o rojizo y es muy elástica y se la puede observar

en muchas plantas (Alcornoque, Olmo, Arce, Sauce, Haya, Alamo, Plátano).

La *lignina* es la substancia fundamental de la madera. Tiene un color pardo, es dura y quebradiza. Es más rica en carbono que la celulosa y de ahí que al arder desprende mayor cantidad de calor.

La lignina es una substancia elaborada por el protoplasma y que se incrusta en la *cara interna de las paredes celulares*, aumentando así la resistencia. Se colorea en rojo por la fucsina, lo mismo que la cutina, pero se la distingue de esta última por el sulfato de anilina que colorea la lignina en amarillo oro, mientras que la cutina no toma color.

En resumen, la *lignina* es la substancia de sostén de la planta, tornando los tejidos duros y quebradizos, mientras que la *cutina* y la *suberina* son materias protectoras.

En ciertos casos la membrana celular al contacto del agua forma una especie de gelatina o goma, como ocurre con el Agar-Agar (Alga) y con las semillas del lino y del membrillo. Esta transformación se llama *gelificación*.

En muchos casos, la membrana celular se impregna de ciertas materias minerales, como ocurre con muchas células de los tallos del trigo, cuyas membranas presentan incrustaciones de sílice, la que comunica mucha rigidez a los tallos. Esta transformación se llama *mineralización*.

9. El jugo celular. — El jugo celular está constituído por gotitas de líquidos que ocupan las cavidades o vacuolos que hay en el seno del protoplasma. Está formado por una gran variedad de substancias, entre las que citaremos los *ácidos* (cítrico en las naranjas y limones, málico en las manzanas, etc.), *azúcares, diastasas alcaloides, agua, almidón, aleurona,* etcétera.

10. Diversos modos de reproducción celular.—La célula vegetal puede multiplicarse de diversos modos que pasaremos a estudiar.

1.° Por *renovación celular*, en que el protoplasma se contrae, y expulsa parte del jugo celular; la membrana celular se rompe y escapa el protoplasma que, una vez libre, se reviste de una nueva membrana.

2.° Por *división directa*, en que el núcleo se va adelgazando en su parte media y concluye por formarse dos núcleos, al mismo tiempo que el protoplasma y la membrana se estrangulan, formándose dos células con un núcleo cada una.

3.° Por *brotación*, en que la célula madre emite un brote que se va agrandando hasta separarse de ella. Es de notar que las células que se reproducen por brote carecen de núcleo, como ocurre con las levaduras de cerveza.

4.° Por *conjugación*, en que se necesitan dos células para formar una célula hija; si las dos células que intervienen en la conjugación son iguales, ésta se llama *isogámica*, y si son desiguales, *heterogámica*.

5.° *Cariocinesis*. — Toda planta tiene origen en una célula única: la *célula huevo*, que es engendrada por un vegetal y tiene la propiedad de subdividirse un gran número de veces, para constituir finalmente otra planta de la misma especie. Con este fin, la célula huevo se divide en otras dos equivalentes y cada una de éstas en otras dos y así sucesivamente.

Pero la célula, cuando se divide, no se estrangula simplemente, sino que su núcleo interviene en una forma muy especial. A esta clase de división se le ha llamado *cariocinesis* o *cariomitosis* (fig. 6).

Los fenómenos comprenden cuatro fases:

PROFASE: Un poco fuera del núcleo y en la masa del protoplasma existen dos pequeñas esferas brillantes, llamadas *directrices*, colocadas la una al lado de la otra y que contienen cada una en su centro, un pequeño corpúsculo obscuro, el *centrosoma* (1). Cuando la célula huevo está a punto de dividirse,

las esferas directrices se alejan una de otra (II) y se colocan en dos puntos opuestos del núcleo, tomando el aspecto de estrellas, y de ahí el nombre de *asters*, con que también se las conoce.

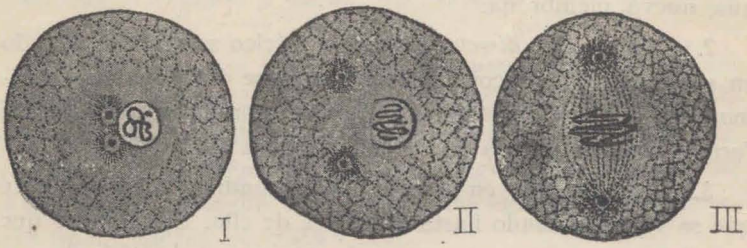


Fig. 6
CARIOCINESIS: — Profase.

Mientras tanto la membrana nuclear desaparece y en su lugar el protoplasma se dispone bajo la forma de pequeños filamentos granulosos que se extienden de un aster al otro, tomando el aspecto de un *huso* (III); esos filamentos se llaman acromáticos porque no se tiñen con los reactivos característicos del núcleo, que son el carmín y el verde de metilo. En cuanto al filamento cromático del núcleo, se divide en dos, cuatro o seis partes, llamadas *cromosomas*, las que tienen la forma de una V o de una U.

METAFASE: Los cromosomas se disponen horizontalmente en el plano ecuatorial de la célula, con sus vértices dirigidos hacia el centro de la misma (IV).

Si se examina al microscopio, con gran aumento, un cromosoma, se observa que está formado por una hilera de granulaciones, llamadas *cromomeros*, formados por cromatina y que el resto del filamento es una substancia homogénea formada por linina (V).

En la metafase, los cromomeros están dispuestos en dos series paralelas, las que provienen de haberse hendido longitudinalmente las cromosomas (V).

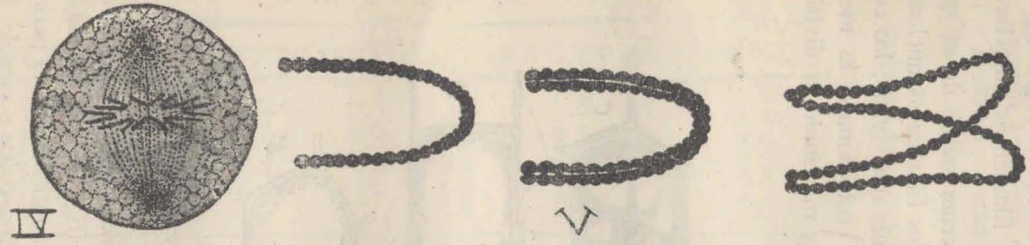


Fig. 6
CARIOCINESIS: — Metafase.

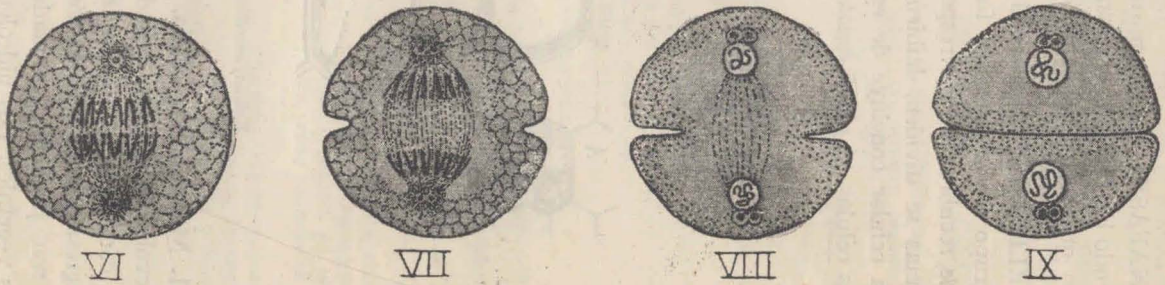


Fig. 6
CARIOCINESIS: — Anafase y Telefase.

ANAFASE: Los cromosomas emigran hacia el aster (VI), siguiendo los filamentos acromáticos que les sirven de guías (VII), por lo que se les ha llamado también filamentos directores.

TELEFASE: Llegados al aster, los cromosomas de un mismo grupo se sueldan y se forman así dos filamentos nucleares que se recubren de sus respectivas membranas (VIII); los centrosomas se dividen, habiendo cuatro centrosomas; la membrana celular concluye de estrangularse, marcando la división de las células, el plano *ecuatorial* (IX).

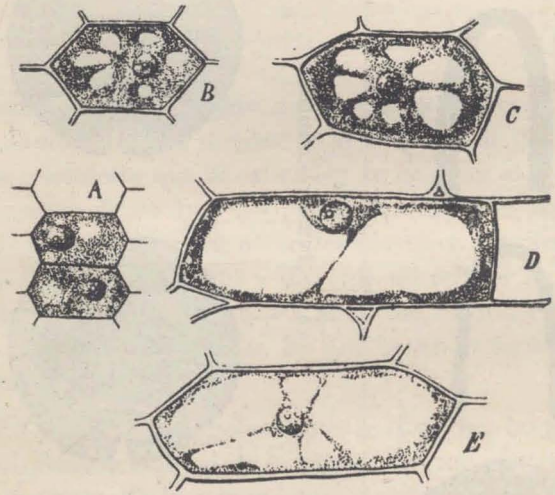


Fig. 7

Estados sucesivos de una célula completa.

11. Muerte de la célula. — La célula vegetal experimenta una evolución notable; cuando es joven (fig. 7, A) el citoplasma llena completamente la cavidad celular anunciándose el período de regresión por la formación de los *hidroleucitos* o *vacuolos* (B) que son pequeñas cavidades que contienen agua y otros jugos vegetales. Los hidroleucitos van aumentando en número

y volumen (C), llegan a fusionarse y desplazan el núcleo contra la membrana (D) o lo dejan en el centro (E).

Cuando la célula envejece, el núcleo acaba por desaparecer y la célula muerta queda reducida a la membrana y al jugo celular.

CUADRO SINÓPTICO PARA EL ESTUDIO DE LA CÉLULA

- **CÉLULA**
  - **PROTOPLASMA**
    - **Citoplasma**
      - Composición: Carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, etc.
      - Caracteres físicos: Semiflúido, coloidal hialino.
      - Propiedades biológicas: Respira, se nutre, es contráctil y movible, sensible o irritable.
    - **El núcleo comprende**
      1. Membrana nuclear.
      2. Filamento nuclear o espirema.
      3. Jugo nuclear o enquilema.
      4. Los nucleolos.
    - **Los Leucitos puede ser**
      - Incoloros o amiloleucitos.
      - Cromoleucitos o coloreados: Xantoleucitos (amarillos). Cloroleucitos (verde).
  - **SECRECIONES DEL PROTOPLASMA**
    - **Membrana celular**
      - Composición: Carbono, hidrógeno y oxígeno.
      - Caracteres físicos: Incolora, brillante, rígida, insoluble en el agua y en el alcohol, soluble en el óxido de cobre amoniacal.
      - Modificaciones químicas: Se convierte en cutina, suberina o lignina. En ciertos casos se gelifica o mineraliza.
    - **El jugo celular puede estar formado.**
      - Agua.
      - Acidos.
      - Cuerpos grasos.
      - Azúcares.
      - Almidón.
      - Aleurona.
      - Diastasas, etc.

NOTAS COMPLEMENTARIAS PARA EL ESTUDIO DE LA CÉLULA

1. Breve reseña histórica. — Las células fueron primeramente observadas en los vegetales por el naturalista inglés Roberto Hooke en 1667; posteriormente Marcelo Malpighi en 1674 las llamó utrículos o vesículas vegetales.

En 1800, De Mirbel y Turpin las consideraron como individualidades fisiológicas y les dieron el nombre de células. Estos dos sabios dejaron de considerar las vesículas de Malpighi como cavidades huecas y observaron que en su interior se producían fenómenos biológicos muy importantes.

Schleiden, en 1838, observó en el seno del protoplasma una masa granulosa más obscura, el núcleo, aunque Fontan en 1781 parece que ya la había entrevisto.

Schwan, en 1839, extendió a los animales la concepción celular de los botánicos; para Schwan la célula estaba compuesta por: 1.° Una membrana de envoltura; 2.° Un contenido más o menos líquido; 3.° Un núcleo.

En 1843, Hugo Mohl describe bajo el nombre de protoplasma, una substancia contenida en las células vegetales análoga a la que Dujardin en 1838 había designado con el nombre de Sarcoda, la cual había sido observada en una gran cantidad de microorganismos y particularmente en las Amibas. Más tarde, el concepto de célula se modificó profundamente gracias a las investigaciones de Max-Schultze. Recklinghausen, Kuhne, Beale, etc. El primero de ellos, en 1863, establece el concepto moderno de la célula, considerando que el protoplasma y el núcleo son las partes más importantes, mientras que la membrana celular es una parte accesoria, que falta frecuentemente en las células animales.

Respecto al nombre de células con que se les designa, diremos que no han faltado los autores que han deseado darles un nombre más propio, tales como el de plástidas, enérgidas, etc., pero ninguna de estas denominaciones ha prosperado y el nombre de célula predomina todavía.

2. Estado que afecta el protoplasma. — El protoplasma afecta el estado **coloidal.** El nombre de coloides nos trae a la memoria varios de ellos, tales como la cola, goma, gelatina, albúminas, engrudo, etc.; las disoluciones de estos cuerpos están formadas por un coloide hinchado por un líquido más o menos abundante. Los coloides difunden la luz, es decir, que dejan ver lateralmente un haz luminoso que los atraviesa; este carácter es general; toda solución coloidal aparece turbia por reflexión.

Las soluciones coloidales pueden filtrarse a través de una membrana de colodión; este procedimiento llamado del ultrafiltro, permite concentrar una solución coloidal o extraer parte del líquido envolvente. Además, cuando una solución coloidal se somete a la electrolisis, las partículas coloidales se mueven en masa hacia uno de los polos y al llegar a él se van coagulando y recubriendo de una capa insoluble; en esto se diferencian de los electrolitos porque éstos se transportan también pero fraccionados en iones.

3. Composición química del protoplasma. — El protoplasma está formado por compuestos inorgánicos y por compuestos orgánicos. Entre los primeros figuran el agua, las sales y los gases disueltos. Entre los segundos, se hallan los hidratos de carbono, las grasas, los ácidos orgánicos y las substancias albuminoideas o proteicas, que son las más importantes.

El albuminoideo más simple es la albúmina del huevo, pero los albuminoideos del protoplasma, ricos en fósforo, son mucho más complejos y se les llama proteidos, los cuales se dividen en dos grupos: los nucleoproteidos, propios del núcleo y los citoproteidos, propios del citoplasma.

4. Las funciones del núcleo. — El núcleo debe considerarse como un elemento esencial de toda célula viva. Hoy día se admite que la cromatina del núcleo preside todas las funciones que aseguran y mantienen la actividad celular, las cuales pueden referirse a tres: función de nutrición o trófica: de movimiento o cinética, y de reproducción o genética. Se piensa también que cada una de dichas funciones está presidida por una especie particular de cromatina, la cual se reparte de distinto modo en el cuerpo de la célula, con el objeto de que la función que debe cumplir sea en lo posible más perfecta.

5. Los mitocondrios. — Son granulaciones que aparecen en el citoplasma de algunas células. Dichas granulaciones se presentan colocadas en hileras o formando trazos alargados y continuos, como si los gránulos se hubiesen fundido unos con otros. Su presencia ha sido demostrada primero en las células germinales (óvulo y espermatozoide) de los animales, lo que ha hecho concebir la hipótesis de que junto con la cromatina del núcleo constituyen la materia de la herencia. Otros biólogos han observado los mitocondrios en los ovarios de varias Famerógamas, donde probablemente originan leucitos o plástidos.

6. Los leucitos o plástidos. — Son pequeños granos esféricos que se hallan diseminados en el protoplasma desempeñando un activo papel en la vida celular de los vegetales.

Se les llama también fotoplastos, cromatóforos, los cuales, por el color que definitivamente toman, se dividen en cloroplastos, cromoplastos y leu-

coplastos. Los cloroplastos o cloroleucitos tienen color verde y son los que forman los granos de clorófila; sólo se forman los cloroleucitos bajo la acción de la luz; así se les ve concentrados en determinadas partes del vegetal y ausentes en otras; cuando los órganos que los poseen se colocan en la obscuridad, los cloroleucitos se decoloran y aún los leucitos resultantes desaparecen más tarde; el frío, la falta de hierro o un calor muy intenso, logran el mismo efecto. Los cromoplastos son granulaciones de muy diversos colores que se hallan en muchas flores y frutos; desempeñan un importante papel fisiológico, pues seleccionan o templan los rayos luminosos para obtener un efecto particular, necesario a las plantas y además contribuyen a la atracción de los insectos y pájaros que juegan un papel tan importante en la polenización y dispersión de frutos y semillas. Finalmente los leucoplastos son incoloros y se les halla en los tejidos profundos de los vegetales y, por consiguiente, al abrigo de la luz. Son los leucitos que contribuyen a la formación de los gránulos de fécula o almidón, el cual en la planta constituye una reserva orgánica.

26. Piloriza. — La extremidad de la raíz está constituída por el *cono vegetativo*, que es un tejido meristemático (fig. 29), muy delicado, cuyas tres células iniciales dan origen a la epidermis, a la corteza y al cilindro central.

El cono vegetativo está protegido por la *piloriza* (coleoriza, espongiola o bonete) conjunto de células compactas y resistentes (fig. 30) y que le sirve como reja de arado para abrirse camino, estando colocado en las raíces aéreas y acuáticas a la manera de un dedo de guante, que recubre más o menos el cono vegetativo.



Fig. 28
Pelos absorbente

27. Tamaño de las raíces. — El estado del suelo y sobre todo su permeabilidad, su estado de división y la abundancia de

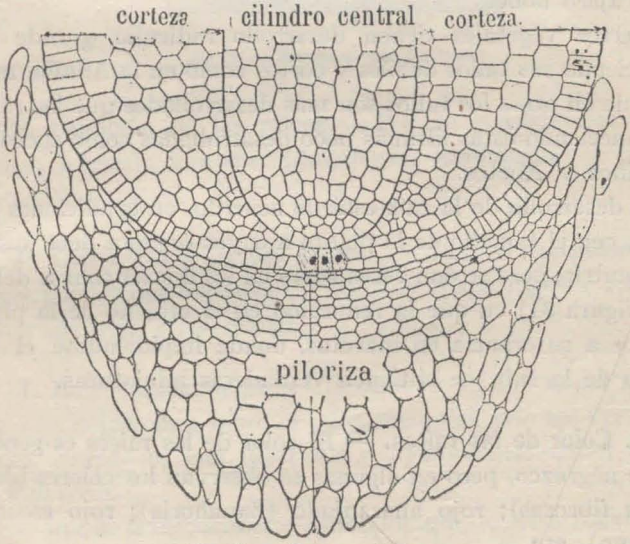
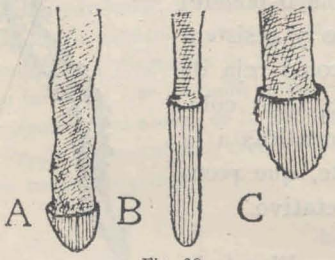


Fig. 29. — Cono vegetativo

agua, influyen poderosamente en el desarrollo de las raíces, y la raíz de una especie que vegetando en terreno muy compacto habría de quedarse muy corta, puede prolongarse mucho si vegeta en un terreno suelto. Como ejemplos de raíces de gran profundidad, se citan raíces de Vides y de Alcaparreros encontradas a más de trece metros de profundidad. Igualmente las



PILORIZA

A: de Espárrago
B: de Lentejas de agua
C: de Pandanus

Fig. 30

especies que crecen en las arenas movibles, como las de las dunas, se prolongan hasta encontrar la humedad necesaria. Ejemplo: Pájaro bobo.

Ciertos vegetales tienen desarrollo radicular grande permaneciendo sus tallos débiles y cortos como en la Alfalfa, mientras que en otros los tallos son más desarrollados que las raíces, permaneciendo estas últimas poco desarrolladas como sucede en los Pinos y Abetos.

El desarrollo de la raíz está de acuerdo, en condiciones normales, con el tamaño de la planta a cuyos órganos debe sustentar y nutrir; pero se dan casos como en los *árboles enanos* del Japón (figura 31) en que la reducción en el tamaño de la planta se debe a su crianza en macetas, donde impidiéndose el desarrollo de la raíz, se obtienen verdaderas miniaturas.

28. Color de las raíces. — El color de las raíces es generalmente negruzco, pero en algunas se observan los colores blanco (raíces fibrosas); rojo anaranjado (Zanahoria); rojo escarlata (Rábano), etc.

Las raíces aéreas pueden ser incoloras, verdes o negruzcas, pero siempre transparentes en su extremidad. Se dice que las raíces tienen *velo*, a las raíces aéreas que poseen un color opaco nacarado.

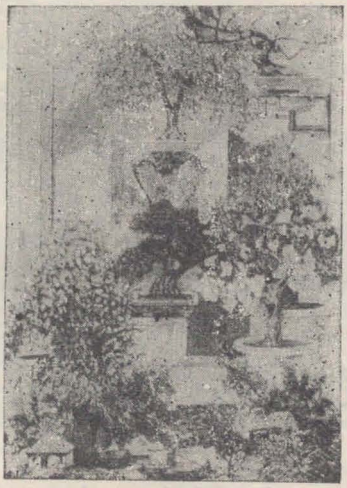


Fig. 31 — Arboles enanos del Japón

29. Duración de las raíces. — Por su consistencia: *anuales* (Trigo, Avena); *bianuales* (Zanahoria, Remolacha) y *perennes* (Arboles).

30. Consistencia de las raíces. — Por su consistencia las raíces pueden ser herbáceas o blandas (Espárrago) y leñosas o duras (Arboles y Arbustos).

31. Raíces adventicias. — Se llaman así las raíces que nacen y se desarrollan sobre el tallo, reemplazando las verdaderas raíces, cuando se han destruído o ayudándolas en su función de nutrición.

Se puede artificialmente conseguir que se desarrollen raíces

adventicias en la base de los tallos, para lo cual basta cubrirlos de tierra en esa parte, teniendo cuidado de humedecerla con

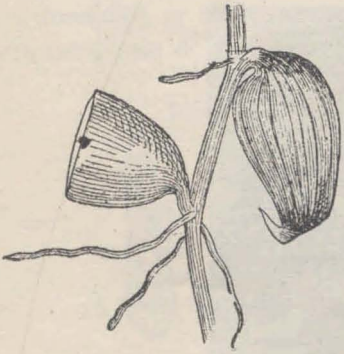


Fig. 32

Raíces adventicias de la Vainilla



Fig. 33

Fragmento de tallo de Hiedra con las raíces adventicias o *garfios* destinados a órganos de fijación.

frecuencia. No solamente el tallo produce raíces adventicias, sino que pueden producirlas también las ramas y las propias hojas (Begonias).



Fig. 34

El tallo del Fresal suministra numerosas ramificaciones rastreras (estolones), que ofrecen en los nudos muchas raíces adventicias, dando así origen a nuevos pies de la planta.

En algunos casos, como en la Vainilla (fig. 32) planta tropical, las raíces adventicias flotan en la atmósfera, contribuyendo a la nutrición de la planta. En la Hiedra (figura 33) y en otras plantas trepadoras, el tallo produce, en distintos puntos, a veces muy próximos unos de otros, raíces adventicias cortas, llamadas garfios, que toman cuerpo en la pared o sobre los troncos de otras plantas. Si la planta es rastrera, las raíces adventicias son muy largas, como ocurre con el Fresal (fig. 34). Ofrecen también ejemplos de raíces adventicias la Higuera de las Pagodas (fig. 35), Pandanus (fig. 36), Philodendron, Orquídeas, etc.



Fig. 35
HIGUERA DE LAS PAGODAS



Fig. 36
Raíces adventicias del Pandanus utilis

32. Geotropismo de las raíces. — Las raíces tienden a crecer hacia el centro de la tierra y esto se expresa diciendo que poseen un geotropismo *positivo*. Numerosos experimentos lo comprueban:

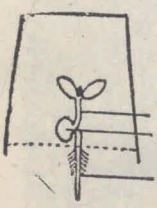


Fig. 37

Experimento del tiesto invertido



Fig. 38

1.° *Experimento de Knight.* Se hacen germinar unas semillas en el borde de un disco de unos 25 cms. de diámetro y que dé unas 20 vueltas por minuto; las raíces y los talluelos se desarrollan y crecen en la dirección que se les había dado al fijar las plantas en el aparato, pues en estas condiciones la fuerza centrífuga es casi nula. Pero si se hace girar el disco 50 vueltas por minuto se ve a las raíces desarrollarse hacia afuera y al tallo hacia el centro, es decir, en sentido contrario a la fuerza centrífuga, ocurriendo lo inverso para la raíz.

2.° Se siembra una semilla en un tiesto y se le cubre con una tela metálica: luego se le invierte (fig. 37); se observará que la raíz se desarrolla en el aire y en la luz, mientras que el tallo lo hace en la tierra y obscuridad en sentido opuesto.

3.° Se toma una semilla, que está germinando y atravesándola con un alfiler se la fija en un corcho de modo que la raíz tenga la punta hacia arriba (fig. 38).

Al cabo de dos o tres días podrá observarse que *la raíz* desarrollada se ha encorvado dirigiéndose hacia abajo mientras que el tallo lo ha hecho hacia arriba.

Hay que hacer notar que las raíces secundarias crecen también hacia el centro de la tierra, pero formando un ángulo dado con la raíz principal. Las raíces terciarias no están sometidas ya a la acción de la gravedad.

El geotropismo positivo de la raíz es muy importante porque permite que la planta se sostenga en el suelo. La fuerza con que se introduce la raíz es bastante considerable, lo que puede comprobarse con el disposivo de la fig. 39.

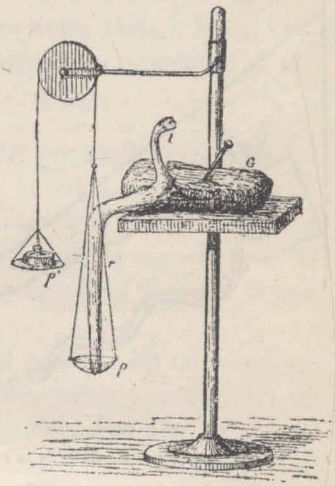


Fig. 39

Aparato que prueba la fuerza de penetración de las raíces en el suelo bajo la influencia del geotropismo. — La raíz de Haba *r* en germinación apoya en el cacito *p* obligándolo a bajar, levantando el platito *p* cargado de pesas.

Se coloca una raíz de Haba en germinación en el centro de un platillo adherido a un hilo arrollado a una polea y mantenido en equilibrio por medio de un platillo del mismo peso; la raíz al continuar su crecimiento puede vencer la resistencia de dos gramos colocados en el platillo de la izquierda.

A pesar de esto, la raíz huye de los contactos y presiones dirigiéndose siempre hacia las partes blandas.

33. Hidrotropismo de la raíz. — La raíz posee un *hidrotropismo positivo,* pero la humedad atrasa el crecimiento. Para comprobar su hidrotropismo se hace el siguiente experimento:

se toma un tamiz que hay que suspender oblicuamente después de haberle llenado de aserrín húmedo (fig. 40). En el aserrín germinan semillas cuyas raíces crecen en un principio verticalmente hacia abajo. Una vez que la punta de la raíz ha escapado por una malla al aire exterior, que no debe ser muy seco, se encorva inmediatamente hacia la superficie húmeda del tamiz. El geotropismo cede ante el influjo predominante de la humedad, por virtud de lo que podríamos llamar *hidrotropismo*. Luego que la punta ha penetrado en el aserrín, y siendo la humedad en todos los puntos igual, el hidrotropismo cesa de obrar y el geotropismo recupera sus derechos; una nueva flexión conduce otra vez la punta hacia abajo y ésta abandona de nuevo el tamiz. La punta gira por segunda vez hacia la superficie húmeda, se hunde en ella y, reproduciéndose la misma flexión alternativamente un gran número de veces, la raíz ondula en forma de sinusoide en la superficie del tamiz.

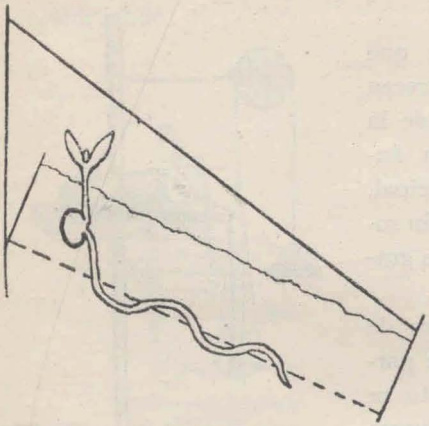


Fig. 40
Hidrotropismo positivo de la raíz

34. Termotropismo de la raíz. — Varios ensayos han comprobado que la raíz posee un termotropismo *positivo*. La temperatura óptima está comprendida entre 25.° y 30.°

35. Fototropismo de la raíz. — Respecto al *fototropismo*, hay que considerar dos casos: el de las raíces aéreas y el de las terrestres. La mayor parte de las raíces aéreas (Orquídeas)

muestran un geotropismo *negativo* muy enérgico y se disponen de tal modo que reciben la menor cantidad de luz.

Respecto a las terrestres, unas se muestran indiferentes a la acción de la luz (Tulipán, Azafrán); otras presentan un fototropismo negativo (Girasol, Haba, Guisante, Trébol, Maíz, etc.) y otras finalmente, muestran un fototropismo *positivo* (Ajo, Cebolla, Jacinto de Oriente).

36. Funciones de las raíces. — La principal función de las raíces consiste en extraer del seno de la tierra los jugos necesarios para la alimentación de la planta. Esta función se llama absorción y se ejerce en la mayor parte de la superficie de la raíz, por los pelos absorbentes que hacen oficio de pelos *chupadores*.

Las raíces son también órganos de reserva: las raíces carnosas de Remolacha, Nabo y Rabanito tienen azúcar; las de Dalia, inulina, y las de Mandioca, almidón. Por otra parte, penetrando las raíces más o menos en el suelo y ramificándose en su seno, sirven para dar fijeza al vegetal y permiten que los órganos aéreos, tallos, ramas y hojas, adquieran gran desarrollo.

37. Aplicaciones de las raíces. — Son muy importantes las aplicaciones que tienen las raíces en economía doméstica o en medicina. El arrowroot, el salep y la mandioca, son féculas extraídas de las raíces. Son dignas de citarse la Remolacha, Zanahoria y Salsifí, por su poder alimenticio. En medicina se usan: las raíces del Ruibarbo, de la Jalapa y del Gengibre, lo mismo que el Asafétida y la Ipecacuana y finalmente son muchas las raíces llenas de materias colorantes usadas en tintorería, como las de Rubia, de Cúrcuma, etc.

38. Modificaciones de las raíces. La vida de las plantas con raíces almacenadoras, acuáticas, trepadoras, epífitas y parásitas. — En la raíz, órgano destinado a sustentar y nutrir la planta, podemos observar que se convierte en raíces *fijadoras*

o *garfios* (Hiedra); en raíces únicamente *absorbentes* en las plantas flotantes, puesto que el agua constituye de por sí un sostén; en raíces ricas en *materias de reserva* (zanahoria, nabo, rabanito, etc.), y, finalmente, las raíces *aéreas*, cumplen las funciones de respiración y asimilación para lo cual algunas poseen clorófila. Las raíces de la Cuscuta penetran sobre el tallo del huésped y chupan la savia de este último.

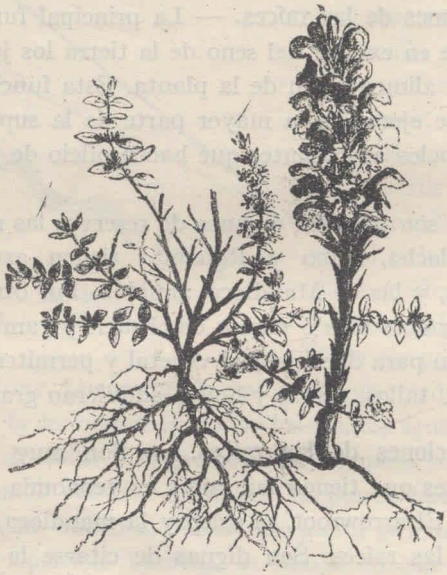


Fig. 41. — OROBANCA
Parásita del Tomillo

Hemos visto anteriormente que la falta de clorófila, torna a un sinnúmero de plantas *parásitas*, es decir, que tienen que vivir a expensas de otros seres organizados, animales o vegetales. Pero no deben considerarse como parásitas todas las especies que viven sobre otras, pues muchas veces en vez de perjudicarse se prestan una mutua y valiosa ayuda; es un caso de *comensalismo*, que se llama SIMBIOSIS.

La *lucha por la vida* es la causa que obliga a los seres organizados a asociarse, y como dice Odón de Buen: "entendida en su verdadero significado, es el conjunto de competencias que todo ser ha de evitar o ha de destruir, para que su organismo conserve la plenitud de su desenvolvimiento, la normalidad de sus funciones; y para sostener con ventaja esta lucha incesante, no hay mejor medio que la asociación".

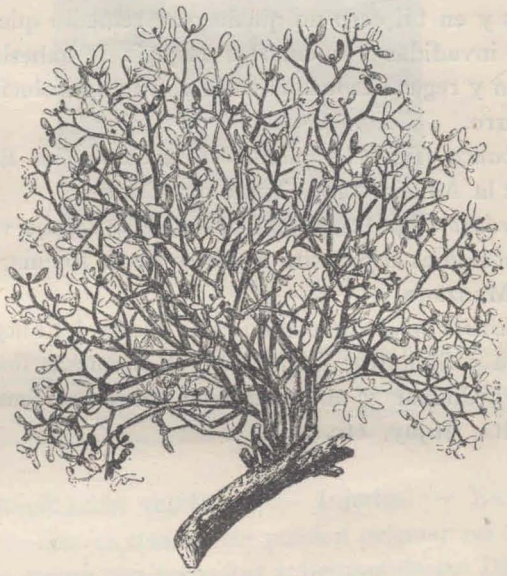


Fig. 42. — MUERDAGO

Parásito del Manzano, Peral y Castaño; de sus frutos se obtiene liga para cazar pájaros

Estas asociaciones son frecuentes entre las mismas plantas (caso de los Líquenes) y entre plantas y animales (casos de ciertos Acaros e Insectos que viven sobre las plantas en ciertas cavidades donde se refugian y hallan abrigo y defensa, a la par que defienden al vegetal de otros parásitos y le proporcionan un alimento con sus excreciones).

Entre las principales plantas *epífitas* (plantas que viven sobre vegetales) figuran:

La *Cuscuta*, que por medio de raíces adventicias vive sobre la Alfalfa, Trébol, Cáñamo y Lúpulo enlazando los tallos de dichas plantas con sus tallos *volubles* y delgados. Para evitar la producción de la Cuscuta, sólo se deben sembrar semillas esterilizadas en laboratorios especiales y garantidas de no contener semillas de parásitos. A pesar de todo suele invadir los cultivos y en tal caso no queda otro remedio que arrancar las plantas invadidas y quemarlas después de haberlas regado con petróleo y regar después el suelo con una disolución de sulfato de hierro.

La *Orobanca* (fig. 41), planta áfila, común en Europa, es parásita de la Alfalfa, Lino, Tomillo y Cáñamo.

El *Muérdago* (fig. 42), que a pesar de su follaje verde provisto de clorófila es el parásito histórico de la Encina, del Fresno y del Manzano.

La *Euphrasia antártica*, común en la Tierra del Fuego; *Rafflesia*, de Java y Sumatra; *Loranthus*, con hermosas flores rojas, parásita del Chañar y abundante en Córdoba, Santiago del Estero, Salta, Jujuy, etc.



Fig. 66
PITA
(Agave americana)

Es oriunda de América. La planta florece y fructifica al cabo de diez o más años y después de poco tiempo muere. Las flores nacen sobre un pedúnculo de seis a ocho metros de altura, que se llama astil. En Méjico, donde se hallan hermosísimos ejemplares, hacen incisiones en la yema terminal y recogen un líquido azucarado, que una vez fermentado constituye una bebida alcohólica llamada pulque.

48. Multiplicación vegetativa. — Injertos. — En los vegetales organizados, ciertas partes pueden originar un nuevo vegetal, como ocurre con las raíces tuberosas de las Dalias; ciertos tallos originan nuevos individuos, como pasa con los tubérculos, bulbos, rizomas y estolones. Algunas hojas pueden también vegetar, como las de Begonia.

En jardinería, para efectuar la multiplicación vegetativa artificial, se hacen *injertos*, *acodos* y *gajos*.

El *injerto* consiste en insertar un brote que tenga una yema de la planta que se quiere propagar, sobre otra planta silvestre o cultivada. Las dos plantas deben ser de la misma especie

o muy semejantes, siendo la mejor estación para injertar la primavera.

Hay varios modos de injertar; uno de ellos, llamado de *escudete*, se efectúa en esta forma:

Se corta un brote que tenga una yema de la planta que se quiere propagar y se le inserta en una incisión en forma de T que se hace en la planta silvestre, sujetándolo con una ligadura. El injerto debe hacerse en el *cambium*, entre el líber y la madera (fig. 67).

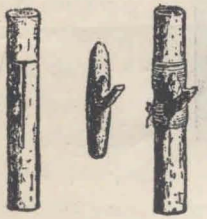


Fig. 67
Injerto de escudete



Fig. 68
Injerto de púa

Otro injerto es el de *púa* (fig. 68).

El *acodo* se observa en las plantas que tienen estolones, los que originan raíces, como pasa en el Fresal y puede practicarse artificialmente del siguiente modo:

Tomamos una maceta que tenga un agujero en el fondo y pasamos por él la rama de la planta, a la que hemos sacado ramitas y hojas para introducirla mejor.

Llenamos la maceta de tierra, y entonces, la rama emite raíces adventicias que son capaces de nutrirla, bastándonos cortar la rama a la altura del agujero.

Se multiplican por acodos las Magnolias.

La multiplicación por *gajos*, o por *estaca*, es la más sencilla y consiste en colocar en la tierra una rama cualquiera de la planta. Se reproducen en esta forma, el Sauce, la Higuera, los Rosales, etc.

49. Geotropismo del tallo. — El tallo normal primario y los tallos adventicios tienden a crecer de abajo arriba ↑ esto es,

en sentido opuesto a la fuerza de gravedad ↓, por eso se dice que el tallo tiene un geotropismo *negativo*. Si se coloca una maceta con una planta algo crecida, como indica la figura 69, las ramas que crecen se encorvan y tienden a dirigirse hacia arriba. Colocada una maceta horizontalmente, los tallos se encorvan hasta colocar sus puntas en línea vertical.

En algunos casos el tallo muestra un geotropismo *positivo*, como ocurre con los rizomas y tubérculos.

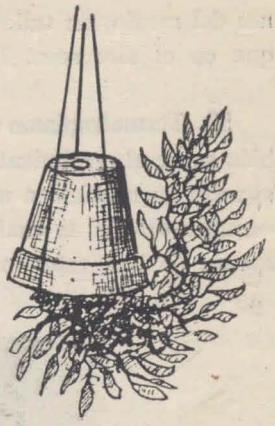


Fig. 69
Geotropismo negativo del tallo

50. Fototropismo del tallo. — Siendo los tallos tiernos se puede observar que colocados en una cámara que sólo recibe luz por uno de sus costados, se doblegan y tienden a dirigirse hacia la luz (fig. 70); de ahí que se diga que el tallo posee un fototropismo *positivo*, pero es de hacer notar que la *luz entorpece el crecimiento*, pues se ha medido la cantidad en que se alargan a un tiempo dos tallos de la misma especie y edad, colocados en iguales condiciones de temperatura y humedad, uno en la obscuridad y otro en plena luz, notándose que el primero tiene un crecimiento más rápido y forma entrenudos más largos que el segundo.

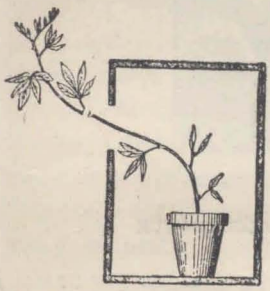


Fig. 70
Fototropismo positivo del tallo

51. Hidrotropismo del tallo. — La *humedad* del medio en que el tallo se desenvuelve ejerce una influencia indiscutible, acelerando su crecimiento. Siendo iguales las condicio-

nes del medio, un tallo se alarga mucho más en el aire húmedo que en el aire seco. Luego su hidrotropismo es positivo.

52. Termotropismo del tallo. — La temperatura influye también sobre el crecimiento del tallo. La velocidad del crecimiento alcanza su máximo a una temperatura dada que se llama *temperatura óptima*, la cual es variable: para la Mostaza, la temperatura óptima está comprendida entre 25° y 35° C.



Fig. 71
EXTRAYENDO EL CORCHO DEL ALCORNOQUE

53. Aplicaciones de los tallos. — Las aplicaciones de los tallos son numerosas en la industria y en la medicina, limitándonos a citar algunos ejemplos:

Las maderas de los Pinos y Cedros se usan en ebanistería y además suministran esencia de trementina, alquitrán y creosota; las Pitas nos dan fibras textiles; la Caoba, Roble y Ja-

carandá son muy apreciados como maderas para ebanistería; del tallo del Alcornoque (fig. 71) se extrae el corcho; del Aliso, al quemarlo, se saca un carbón utilizable en la fabricación de la pólvora; del Abedul se obtiene tanino, que sirve para curtir cueros y un aceite que se utiliza en la preparación del cuero de Rusia y como maderas duras son conocidas el Tala, Quebracho, Algarrobo, etc.

54. La vida de las plantas con tallos almacenadores subterráneos. — Hemos visto que ciertas plantas como la zanahoria y la remolacha almacenan reservas nutritivas en sus raíces, pero otras lo verifican en sus tallos. Es así que una planta de patata produce tubérculos ricos en almidón. Estos tubérculos pasan el invierno bajo el suelo y en la primavera siguiente, si encuentran las condiciones necesarias de aire, calor y humedad, desarrollan yemas las que originan tallos aéreos.

El topinambur puede subsistir así de un año para el otro gracias a sus tallos subterráneos.

Otros tallos almacenan una reserva de agua como ocurre con los Cactus, plantas que viven en regiones cálidas y secas; el agua acumulada la aprovechan en las épocas de sequía.

55. Tallos trepadores. — Tallos volubles. — Existen tallos que no son suficientemente fuertes para sostenerse en el aire; y para levantarse, se apoyan sobre todos los soportes que pueden encontrar. Estos tallos reciben, en general, el nombre de trepadores y entre ellos hay que distinguir los *volubles* y los provistos de *urilos*.

Los primeros se envuelven alrededor del tallo sólido de otra planta, aplicándose estrechamente, y por este medio se sostienen en el aire donde se desarrollan sus hojas y sus flores. Si observamos un joven tallo voluble, que no ha alcanzado todavía su soporte, se ve que a medida que crece, su extremidad describe casi una circunferencia; en este movimiento puede encon-

trar al soporte y envolverlo; una vez el soporte alcanzado, el tallo continúa su movimiento en forma de hélice, de modo que los tallos volubles pueden arrollarse de derecha a izquierda, o de izquierda a derecha, pudiendo establecerse que un tallo voluble de una determinada especie se envuelve siempre en el mismo sentido. Ejemplo: Lúpulo, Enredadera. Otros tallos, como los de la Vid y del Poroto, se elevan por medio de unos órganos llamados *urilos*, los que se arrollan alrededor de los soportes que pueden encontrar. Los urilos son modificaciones tanto de los mismos tallos, como de hojas o foliolos. Así los de la vid son ramas modificadas, mientras que los del Poroto provienen de foliolos.

Los urilos difieren de los tallos volubles, en el modo de arrollarse, pues cuando el urilo ha alcanzado el soporte, se recurva rápidamente para envolverlo.

Por otra parte, son sensibles al contacto mientras que los tallos volubles no lo son.

56. La vida del voluble y la del huésped. — En el estudio de la raíz, ya hemos visto cómo se comporta la Cuscuta, planta voluble, que por medio de raíces adventicias vive sobre la Alfalfa, Trébol, Lino, Cáñamo y Lúpulo, arruinando los cultivos.

57. Lianas. — Las lianas son plantas trepadoras, propias de las regiones tropicales. En ellas se incluyen especies de numerosas familias figurando hasta palmeras, helechos y orquídeas. Sus tallos trepadores llegan a medir algunas veces más de 300 metros y sirven también de soportes para otras especies.

CAPITULO V

Hojas de follaje: partes principales. — Color. — Tamaño. — Hojas carnudas. — Formas del limbo. — Borde. — Nervaduras. — Filotaxia. — Hojas compuestas. — Duración. — Hojas modificadas. — Estructura del limbo. — Estomas. — Estructura del peciolo. — Funciones. — Aplicaciones. — Modificaciones: zarcillos, filodos, espinas, aguijones, escamas, pelos. — Medios de que dispone la planta para recoger, ahorrar y eliminar el agua. — Medios de defensa. — Geotropismo. — Fototropismo. — Sueño de las plantas. — Plantas insectívoras. — Cuadro sinóptico para el estudio de las hojas.

58. Hojas de follaje: partes principales. — Las *hojas* son órganos apendiculares, destinados a ser los agentes de la Respiración, Absorción y Transpiración del vegetal.

Una hoja (fig. 72) se compone de tres partes:

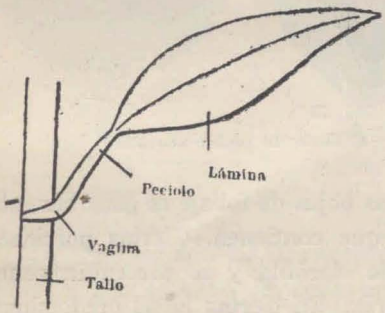


Fig. 72
Partes principales de la hoja

a) Un pedúnculo destinado a sostenerla, que se llama *pecíolo.*

b) Un ensanchamiento del pecíolo, llamado *vagina* o vaina, que sirve para insertar la hoja en el tallo.

c) Una parte laminar, más o menos ancha, llamada *lámina* o *limbo.*

En ciertos casos puede faltar el pecíolo (hoja sentada o sexil) como ocurre en las Gramíneas; en otros casos faltan el pecíolo y la vaina (Lirio) y finalmente puede faltar

el limbo y entonces la hoja constituída por el pecíolo solamente, constituye un *filodo* (Acacias) (fig. 73).

Las hojas que se desarrollan en el aire y que constituyen el follaje de las plantas, se llaman *ipsófilas*, mientras que las que viven bajo tierra, recubriendo los bulbos y rizomas, reciben el nombre de *catáfilas*.

Aquellas plantas que carecen de hojas, se llaman *áfilas*.

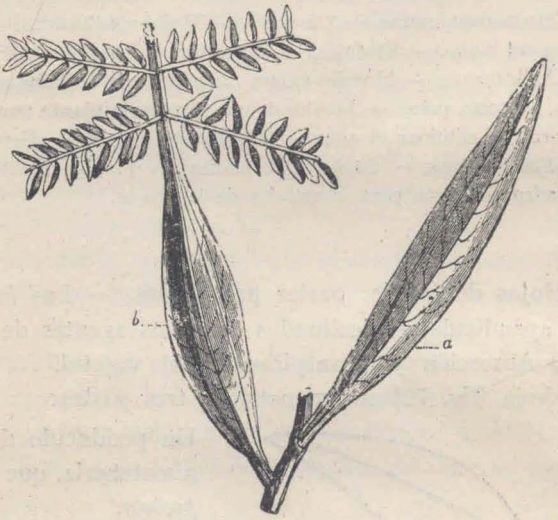


Fig. 73
HOJAS DE ACACIAS. — a) filodo; b) pecíolo alargado

59. Color. — El color de las hojas de follaje es generalmente verde, debido a la clorófila que contienen. Ciertas porciones del limbo carecen a veces de clorófila y se presentan como otras tantas manchas incoloras. En ciertas hojas predominan otros colores debido a la presencia de pigmentos rojos, amarillos, blancos, etc.

60. Tamaño. — El tamaño de las hojas es muy variado: los Pinos suelen poseer hojas pequeñas, mientras que el Bana-

nero, Palmeras, etc., poseen hojas de dos y tres metros de largo.

61. Hojas carnudas. — Lo mismo que ciertos tallos, las hojas de muchas plantas se vuelven *carnudas*, es decir que adquieren mucho espesor y acumulan en su interior una reserva de agua. Este carácter es peculiar de aquellas plantas que crecen en comarcas muy secas como las Pitas (Agave Americana).

62. Formas de limbo. — Las principales formas del limbo son:

Redondas: cuando las formas se asemejan más o menos a la de un círculo (fig. 74).

Ovales: cuando los limbos presentan el corte longitudinal de un huevo (fig. 75).

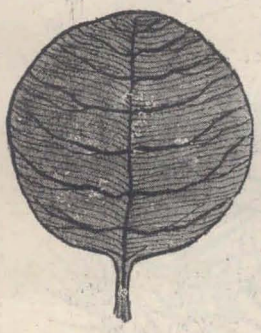


Fig. 74
Redonda



Fig. 75
Oval



Fig. 76
Elíptica

Elípticas: cuando las dos extremidades del limbo son redondeadas e iguales entre sí, como ocurre en la elipse (figura 76).

Reniforme: cuando los limbos afectan la parte del corte de un riñón (fig. 77).

Cordiforme: cuando los limbos afectan la forma del corte de un corazón (fig. 78).

Agudas: cuando los limbos afectan la forma triangular (fig.79).

Sagitadas o *asaetadas:* cuando el limbo se asemeja a una flecha o saeta (fig. 80).

Aciculax: cuando el limbo toma la forma de agujas (fig. 81).

Se llama hoja *peltiforme* (fig. 82) cuando el pecíolo en vez de insertarse en la base de la hoja, lo hace en la parte media

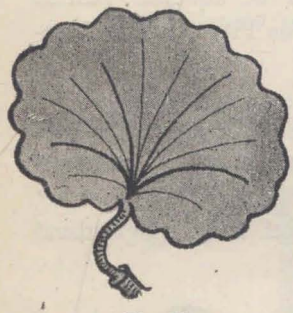


Fig. 77
Reniforme



Fig. 79
Aguda

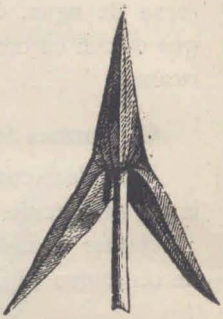


Fig. 80
Sagitada

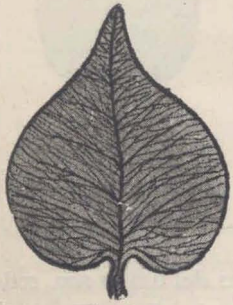


Fig. 78
Cordiforme

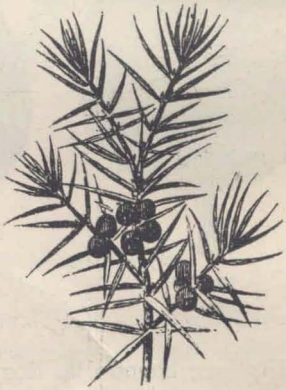


Fig. 81
Acicular

del limbo, dándole a éste el aspecto de un escudo (Taco de la Reina).

Hoja *perfoliada* (fig. 83) es una hoja reducida a su limbo y que parece estar atravesada por el tallo (Madreselva).

63. Borde del limbo. — El borde del limbo puede ser (fig. 84):

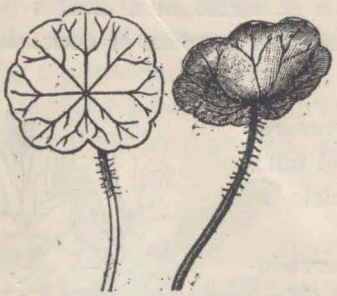


Fig. 82
Hoja peltiforme

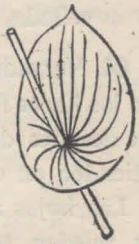


Fig. 83
Hoja perfoliada

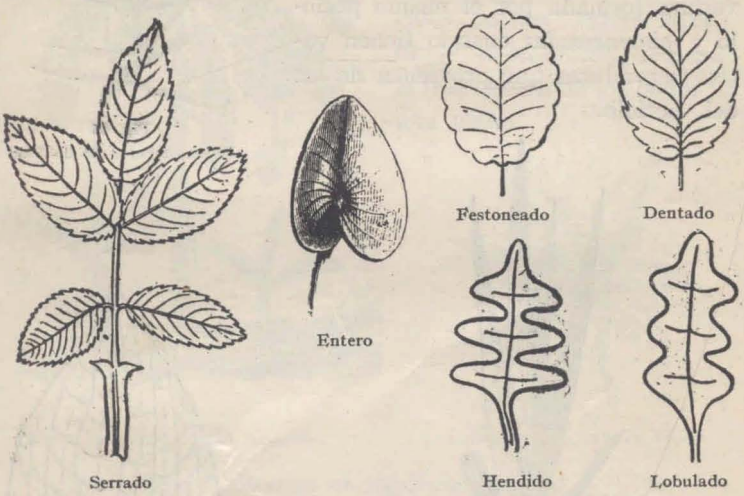


Fig. 84
CARACTERES DEL BORDE

Entero: sin escotaduras (Lila, Laurel).

Serrado: con escotaduras oblicuas como las de un serrucho (Rosal).

Festoneado: con sinuosidades redondeadas (Geranio).

Lobulado: con recortes profundos y redondos (Encina).

Hendido: con recortes profundos pero agudos.

Dentado: con incisiones que se asemejan a dientes (Cerezo). La superficie del limbo puede ser lampiña, es decir, sin pelos o velluda, con pelos.

64. Nervaduras. — Las *nervaduras* son los haces fibrovasculares del tallo, que después de recorrer el pecíolo, se extienden en el limbo.

Las hojas respecto a las nervaduras pueden ser: *uninervadas* (Pino) (fig. 85), cuando poseen una sola nervadura formada por el mismo pecíolo y *plurinervadas* cuando tienen varias nervaduras que provienen de las del pecíolo.

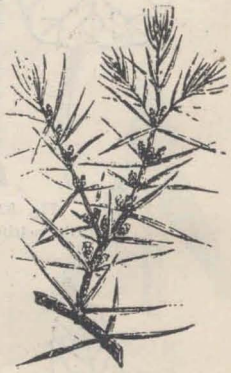


Fig. 85
Hojas uninervadas del Pino



Fig. 86
Hoja paralelinervada

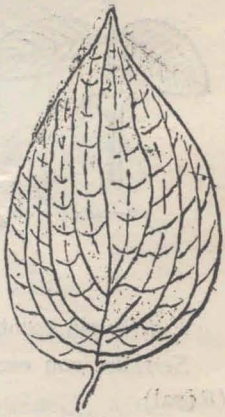


Fig. 87
Hoja curvinervada del Nogal

Las hojas *plurinervadas* pueden ser a su vez: *simplicinervadas* o *retinervadas*, según que las nervaduras no se ramifiquen o que lo hagan tomando la forma de una red.

Las simplicinervadas pueden ser: *paralelinervadas* (Trigo fig. 86) o *curvinervadas* (Nogal fig. 87) según que las nervaduras sean simples y paralelas o que formen curvas.

Las retinervadas pueden ser: *pinatinervadas* (Bananero) (fig. 88), o *palmitinervadas* (Ricino) (fig. 89), según que las nervaduras estén dispuestas como las barbas de una pluma de ave o que desde la inserción del pecíolo partan varias nervaduras divergentes, teniendo la disposición de los dedos de una mano.



Fig. 88
Hojas pinatinervadas del Bananero.



Fig. 89
Hoja palmitinervada de Ricino

Podemos hacer entonces el siguiente cuadro:

- **Nervaduras**
  - Uninervadas (Pinos)
  - Plurinervadas
    - Simplicinervadas
      - Paralelinervadas (Trigo)
      - Curvinervadas (Nogal)
    - Retinervadas
      - Pinatinervadas (Bananero)
      - Palmitinervadas (Ricino)

65. Filotaxia. — La *filotaxia* estudia la disposición de las hojas sobre el tallo. Puede ser: *alterna, opuesta* y *verticilada.*

Es *alterna* (fig. 90), cuando reunidos los puntos de inserción de las hojas en el tallo, resulta una línea ondulada (Manzano, Trigo, Ciruelo, Peral, Encina, etc.).



Fig. 90
Filotaxia alterna

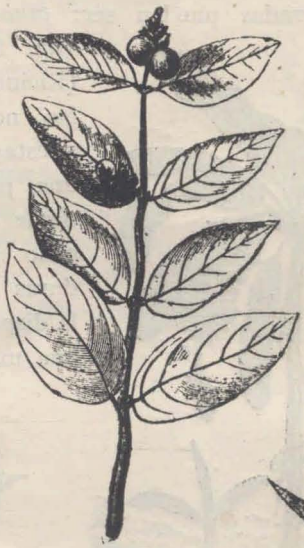


Fig. 91
Filotaxia opuesta



Fig. 92
Filotaxia verticilada

Es *opuesta* (fig. 91) cuando las hojas se insertan a la misma altura sobre el tallo, pero en dos puntos opuestos. (Clavel, Lila, Menta, Salvia, Sándalo, etc.).

Es *verticilada* (fig. 92), cuando las hojas forman de trecho en trecho sobre el tallo verticilos de tres o más hojas. (Laurel rosa, Adelfa, Rubia, etc.)

66. Hojas compuestas. — *Hojas compuestas* son las que tienen dividido el limbo en varias piezas distintas llamadas *foliolos*.

Las hojas compuestas pueden ser:

Hojas compuestas
- Pinadas
  - Imparipinadas
  - Paripinadas
- Palmiformes
- Bipinadas, Tripinadas

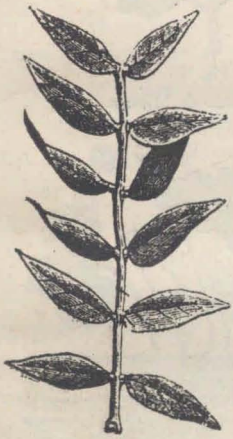


Fig. 93
Hoja paripinada del Fresno



Fig. 94
Hoja imparipinada del Trébol

Son *pinadas*, cuando a los lados del eje central o *raquis* se hallan los foliolos; es *paripinada*, cuando en la punta del raquis hay sólo dos foliolos (Fresno) (fig. 93); es *imparipinada*, cuando en el vértice del raquis hay tres foliolos (Trébol) (fig. 94).

La hoja compuesta es *palmiforme*, cuando los foliolos se hallan insertos en la extremidad del pecíolo (Castaño de la India) (fig. 95); es *bipinada*, cuando cada foliolo se subdivide a su vez en dos foliolos más pequeños (Aromo, Mimosa) (fig. 96).

67. Duración de las hojas. — Las hojas respecto a su duración pueden ser *caducas*, si mueren cada año y *persistentes* si

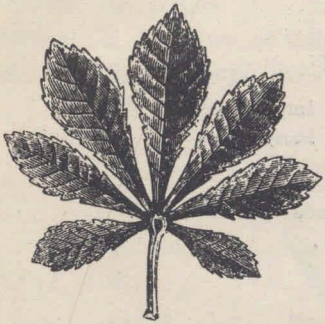


Fig. 95
Hoja palmiforme del Castaño de la India

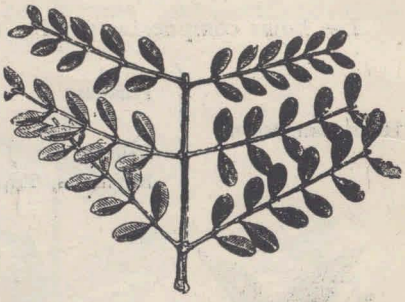


Fig. 96
Hoja bipinada de Mimosa

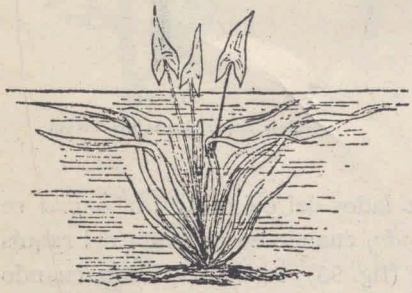


Fig. 97
Hojas modificadas de la Sagitaria

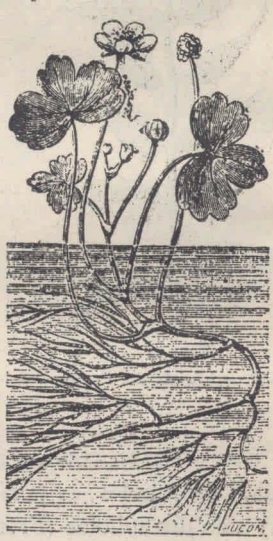


Fig. 98
Ranúnculo acuático

duran dos o más años. La muerte de la hoja se anuncia por la destrucción de la clorófila, coloreándose la hoja en amarillo o pardo, y se debe a la formación de una capa de corcho

Puede ocurrir también que las brácteas formen alrededor del cáliz, otra especie de cáliz destinado a protegerlo.

Los *cotiledones* (fig. 109) son las hojas del embrión de la planta. Si el embrión tiene un solo cotiledón, la planta se llama *Monocotiledónea;* si tiene dos, *Dicotiledónea* y si carece de ellos *Acotiledónea.*

69. Estructura del limbo. — Cortando transversalmente el limbo de una hoja (fig. 110 y 243) se puede observar:

a) la *cutícula* especie de barniz protector.

b) la *epidermis*, formada por células alargadas, sin clorófila.

c) *el parenquima clorofílico*, que forma un tejido denso en que las células alargadas se hallan verticalmente dispuestas por lo que recibe el nombre de tejido en *empalizada. No presenta* meatos o lagunas.

d) el *parenquima* también *clorofílico*, pero *lagunoso*, nombre que debe a la presencia de unas cavidades, llamadas meatos o lagunas, que facilitan la circulación de los gases. Las lagunas más próxima sa la cara ventral se llaman cámaras subestomáticas.

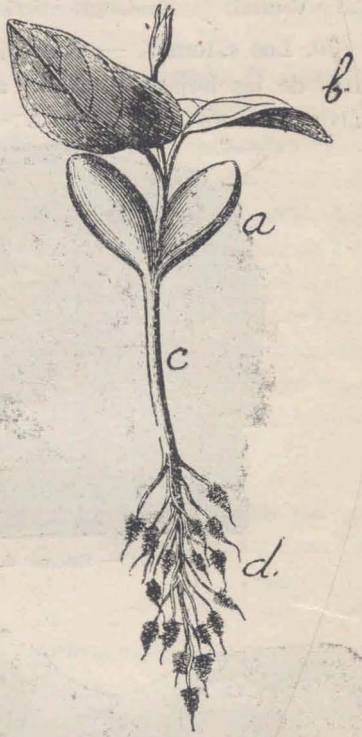


Fig. 109. — POROTO
a — cotiledones
b — hojas de follaje
c — talluelo
d — raicillas

e) una nueva *epidermis*, acribillada de estomas y pelos.

f) las *nervaduras*, que se hallan en el tejido lagunoso y que están formadas por los vasos *leñosos* (arriba) y vasos *liberianos* (debajo).

Resumiendo:

(Cara Dorsal) { Cutícula
Epidermis superior con pocos estomas

Corte del Limbo { Parenquima clorofílico { Tejido en empalizada
Tejido lagunoso con nervaduras. { V. leñosos
V. liberianos

(Cara Ventral) Epidermis inferior con estomas y pelos

70. Los estomas. — Son orificios que se encuentran en las caras de las hojas, pero más abundantes en la cara ventral. Pueden ser *aéreos* o *acuíferos*.

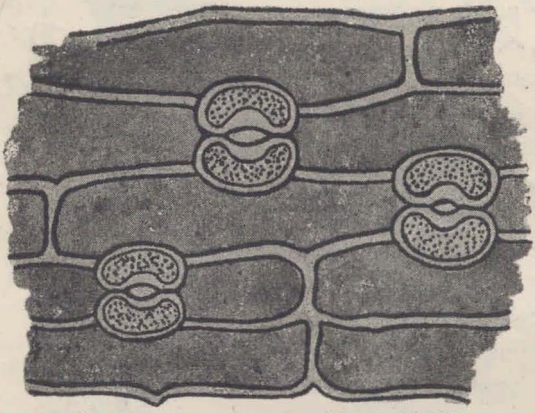


Fig. 111. — Estomas de la epidermis del Lirio

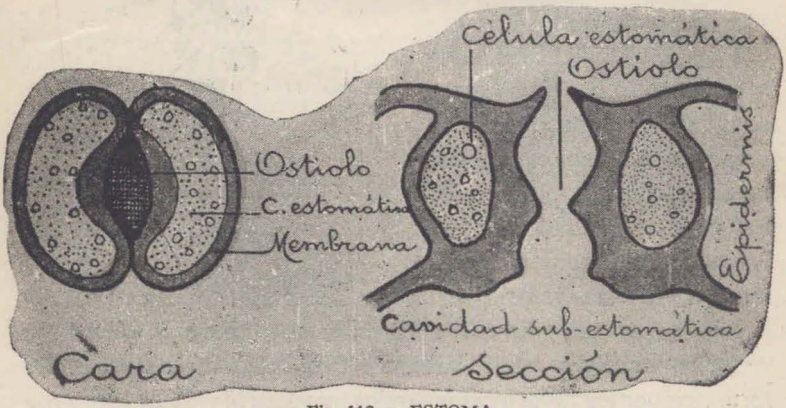


Fig. 112 — ESTOMA

Se hallan formados (fig. 111 y 112) por dos células en forma de porotos, reunidas por sus bordes y dejando un orificio, el *ostiolo*, que comunica con la cámara subestomática. El ostiolo se halla protegido del polvo atmosférico por los pelos.

Los estomas que desempeñan un papel importante en la Transpiración, se abren de día y se cierran de noche para evitar la evaporación del agua.

Para ver la relación que existe entre el número de estomas de la cara ventral y el que hay en la dorsal, hágase este sencillo experimento: Sumérjanse tiras de papel proporcionadas al tamaño de las hojas, en una solución de cloruro de cobalto al 4 % y déjense secar. El color del papel, una vez seco, es azul. A la hoja que se experimenta, se adhieren dos de estas tiras, una en cada cara; al humedecerse el papel, se nota que el color azul va cambiando y desprendidos los papeles y examinados con una lente, se observan sobre el fondo azul unos puntos rosas que corresponden a los ostiolos de los estomas. Se deduce del experimento que corresponden unos 350 estomas en la cara ventral por cada uno de los que existen en la cara dorsal.

71. Estructura del pecíolo. — El corte transversal del pecíolo (fig. 113) nos indica que puede ser cilíndrico, semicilíndrico ó achatado. Se nota en él:

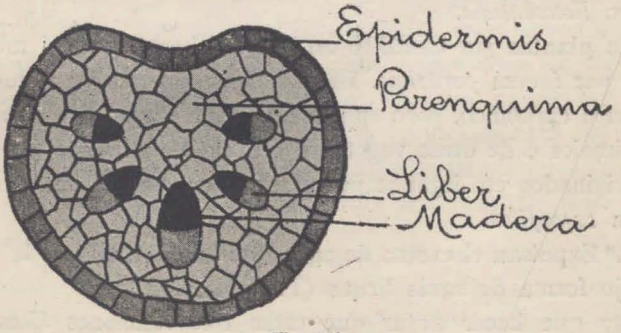


Fig. 113
Corte transversal del pecíolo

a) Una *epidermis*, con estomas y pelos.

La cara interna de la epidermis está convertida en una corteza colenquimática, destinada a hacer resistente el pecíolo.

b) Un *parenquima clorofílico.*

c) Los haces *liberoleñosos* del tallo que lo recorren en toda su extensión, en número de tres, cinco o siete y en disposición de arco, hallándose el más grueso en la parte inferior. Dichos haces que van a formar las nervaduras del limbo, tienen la misma disposición que en este último, es decir: los haces leñosos arriba y los haces liberianos debajo. Los primeros conducen la savia *bruta* o *ascendente;* los segundos, la savia *nutritiva* o *descendente.*

72. Funciones de las hojas. — Podemos resumir las funciones de las hojas, diciendo que:

1.° Absorben el oxígeno del aire y exhalan anhídrico carbónico (Respiración).

2.° Las hojas con clorófila, bajo la influencia de la luz solar, toman del aire el anhídrico carbónico y lo descomponen en sus dos componentes: *carbono* y *oxígeno;* se reservan el carbono y lo aprovechan para formar almidón, azúcar y otras materias nutritivas y exhalan el oxígeno, que contribuye a purificar la atmósfera. Esta función se llama *Asimilación clorofílica* o *Fotosíntesis.*

Las plantas sin clorófila no pueden bastarse a sí mismas y son por fuerza *parásitas.* Estas últimas no pueden reducir el anhídrico carbónico, pero suplen esta falta viviendo a expensas de animales o de otros vegetales, o si no absorbiendo los cuerpos originados en órganos putrefactos; en este último caso se llaman *saprófitos.*

3.° Expulsan el exceso de agua que ha circulado en la planta bajo forma de savia bruta (Transpiración.)

Hay que hacer notar que estas tres funciones (Respiración, Asimilación, Transpiración) no están solamente locali-

zadas en las hojas, sino que se ejercen también en los tallos, flores y frutos, pero como la superficie foliar es muy superior a la de esos órganos, puede decirse que la casi totalidad de esos fenómenos se verifican en las hojas.

Para el estudio de la clorófila y su preparación, ver los Nos. 17, 18, 19, 20 y 21 del Capítulo III de la II Parte (pág. 186).

73. Aplicaciones de las hojas. — Las catáfilas de los bulbos (cebollas, ajos, etc.) son nutritivas por el azúcar que contienen; con conocidos los usos de las lechugas, acelgas, espinacas, etc., ricas en almidón; en horticultura se ha conseguido obtener ejemplares de estas especies de gran desarrollo foliar, cosechándoselas antes de que florezcan las plantas. Algunas yemas folíferas son también comestibles. Otras hojas se emplean como condimentos. Para la alimentación del ganado se emplean los pastos duros o tiernos. La medicina hace uso de las infusiones de té, tilo, borrajas, etc.

Ciertas hojas suministran materias colorantes: (*Indigo*, azul; *Pastel*, amarillo, etc.); algunas hojas suministran excelentes fibras textiles, como las de la Pita, Caraguatá; finalmente, constituyendo el follaje de las plantas, dan al árbol toda su belleza.

74. Zarcillos. — Son filamentos que se encuentran en ciertos vegetales y que se arrollan alrededor de cuerpos extraños con el objeto de sostener la planta y permitirle así trepar, como puede observarse en la Vid. Los zarcillos provienen del aborto o degeneración de otros órganos y no hay una ley que determine su enrollamiento, pues éste puede hacerse de derecha a izquierda, de izquierda a derecha o de ambos modos a la vez.

75. Filodo. — Es un pecíolo ensanchado en forma de hoja, pero desprovisto de limbo. Los filodos son hojas abortadas y su expansión se distingue del verdadero limbo de una hoja en que este último tiene nervaduras secundarias que parten

de la nervadura central, mientras que los filodos tienen nervaduras longitudinales. Las acacias y los eucaliptos presentan ejemplos de filodos.

76. Espinas. — Las espinas son órganos vegetales, generalmente rígidos y vigorosos, en forma de punta y que están formados por haces fibrosos, teniendo por consiguiente, un origen leñoso. Deben ser considerados como órganos de defensa que posee la planta.

77. Aguijones. — Son órganos en forma de picos formados a expensas de la corteza y cuyo origen es celular, lo que los diferencia de las espinas. Se desprenden fácilmente de la planta y dejan una cicatriz poco profunda. Se les puede encontrar en todas partes de la planta y de ahí los nombres de aguijones de hojas, de carpelos, de frutos, etc., con que son conocidos.

78. Escamas. — Las escamas son láminas pequeñas, delgadas, secas y a veces coloreadas, que recubren y protegen ciertos órganos vegetales. El origen de estas escamas es foliar, o si no puede provenir de una estípula. Las escamas que recubren las yemas protegen estos órganos contra el frío y la humedad, y por esto se hallan bañadas muchas veces de un barniz viscoso y brillante que las hace impermeables, como pasa en el Castaño de la India y en el Alamo negro. Hemos visto que las escamas cubren también ciertos bulbos, llamados bulbos escamosos, y finalmente los cálices de algunas flores están formados por sépalos que tienen el aspecto de verdaderas escamas.

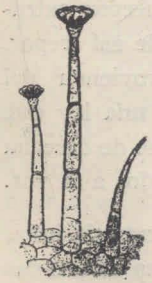


Fig. 114
Pelos del Cuerno del Diablo

79. Pelos. — Un gran número de plantas están más o menos cubiertas de pelos vegetales cuyo origen lo tienen en el tejido epidérmico. El pelo suele estar formado por una célula

que se ha alargado, y lo curioso es que puede el pelo ramificarse y tomar un aspecto estrellado. Los pelos que se hallan en las hojas, tallos o pedúnculos pueden darles aspecto lanoso, sedoso o un brillo particular (leonado, amarillo, etc.), y suelen contener materias resinosas, esencias, ácidos, llamándose pelos glandulares (fig. 114). Pueden ser también blandos y flexibles o frágiles y duros (ortiga) o rígidos y punzantes (borraja). Hemos visto, al hablar de la hoja, que los pelos que se hallaban en la cara inferior protegían los estomas de ser obturados por el polvo atmosférico, y diremos ahora que los pelos desempeñan importantes funciones en la reproducción sobre todo en las plantas Criptógamas.

80. Medios de que dispone la planta para recoger, ahorrar y eliminar el agua. — Hemos estudiado anteriormente, que la absorción del agua se verifica en su mayor parte por las raíces en la zona de los pelos absorbentes, y que la piloriza, órgano protector, desempeña el papel de reja de arado para hacer penetrar la raíz hasta gran profundidad a fin de encontrar el agua.

En las regiones cálidas, donde las lluvias son escasas, las plantas (cactus, higueras de Barbaria, etc.) poseen un tallo esponjoso y lleno del agua que han absorbido en la estación de las lluvias; esta agua es utilizada durante los fuertes calores constituyendo así una *reserva* o un *ahorro nutritivo*. Estas plantas se defienden del calor intenso que reina en la región, reduciendo sus hojas a la forma acicular para evitar una gran evaporación; y los tallos que son verdes y tienen, por consiguiente, clorófila, son los encargados de la asimilación clorofílica.

La eliminación del agua, que puede ser originada por varias causas, se verifica sobre todo por la superficie de las hojas, pero cuando la planta ha absorbido por sus raíces un exceso de agua lo elimina por *transpiración*, pero en otros casos, si el aire es muy húmedo y la raíz sigue absorbiendo agua, llega un momento en que se produce una presión interna en la planta y el agua

trasuda a través de los tejidos, apareciendo pequeñas gotitas de agua que constituyen el fenómeno de la *sudación*. Estas gotitas de agua se ven en las puntas de las hojas o en los bordes y no deben confundirse con el rocío.

81. Medios de defensa de que dispone la planta para protegerse de los animales. — Los enemigos de las plantas son los animales (Mamíferos, Insectos, Aves y Moluscos) y algunos vegetales parásitos como los Hongos.

Para contrarrestar su acción destructora la planta segrega venenos, comúnmente alcaloides, o substancias de mal gusto o de mal olor o se halla provista de espinas, aguijones, hojas punzantes, etc.

82. Geotropismo de la hoja. — La mayoría de las hojas colocan su limbo horizontal, debido a la influencia de la gravedad; la cara ventral mira al cielo y la cara dorsal a la tierra. Si la mano del hombre cambia o invierte esa dirección, el pecíolo se encorva y se retuerce lo necesario hasta que el limbo recobre su dirección primitiva.



Fig. 115

HOJAS COMPUESTAS DE OXALIS. — Vinagrillo

83. Fototropismo de la hoja. — Cuando se observa una planta que recibe la luz por uno de sus lados, se ve que las hojas disponen sus limbos en una dirección perpendicular a la de los rayos luminosos y si se cambia la dirección de la luz, las hojas efectúan movimientos tales que acaban por colocarse en la posición antedicha. Su fototropismo es, pues, positivo.

En cuanto a los zarcillos, sólo tienen un débil fototropismo positivo y algunos de ellos, como los del Guisante, carecen de energía fototrópica.

84. Sueño de las plantas. — Muchas plantas efectúan movimientos periódicos, cuyo mecanismo aún es poco conocido aunque influye, sin duda alguna, la luz.



Fig. 116
HOJA COMPUESTA BIPINADA DE SENSITIVA

Durante el día las hojas permanecen abiertas, es decir, en posición de *vigilia*, durante la noche las hojas se doblan unas contra otras constituyendo la posición de *sueño*.

Otras plantas (Oxalis, fig. 115, Acacias) tiene hojas compuestas y cierran los foliolos cuando reciben mucha luz y los van abriendo a medida que disminuye la intensidad luminosa.

Estos movimientos están destinados a impedir que se des-

truya la clorófila por la acción de una luz demasiado activa y a proteger a las hojas contra una evaporación excesiva.

Otras plantas están dotadas de una irritabilidad muy grande, como ocurre con la Sensitiva (fig. 116) que tiene hojas compuestas biplanadas, cuyos foliolos se doblan y el pecíolo baja al menor choque.

85. Plantas insectívoras. — Existe en el reino vegetal un grupo de plantas que tienen la propiedad de asimilar materias cuaternarias azoadas, como la albúmina, y que hacen una verdadera digestión de ciertos insectos, abandonando después las partes no asimilables, como la materia córnea.



Fig. 117
Drosophyllum

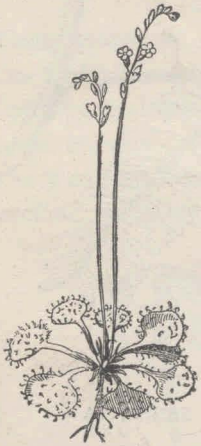


Fig. 118
Un pie de Drosera
(rocío de sol)

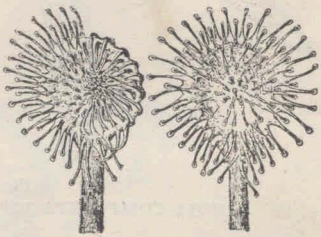


Fig. 119
GLANDULAS DE DROSERA,
a medio cerrar y abierta

Todas estas plantas poseen una sensibilidad manifiesta, pues los movimientos pueden ser provocados por la mano del hombre. Veamos las principales:

Drosophyllum (fig. 117), oriundo de Portugal. Tiene la planta unos pedúnculos que terminan en glándulas, las que segregan una

materia azucarada que atrae las moscas. Estos insectos con sus movimientos se reducen a la impotencia y la planta los va asimilando, terminando la digestión al cabo de siete u ocho días.

Drosera rotundifolia, común en Europa y en América (figuras 118 y 119). Esta planta posee en su parte inferior una corona de cuatro o seis hojas en las que hay glándulas que segregan un líquido viscoso; estas glándulas están rodeadas por pedúnculos que se cierran en el momento de la excitación y retienen los insectos, durando la digestión de diez a doce días. Se la encuentra en la Patagonia y en la Tierra del Fuego, en los suelos húmedos y montañosos.

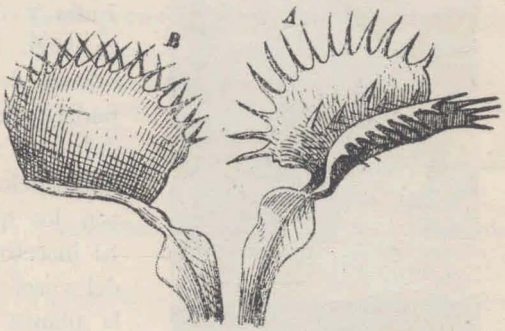


Fig. 120
DIONŒA (vista de lado). — A, abierta; B, cerrada.

Dion muscípula, oriunda de la Carolina del Norte (figuras 120 y 121). La planta tiene dos partes, las cuales se hallan dispuestas como

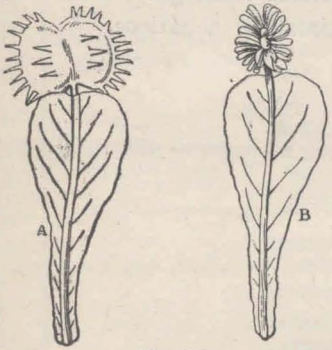


Fig. 121
DIONŒA (vista de frente). — A, abierta; B, cerrada.

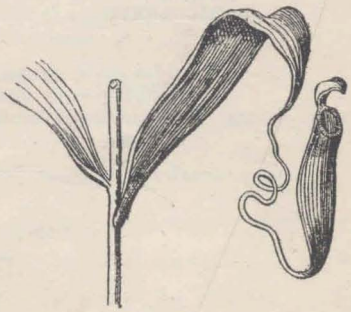


Fig. 122
NEPENTHES

las tapas de un libro y en cada parte hay tres espinas que son las que hacen excitar la planta. En los bordes hay unos pelos que sirven para cerrar mejor la hoja. Un insecto atraído por el néctar que hay en la hoja, se precipita sobre ella y al rozar una de las espinas la hoja se irrita y se cierra, entrecruzándose los pelos. La digestión dura siete u ocho días.

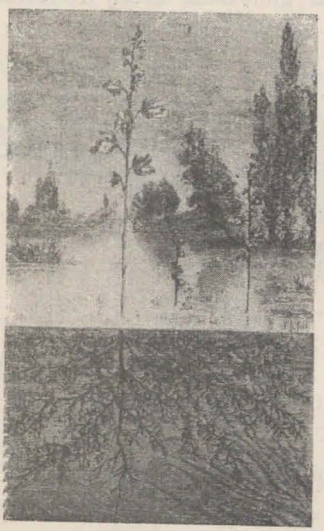


Fig. 123
UTRICULARIA

Nepenthes, oriundo de la India y de Madagascar (figura 122). La planta posee una especie de urna o vaso con tapadera (ascidio), en el fondo del cual se halla el néctar y unos pelos entrecruzados que son los que irritan la planta. El insecto penetra por la boca del vaso, toca los pelos, excita la planta y la tapa se cierra volviendo a abrirse al cabo de 8 a 15 días.

La *Utricularia* (fig. 123), es una planta acuática que tiene ascidios sumergidos donde caen animalitos acuáticos.

BIBLIOTECA NACIONAL DE MAESTROS

CUADRO SINÓPTICO PARA EL ESTUDIO DE LAS HOJAS

HOJAS

- **Composición**
  - Vagina, la cual puede faltar, ser muy pequeña o muy desarrollada.
  - Pecíolo, el cual puede faltar (hojas sentadas)
  - Limbo
    - Formas: Redondas, ovales, elípticas, reniformes, aciculares, cordiformes, agudas, etc.
    - Bordes: Entero, serrado, festonado, lobulado, hendido.
- **Color**
  - Verde, o manchado con otros pigmentos.
- **Tamaño**
  - Muy variado.
- **Medios en que se desarrollan**
  - Aire (ipsófilas).
  - Agua (acuáticas), convirtiéndose en filamentos o flotantes.
  - Tierra (catáfilas), protegiendo a los bulbos y rizomas.
- **Nervaduras**
  - Uninervadas
    - Simplicinervadas
      - Paralelinervadas.
      - Curvinervadas.
    - Plurinervadas
      - Retinervadas
        - Pinatinervadas.
        - Palmitinervadas.
- **Filotaxia**
  - Alterna.
  - Opuesta.
  - Verticilada.
- **Duración**
  - Caducas.
  - Persistentes.
- **Modificaciones**
  - Cambios de forma por adaptación al medio, urilos, estípulas, brácteas, lígulas, espinas, etc.
- **Estructura anatómica del pecíolo**
  - Una epidermis con estomas y pelos.
  - Un parenquima clorofílico.
  - Haces fibrovasculares.
- **Estructura anatómica del limbo.**
  - Una epidermis con pocos estomas.
  - Un parenquima en empalizada.
  - Un parenquima lagunoso en el que se intercalan haces fibrovasculares.
  - Una epidermis con muchos estomas y pelos.
- **Funciones**
  - Respiración.
  - Asimilación clorofílica.
  - Transpiración.
- **Aplicaciones**
  - Alimenticias.
  - Industriales.
  - Terapéuticas.
  - Ornamentales.

CAPITULO VI

LA FLOR

Flor: Flor completa, perianto, perigonio. — Flor unisexual, hermafrodita y estéril. — Planta monoica, dioica y polígama. — **Perianto:** Estudio del cáliz. — Estudio de la corola. — Color y perfume de los pétalos. — **Organos reproductores:** Estudio del androceo. — Estructura del filamento.— Estructura de la antera.— Caracteres del polen. — Gineceo. — El óvulo: Placentación. — Posiciones relativas de los estambres y del pistilo. — Origen de las partes de la flor. — Simetría floral. Diagramas. Fórmulas.

86. Flor. — Las plantas de la Naturaleza pueden dividirse en dos grandes grupos.

Plantas { Criptógamas (sin flores).
Plantas { Fanerógamas (con flores).

La flor, en las Fanerógamas, representa el órgano de reproducción de la planta.

87. Flor completa, perianto, perigonio. — Una flor completa (fig. 124) consta de cuatro verticilos que de afuera para adentro son: el *cáliz*, formado por sépalos; la *corola*, formada por pétalos; el *androceo*, órgano masculino, formado por estambres y el *pistilo* o *gineceo*, órgano femenino, formado por carpelos.

El cáliz y la corola son órganos accesorios, destinados a proteger el androceo y gineceo que son los órganos esenciales. El conjunto del cáliz y de la corola constituye el *perianto* de la

flor. Hay flores que carecen de corola y se llaman *apétalas*. Algunas son apétalas, pero poseen cáliz (Remolacha), con cáliz blanco (Clemátide). Otras flores carecen de cáliz y corola (Fresno).

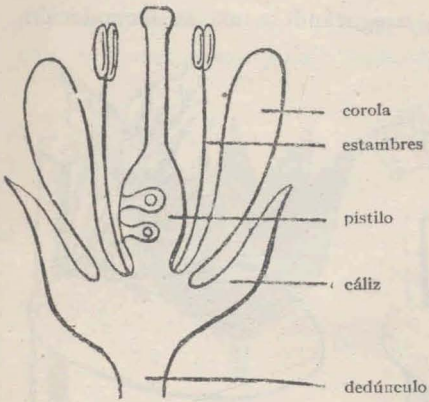


Fig. 124
Esquema de una flor completa

En ciertos casos, el cáliz y la corola se asemejan y hasta se confunden por su forma y color y estos fenómenos se expresan diciendo que la flor tiene *perigonio*, el cual puede ser *calicino* o *sepaloide* (Juncos, Palmeras), o *corolino* o *petaloide* (Iris, Tulipán), según que el aspecto se asemeje al cáliz o a la corola.

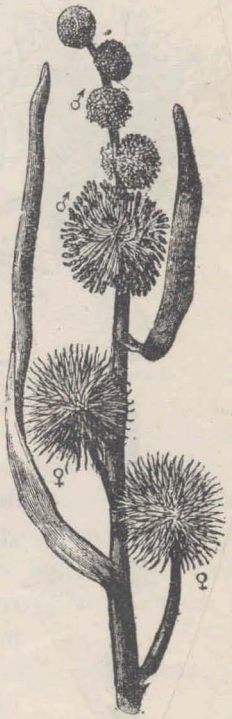


Fig. 125
Planta monoica (Sparganium). Las flores masculinas ♂ ocupan la parte superior y las flores femeninas ♀ la parte inferior.

88. Flor unisexual, hermafrodita y estéril. — Hay flores que sólo poseen androceo (flores masculinas) o gineceo (flores femeninas); en ambos casos se llaman flores *unisexuales*. Otras flores poseen ambos verticilos y reciben el nombre de *hermafroditas*. Finalmente, algunas flores, reducidas al cáliz y corola, carecen de órganos sexuales; son las flores *estériles*.

89. Planta monoica, dioica y polígama. — Planta *monoica* es la que tiene flores masculinas y femeninas en un mismo individuo; por lo común las flores masculinas se hallan arriba y las flores femeninas debajo, asegurándose así la fecundación

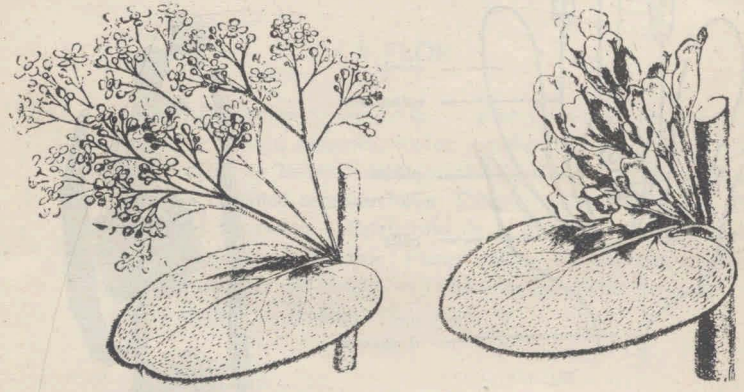


Fig. 126. — PLANTA DIOICA (Cissampelos). A la izquierda, rama de flores masculinas. A la derecha rama de flores femeninas.

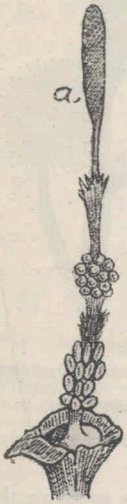


Fig. 127
Planta polígama (Arum)
Flores femeninas debajo
» masculinas en el medio.
a » estériles.

de estas últimas (Maíz, Sparganium (figura 125), Zapallo, etc.)

Planta *dioica* es la que tiene flores masculinas y femeninas repartidas en distintos individuos (Ombú, Cissampelos (fig. 126).

Planta *polígama* es la que tiene en el mismo individuo flores masculinas, femeninas, hermafroditas y en algunos casos estériles (Higuera, Espárrago, Arum) (figura 127).

PERIANTO

90. Estudio del cáliz. — El cáliz, generalmente de color verde, está formado por unas piezas llamadas *sépalos*. Los sé-

palos pueden ser dos, tres (trímero), cuatro (tetrámero), cinco (pentámero).

Pueden hallarse los sépalos libres, esto es, separados, y el cáliz se llama entonces *dialisépalo* o *polisépalo* (fig. 128); si los sépalos no están libres, es decir, que están soldados entre sí, el cáliz se llama *gamosépalo* o *monosépalo* (fig. 129).

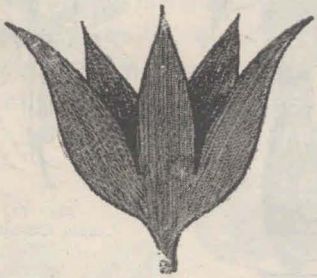


Fig. 128
Cáliz dialisépalo

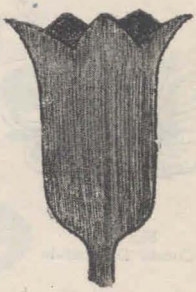


Fig. 129
Cáliz gamosépalo

Si todos los sépalos son de igual forma y de iguales dimensiones y se alternan con regularidad, teniéndose que el cáliz es *simétrico* con relación al eje de la flor, se le llama *regular*. Cuando, por el contrario, uno de los sépalos tiene mayor desarrollo que los demás, que van decreciendo a cada lado, el cáliz ya no es simétrico con relación al eje de la flor y recibe el nombre de *irregular*.

Las *formas* del cáliz son variadas, pudiendo ser: *tubular, inflado, bilabiado, plumoso, espolonado,* etc.

Respecto a su *duración*, pueden ser: *caducos*, si caen antes de que se abran las flores (Amapolas); *desiduos*, si su caída se produce después de la fecundación de la flor (Col) y *persistentes*, cuando se les encuentra todavía en el fruto (Peral).

91. Estudio de la corola.— La corola, como el cáliz, puede ser: *Dialipétala* o *polipétala*, con pétalos libres y separados (figura 130); *gamopétala* o *monopétala*, con pétalos soldados (fig. 131).

En uno o otro caso, puede ser *regular* o *irregular*, según que los pétalos sean o no iguales y estén o no simétricamente colocados con respecto al eje de la flor.



Fig. 130
Corola Dialipétala

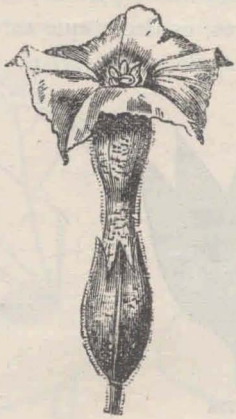


Fig. 131
Flor de Tabaco, de corola gamopétala regular

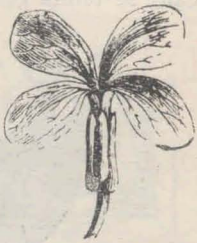


Fig. 132
Corola Cruciforme



Fig. 133
Flor de fresal de corola dialipétala regular.



Fig. 134
Corola Carofilia

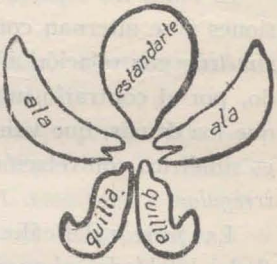


Fig. 135
Corola papilionácea

Las *formas* principales de corola polipétala regular, se designan con los nombres de:

Cruciforme, con cuatro pétalos por lo menos, dispuestos en cruz (Repollo, fig. 132).

Rosácea, con cinco pétalos por lo menos, dispuestos en rueda (Rosal, fig. 133, Manzano).

Carofilia, con cinco pétalos cuyas uñas son largas y están encerradas en un cáliz (Clavel, fig. 134).

Las *formas* principales de la corola polipétala irregular son:

Papilionáceas, así llamadas por su falsa semejanza con una mariposa; están formadas por cinco pétalos que reciben nombres particulares designados en la fig. 135. Es una forma de corola característica de la familia de las Leguminosas.

Corolas anómalas, que comprenden todas las otras corolas polipétalas que no pueden referirse a las formas precedentes (Acónito, fig. 136.)

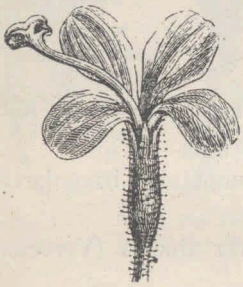


Fig. 136
Corola anómala



Fig. 138
Corola campanulada



Fig. 137
Pétalo

Un *pétalo* se halla formado por una parte estrecha, la *uña*, y una dilatación, la *lámina* (fig. 137). Anatómicamente, se compone de un parenquima muy delicado, recubierto por dos epidermis provistas de estomas.

Las *formas* principales de corolas gamopétalas regulares son:

Campanulada, en forma de campana (Campanilla, figura 138).

Infundibuliforme, en forma de embudo (Tabaco).

Hipocrateriforme, en forma de platito sostenido por un tubo (Jazmín del país, fig. 139).

Urceolada, en forma de urna (Huevo de gallo, fig. 140)

Rotiforme, en forma de rueda (Papa, fig. 141).



Fig. 139
Corola Hipocrateriforme

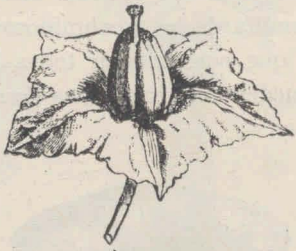


Fig. 141
Corola Rotiforme



Fig. 140
Corola Urceolada

Tubular, en forma de tubo y sin lámina, como en las flores centrales del capítulo de la manzanilla (fig. 142).

Las *formas* principales de corolas gamopétalas irregulares son:

Labiada, con dos labios y una garganta abierta (Verbena Salvia, fig. 143).

Personada, con los dos labios próximos, lo que le da el aspecto de una máscara (Conejito, fig. 144).

Ligulada, la lámina se prolonga en forma de lengua (Compuestas, fig. 145).

92. Color y perfume de los pétalos. — Los brillantes y variados colores que presentan los pétalos son debidos a diferentes causas: unas veces, el parenquima, que está formado por células blandas, está repleto de líquidos y gases que ocupan los meatos de las células. Es por esto que las flores del Lirio y de la Azucena pierden su blancura, cuando se aprietan los pétalos, pues esto provoca la salida de los gases quitando a la corola su color y su belleza.

Los colores azul, violeta y rosado se atribuyen a una materia colorante llamada *ciánica*, y los tintes amarillo, anaranjado y rojo, a otra conocida con el nombre de *xántica;* el color verde se debe a la *clorófila.*

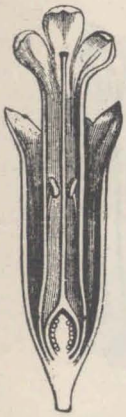


Fig. 142
Corola tubular



Fig. 143
Corola labiada



Fig. 144
Corola personada



Fig. 145
Corola ligulada

Respecto a los perfumes exhalados por las flores, diremos que tienen por causa las *esencias* (ver el capítulo de Productos de Reserva y de Excreción) alojadas en las células del parénquima o en órganos especiales, especies de reservorios que pueden verse por transparencia en los pétalos de las flores del Naranjo y del Limonero.

ORGANOS REPRODUCTORES

93. Estudio del androceo. — El androceo está formado por uno o varios ciclos de *estambres.*

Un *estambre* (fig. 146) se compone de tres partes: el *filamento,* que es un pedúnculo o soporte macizo; la *antera,* especie de

saco que encierra el *polen*, polvo fecundante de la flor y el *conectivo*, punto de unión de la antera con el filamento.

Cuando el filamento falta, el estambre se llama *sexil* (Magnolia) y cuando falta la antera, el estambre recibe el nombre de *estaminodio* (Alfilerillo).



Fig. 146
F: filamento
S: antera
C: conectivo
ESTAMBRE

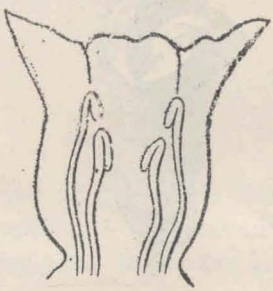


Fig. 147
Estambres didínamos de la Digital

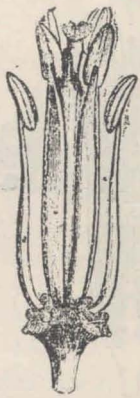


Fig. 148
Estambres tetradínamos del Alelí

El número de estambres que puede tener una flor es muy variable, pudiendo pasar de cien; cuando tiene un solo estambre, la flor se llama *monandra* (Valeriana roja); si tiene dos, *diandra* (Verónica); tres, *triandra* (Trigo Iris).

Cuando los estambres son más cortos que la corola, se llaman *inclusos* (Violeta, Lirio) y si son más largos, *salientes* (Gramíneas).

Cuando en una flor se encuentran dos estambres más largos que otros dos, se llaman *didínamos* (Digital, figura 147) y cuando el androceo está formado por seis estambres, de los cuales cuatro son más largos que los otros dos, los estambres se llaman *tetradínamos* (Repollo, Alelí, fig. 148).

Los filamentos de los estambres pueden soldarse para formar uno o varios haces, llamados *andróforos;* si forman un solo haz, reciben el nombre de *monadelfos* (Malva, Baobab, (fig. 149), Limón, Paraíso); si forman dos haces, *didelfos* (Porotos (figuras 150), Ceibo, Glicina, Arveja) y si forman varios haces, *polidelfos* (Ricino, fig. 151).

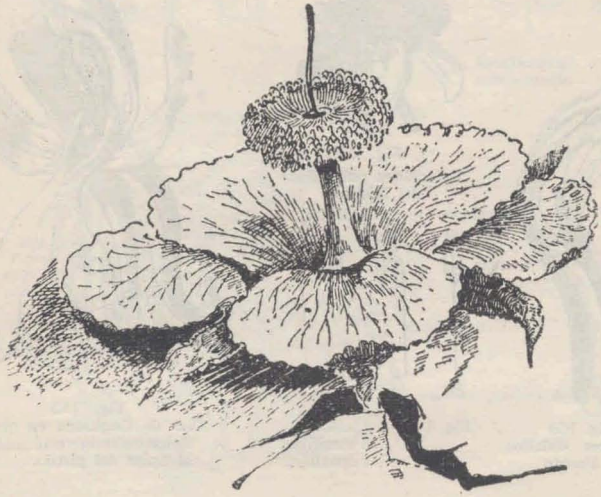


Fig. 149
Estambres monadelfos del Baobab

Cuando los estambres se sueldan por sus anteras, se llaman *sinantereas.* (Manzanilla, Girasol, Dalia, Escarola, Cardo). En otros casos, como ocurre en las Orquídeas (fig. 152), los estambres están soldados al pistilo, formando lo que se llama un *ginostema.*

Las anteras pueden ser: *basifijas, mesifijas* y *apasifijas,* según que la inserción con el filamento se haga en la base, en el medio o en la parte superior, en cuyo caso la antera es péndula (fig. 153).

94. Estructura del filamento. — El filamento puede ser capilar, cilíndrico o petaloide según que sea muy fino, más grueso y redondeado o alargado en forma de pétalo.



Fig. 151
Estambres polidelfos del Ricino



Fig. 150
Estambres didelfos del Poroto

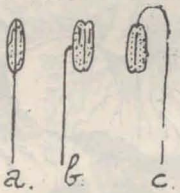


Fig. 153. — *a* basifija *b* mesifija *c* apasifija

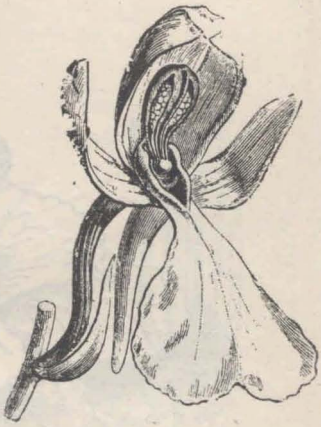


Fig. 152
Flor de Orquídea en que el único estambre está soldado al ápice del pistilo.

Un corte transversal del filamento nos hace ver que su estructura tiene mucha semejanza con la del pecíolo, hallándose formado por un parenquima recubierto por una epidermis provista de estomas; en el parenquima existen los haces fibrovasculares (fig. 154).

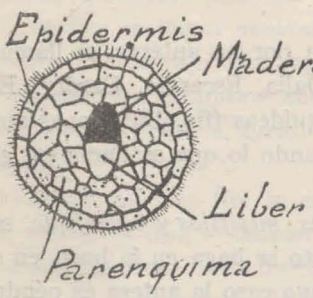


Fig. 154
Estructura del filamento

95. Estructura de la antera. — La antera puede tener varias formas: globulosa, ovoide, reniforme, cordiforme etc.,

y puede hallarse dividida en una, dos o cuatro cavidades llamadas *lóculos* o *tecas*.

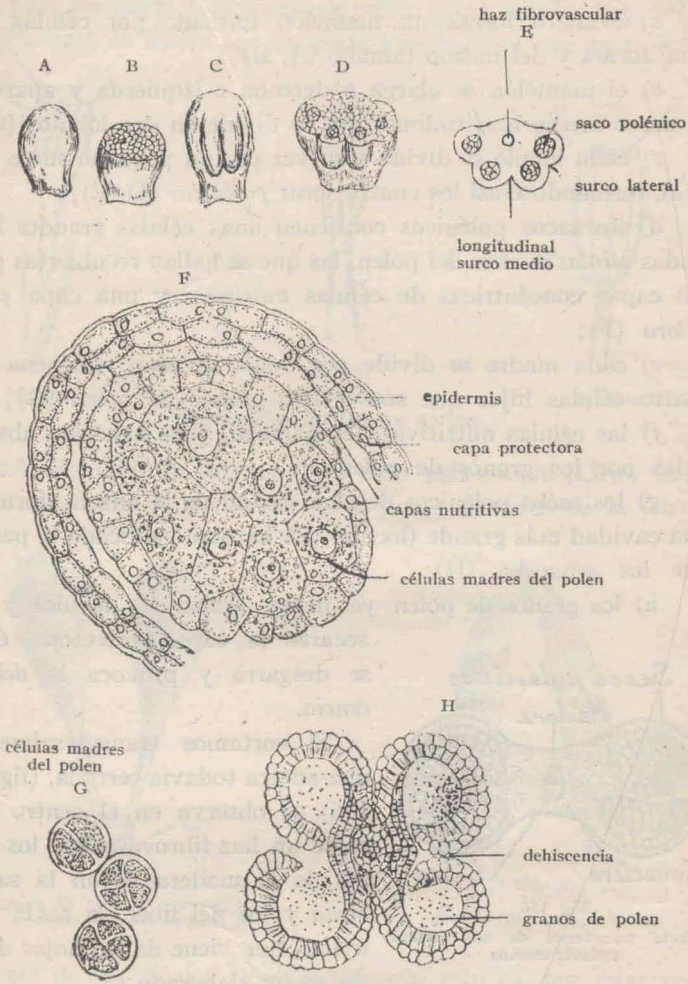


Fig. 155

La antera se desarrolla antes que el filamento y es por eso que se la encuentra *sexil* o sentada en los botones muy jóvenes.

Para comprender su estructura es necesario observarla en toda la evolución que ofrece su desarrollo (fig. 155).

a) Primero forma un mamelón formado por células de igual forma y del mismo tamaño (A, B);

b) el mamelón se alarga a derecha e izquierda y aparece un surco medio longitudinal, que lo divide en dos lóbulos (C);

c) cada lóbulo se divide a su vez por un pequeño surco lateral, formándose así los cuatro *sacos polénicos* (D, E);

d) los sacos polénicos contienen unas células grandes llamadas *células madres* del polen, las que se hallan recubiertas por dos capas concéntricas de células *nutritivas* y una capa *protectora* (F);

e) cada madre se divide por doble división endógena en cuatro células hijas que son cuatro granos de polen (G);

f) las células nutritivas desaparecen, pues han sido absorbidas por los granos de polen:

g) los sacos polénicos de cada mitad de la antera, forman una cavidad más grande (lóculo) por haberse gelificado la pared que los separaba (H);

h) los granos de polen ya libres, llenan los lóculos y al secarse la capa protectora, ésta se desgarra y provoca la *dehiscencia.*

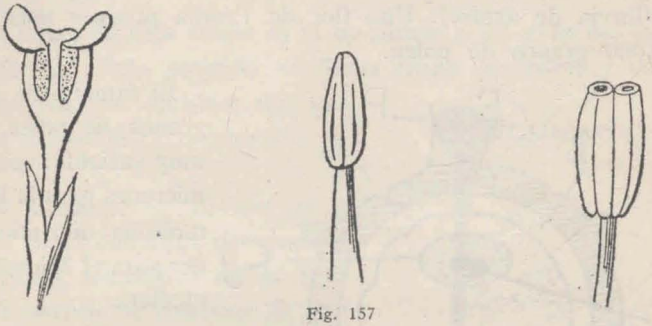


Fig. 156
Corte transversal de una antera todavía cerrada

Si cortamos transversalmente una antera todavía cerrada, (figura 156) se observa en el centro del corte un haz fibrovascular: los vasos de la madera llevan la savia *bruta* y los del liber, la savia *nutritiva,* que viene de las hojas donde se ha elaborado.

Esos mismos vasos se prolongan en el conectivo, que separa los dos sacos polénicos de la antera y se continúan con el haz fibrovascular del filamento.

Dehiscencia. — Se llama así la forma en que se abre la antera para dar salida a los granos de polen. Ella puede ser (fig. 157): *longitudinal*, es decir, por un corte longitudinal que se efectúa



Valvaria — Longitudinal — Poricida

Fig. 157
DEHISCENCIAS DE LA ANTERA

en cada lóculo de la antera; es el caso más común (Lirio, Azucena); *poricida*, es decir, por unos poros situados en la parte

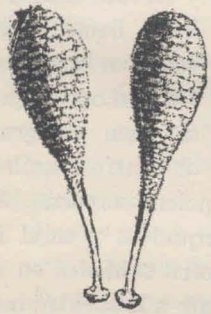


Fig. 158
Polen de Orquis, cuyos granos soldados forman las polinias

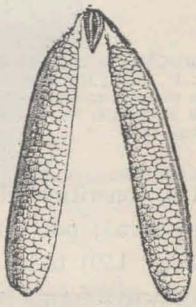


Fig. 159
Polinia de Asclepiadácea

superior de los lóculos (Papa); *valvaria*, esto es, por unas pequeñas valvas, una para cada lóculo (Laurel).

96. Caracteres del polen. — El polen está formado por granos muy finos de color amarillo, redondeados, cúbicos o po-

liédricos, de superficie lisa o provista de crestas, pliegues y poros.

Ciertas flores producen el polen en cantidades considerables (lluvia de azufre). Una flor de Peonia produce más de 3.600.000 granos de polen.

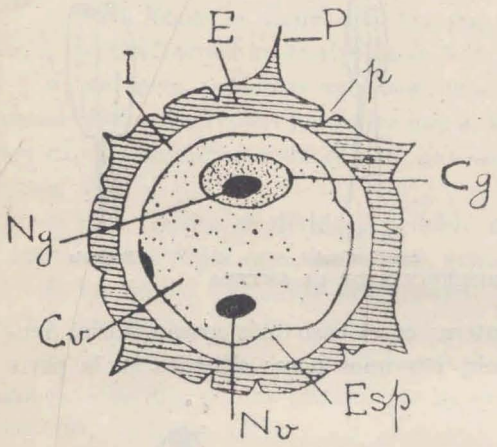


Fig. 160
ESTRUCTURA DE UN GRANO DE POLEN
E: Exina; I: intina; Esp.: espesamiento; Cv: célula vegetativa; Nv: núcleo vegetativo; Cg: Célula generatriz; Ng: núcleo de la célula generatriz; P: punta; p: poro.

El tamaño de los granos de polen es muy variable: veinte micrones para la Remolacha, diez micrones para el Miosotis, etcétera.

Por lo común, los granos de polen se hallan sueltos, aislados unos de los otros, y en este caso el polen se llama *pulverulento;* en otros casos, los granos de polen se unen en grupos de cuatro o múltiplo de cuatro, constituyendo lo que se llama polen *compuesto* (Aromo, Sensitiva); por último, en ciertas Orquídeas y en el Tasi (figs. 158 y 159) todos los granos permanecen soldados en una sola masa, cuya forma se amolda exactamente a la cavidad interna de los sacos polénicos, originando lo que se llama una *polinia.*

97. Estructura de un grano de polen. — Un grano de polen (fig. 160) está formado por dos células de desigual tamaño, contenida la pequeña en la grande, y envueltas en dos membranas. La exterior, llamada *exina,* es poco extensible y está adornada de tubérculos, crestas, prolongaciones que la erizan, poros, etc.; la interior, *intina,* es lisa, flexible y permeable.

Las dos células son nucleadas: la mayor se llama *célula vegetativa;* es rica en materias de reserva (almidón, azúcar, gotas de aceite, etc.).

El papel de esta célula es el de nutrir a las gametas masculinas. La célula pequeña se llama *célula generatriz* y es la que origina por división, dos gametas masculinas o *anterozoides.*

98. Gineceo. — El *gineceo* o *pistilo* es el conjunto de carpelos u órganos femeninos de la flor.

Un carpelo se compone de tres partes: el *ovario,* cavidad que encierra los óvulos, el *estilo,* filamento que corona el ovario, pero que a veces falta (Amapola); el *estigma* que es la parte terminal del estilo (fig. 161).

Las paredes del ovario están formadas por dos epidermis, que encierran un parenquima, en el cual se hallan intercalados los haces liberoleñosos.



Fig. 161
Pistilo

En algunos casos el pistilo no se compone más que de un carpelo y el ovario se llama *monocarpelar* (fig 162); en otros casos, el pistilo está formado por varios carpelos y se llama *pluricarpelar* (fig. 163).

Muy a menudo, los carpelos que no son sino hojas replegadas sobre sí mismas, sueldan sus bordes y forman tantas cavidades como carpelos, pero otras veces forman una sola cavidad. Dichas cavidades se llaman lóculos.

Los bordes carpelares tienen un espesamiento que se lla-

ma *placenta* y en esta última se insertan los óvulos por un pequeño cordón llamado *funículo.*

La fig. 164 muestra la disposición de las hojas carpelares para formar el ovario.



Fig. 163
Pistilo de Tulipán con un ovario formado por tres carpelos

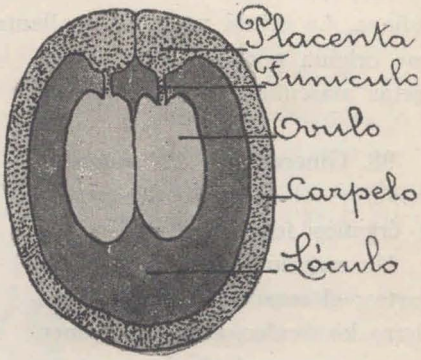


Fig. 162
Ovario monocarpelar de Guisante

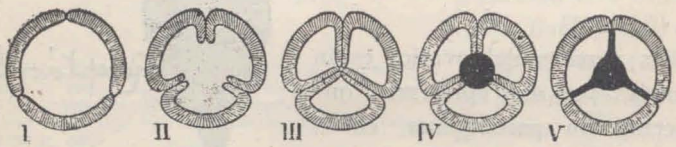


Fig. 164

I. Ovario formado por 3 carpelos y un solo lóculo.
II. Ovario formado por tres carpelos con tabiques incompletos.
III. Ovario tricarpelar y trilocular.
IV. y V. Ovarios tricarpelares poseyendo falsos tabiques.

El *estilo,* filamento que sostiene al estigma, puede ser más o menos desarrollado; son largos los estilos de las flores del Azafrán y Tabaco y faltan en las Orquídeas y Amapolas.

Hay tantos estilos como carpelos, de modo que, aunque estos últimos estén soldados se puede saber la constitución de un ovario por el número de aquéllos; hay casos en que los estilos se sueldan, formando haces (estilos *bífidos, trífidos,* etc.)

La duración del estilo es variada; en unos casos, después

de la fecundación se marchita y cae y entonces se le llama *caduco* (en casi todas); en otros *persiste* (Repollo) y en ciertos casos (Marimoñas) aumenta de tamaño y se desarrolla bajo forma de cola plumosa, que se fija al fruto, representando un órgano de diseminación.

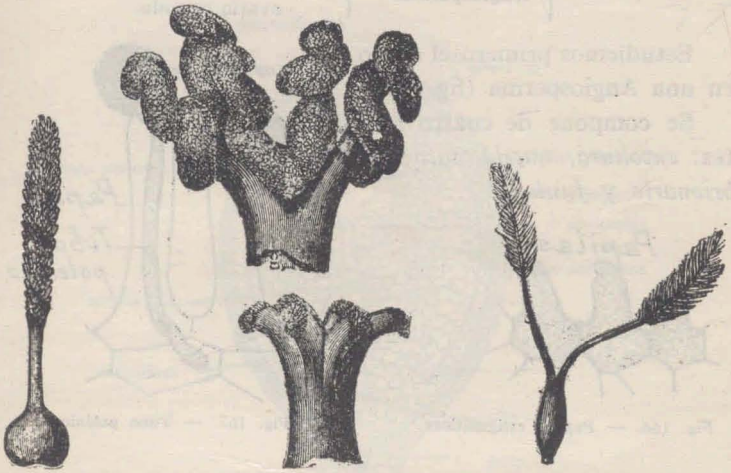


Fig. 165. — Distintas clases de estilos y estigmas

El estigma (fig. 165) es la parte terminal del estilo y puede tener varias formas: de cabeza, lengüeta, escudo, filiforme, etc.; se halla cubierto de unas papilas o pelos, los que se hallan cubiertos de una substancia viscosa y azucarada, destinada a retener los granos de polen.

Cortando un fragmento de estigma y examinándolo con el microscopio, se observan las papilas estigmáticas (fig. 166) recubiertas de un líquido viscoso. El grano de polen retenido, absorbe agua y se produce la ruptura de la exina, mientras que el contenido protoplasmático, recubierto por la intina, se alarga, penetra en la papila, formando el *tubo polénico* (fig. 167).

99. El óvulo. — El óvulo es el órgano contenido en el ovario y que una vez fecundado se convertirá en semilla.

Las Fanerógamas pueden dividirse en dos grandes grupos:

Fanerógamas	Gimnospermas	Tienen óvulos **desnudos** sobre carpelos abiertos.
	Angiospermas	Tienen óvulos **cubiertos** sobre ovario cerrado.

Estudiemos primero el óvulo en una Angiosperma (fig. 168).

Se compone de cuatro partes: *envoltura, nucela, saco embrionario* y *funículo.*

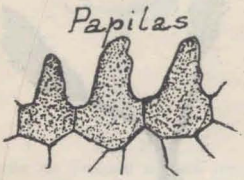


Fig. 166. — Papilas estigmáticas

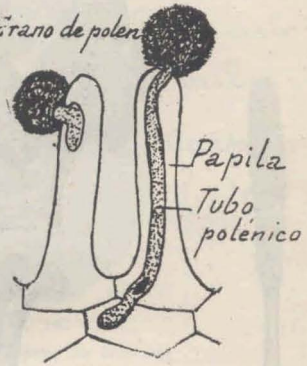


Fig. 167. — Tubo polénico

Las *envolturas* son dos: la externa, llamada *primina,* y la interna, *secundina;* ellas dejan una abertura que se llama *micrópila.*

La *nucela* es un tejido celular contenido por las dos envolturas y en la cual se halla intercalado el *saco embrionario;* en este último se hallan varias células: tres arriba, tres debajo y dos en el medio (ver fig. 212). En las de arriba hay una más grande que se llama *oosfera,* colocada entre otras dos más pequeñas, llamadas *sinérgidas.* Estas células tienen protoplasma (citoplasma y núcleo), pero carecen de celulosa. Las células de la parte inferior poseen membranas y reciben el nombre de *antípodas.* Las dos células del medio se llaman *células polares* y son el origen del *albumen* o *endospermo* de la semilla; dichas células, posteriormente se fusionan y dan origen al núcleo secundario.

El óvulo se une a la placenta del ovario por un cordón, recorrido por una nervadura (haz fibrovascular) que se llama *funículo* y el plano de unión del funículo con el óvulo recibe el nombre de *hilio*. Se da el nombre de *chalaza*, al tejido celular situado

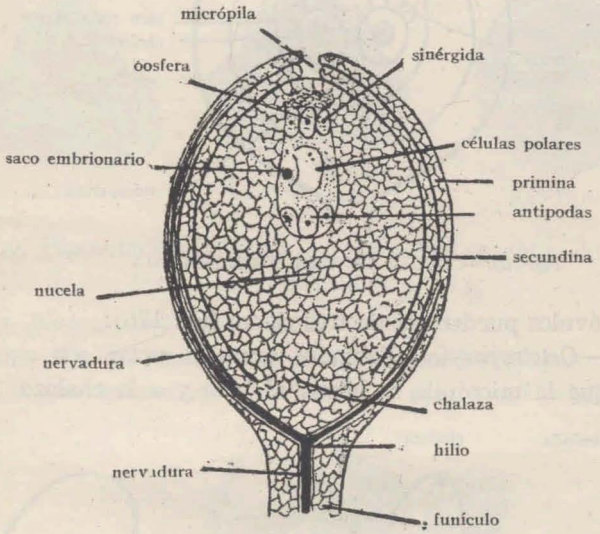


Fig. 168. — OVULO DE UNA ANGIOSPERMA

en la base de la nucela, o sea donde se bifurca la nervadura del funículo.

El óvulo de una Gimnosperma se compone de un solo tegumento o envoltura que deja un orificio que es la *micrópila* (fig. 169). La *nucela* tiene una célula grande, que es el *saco embrionario*, a expensas del cual se forma el endospermo de la semilla.

En el saco embrionario se hallan unas células de forma ovoide, que son los *corpúsculos* o *arquegonios*. Cada corpúsculo se compone de dos células: la superior, que al multiplicarse forma la *roseta* y la inferior, que es más grande y que contiene la *oosfera*.

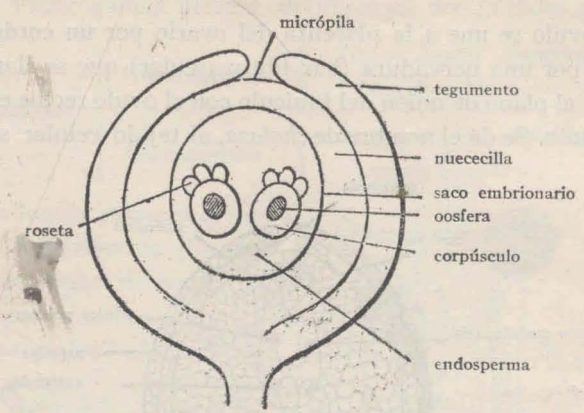


Fig. 169. — OVULO DE UNA GIMNOSPERMA

Los óvulos pueden ser de tres clases (fig. 170):

1.° — *Ortotropos* (*a*), llamados también *rectos*, son aquellos en los que la micrópila se opone al hilio y a la chalaza. Esta

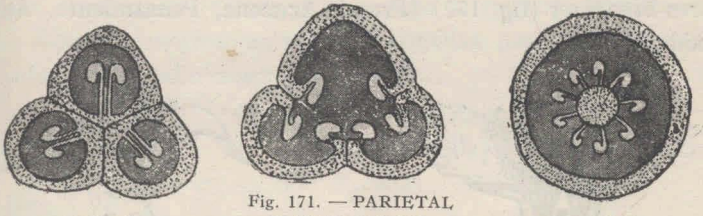


Fig. 170. — ESQUEMA DE LOS TIPOS DE OVULOS:
a, ortotropo; *b*, anátropo; *c*, campilótropo

clase de óvulos son raros, pero se los encuentra en las Gimnospermas.

2.° — *Campilótropos* o *encorvados* (*c*), en los que la micrópila, el hilio y la chalaza están muy cercanos, debido a que el óvulo se ha encorvado (Poroto, Repollo, etcétera).

3.° — *Anátropos* o *inversos* (*b*), en los que la micrópila siempre se opone a la chalaza, pero se acerca mucho al hilio. Estos óvulos son muy comunes y citaremos como ejemplo el Fresal, Manzano, Limón.



AXILAR PLACENTACION CENTRAL

Fig. 171. — PARIETAL

100. Placentación. — Con este nombre se entiende la disposición de los óvulos en el ovario (fig. 171).

La *placentación* puede ser:

1.° — *Axilar*, cuando los óvulos se hallan alojados en los ángulos que forman los carpelos en el centro del ovario como

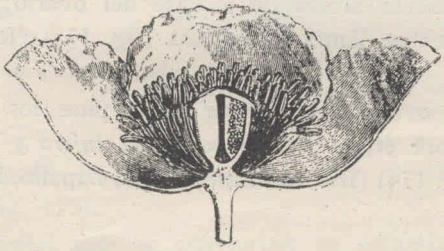


Fig. 172. — Flor de Adormidera cortada a lo largo. Ovario súpero; estambres hipoginos.

ocurre en el Lino, Iris, Lirio, Peral, Naranjo, etc. Es el dispositivo más común.

2.° — *Parietal*, cuando los óvulos se insertan en las paredes soldadas de los carpelos, como en la Violeta, Poroto.

3.° — *Central*, cuando los óvulos se encuentran insertos alrededor de una columna o de un mamelón central como en la Primavera, Clavel, etc.

101. Posiciones relativas de los estambres y del pistilo. — Estas posiciones pueden ser de tres clases:

1.° — Los ovarios son libres y los estambres se fijan debajo del ovario; en este caso el ovario se llama *súpero* y los estambres *hipoginos* (fig. 172) (Fresal, Azucena, Pensamiento, Adormidera).



Fig. 173. — Flor de Ciruelo cortada a lo largo. Estambres periginos.

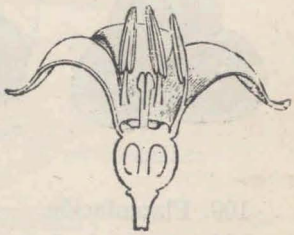


Fig. 174. — Flor de Rubia cortada a lo largo. Ovario ínfero, estambres epiginos.

2.° — El ovario sigue siendo libre, pero los estambres se insertan a cierta altura de la base del ovario; en este caso los estambres se llaman *periginos* (fig. 173) (Rosal, Ciruelo, Durazno).

3.° — El ovario deja de ser libre, pues los estambres se insertan sobre él; el ovario se llama *ínfero* y los estambres *epiginos* (fig. 174) (Iris, Manzano, Peral, Zapallo, Perejil, Rubia, Cicuta).

102. Origen de las partes de la Flor. – La flor debe considerarse como un conjunto de hojas transformadas colocadas en verticilos muy aproximados, y en las que pueden estudiarse las transiciones que sufre cada ciclo hasta completar sus metamorfosis.

La metamorfosis de los órganos florales, indicada por Linneo, ha sido estudiada por Goethe, Jungius, Adanson, Wolff y otros naturalistas.

Pueden considerarse dos casos:

METAMORFOSIS PROGRESIVA. — Es el paso insensible de la hoja a sépalo, pétalo, estambre o carpelo; en el ciclo de la Evolución se la considera como *ascendente* y *progresiva*, puesto que la hoja se transforma en uno de los órganos de reproducción, función que tiende a perpetuar la especie, mientras que las funciones correspondientes a aquéllas pueden ser desempeñadas por el tallo o por otras hojas.



Fig. 175. — Botón de Camelia ostentando las formas de tránsito de las brácteas a los sépalos y a los pétalos.

Ejemplos de esta metamorfosis:

1.° — Hojas de follaje que se transforman en sépalos (Peonia).

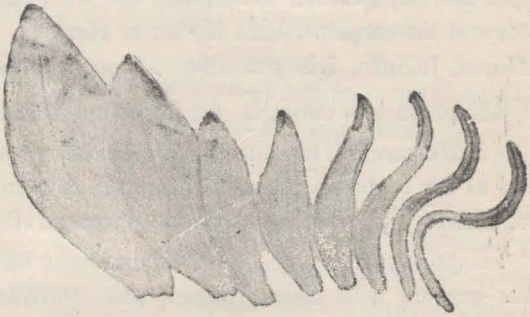


Fig. 176. — Metamorfosis de un pétalo de Nymphea en un estambre.

2.° — Sépalos que se transforman en pétalos (Magnolia Camelia, (fig. 175).

3.° — Pétalos que se convierten en estambres (Nenúfar, Mymphea, (fig. 176).

4.° — Estambres que se convierten en carpelos (Rosal).

METAMORFOSIS REGRESIVA. — Es llamada también *descendente* y una de sus causas es cuando la planta vegeta en un suelo demasiado rico en materias nutritivas. Otras veces es la mano del hombre la que la provoca buscando flores más raras y bellas. Se la observa en las Dalias, Crisantemos, Trébol, Anémonas, Rosas (fig. 177), Claveles, Cerezos y en las mismas Camelias.

103. Simetría floral. Diagramas. Fórmulas. — En la mayor parte de las flores completas se observa una alternancia de los verticilos sucesivos; así los sépalos alternan con los pétalos, éstos con los estambres y estos últimos con los carpelos, de modo que se corresponden los sépalos con los estambres y los pétalos con los carpelos. Esta ley no es rigurosa para ciertas flores (Lirio, Jacinto, Iris y muchas Monocotiledóneas.)

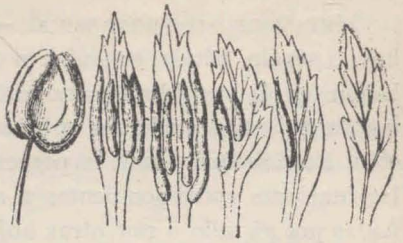


Fig. 177. — Metamorfosis regresiva de un estambre en un pétalo en el Rosal de la China.

Respecto a la simetría, las flores pueden ser:

Actinomorfas, las que pueden dividirse en dos mitades iguales al ser cortadas por una infinidad de planos; tienen por consiguiente una *simetría radiada* (Azucena, Rosa).

Cigomorfas, las que quedan divididas en dos mitades iguales por un solo plano; poseen una *simetría bilateral*. (Arveja, Orquídea, Violeta).

Asimétricas, las que carecen completamente de simetría (Caña de la India, Valeriana).

Se llama *diagrama* la proyección sobre un plano de los verticilos florales en donde cada uno de ellos está representado por trazos convencionales.

Para hacer un diagrama, se trazan cuatro o más circunferencias concéntricas que representan los cuatro verticilos y las repeticiones que pueden tener y sobre ellas se trazan los sépalos, pétalos, estambres y carpelos.

Los sépalos y pétalos se representan por arcos de círculos y para distinguir los primeros se les marca con una pequeña prominencia dorsal. El signo empleado para los estambres se asemeja a un corte transversal de la antera y el pistilo está

CAPITULO IX

Taxonomía. — Idea de los métodos empíricos, artificiales y naturales. — Clasificación de Sachs y Pranti. — Caracteres generales de los grupos.

123. Taxonomía. — Es la parte de la Botánica que estudia la clasificación metódica de las plantas.

124. Idea de los métodos empíricos, artificiales y naturales. — Se llama *individuo* vegetal a cada planta que forma parte de la vegetación terrestre.

El concepto de *especie* ha dado motivo a grandes controversias y puede decirse que ha sido el problema biológico más discutido. Los hechos comprueban que no existe ningún carácter permanente y que adquieren mayor fijeza aquellos caracteres que dan al individuo mayores facilidades en su lucha por la vida. Por estos caracteres más permanentes se reúnen los individuos y forman las *especies*.

Se conocen unas 250.000 especies.

Dentro de las especies se admiten las variedades.

Se llama *género*, la colección de especies semejantes, aunque diferentes entre sí por carácter más o menos saliente.

Se llama *familia*, la agrupación de géneros que tienen semejanza.

Se llama *orden*, la reunión de familias que tienen caracteres semejantes.

La reunión de órdenes con caracteres semejantes nos da una *clase* y la agrupación de clases semejantes nos proporciona un *grupo*.

La sucesión ascendente es, pues:

Individuo, Especie, Género, Familia, Orden, Clase, Grupo, Reino.

125. La *clasificación vegetal* tiene por objeto la reunión de todos los vegetales en grandes grupos, y si consideramos todos los grupos formados por los vegetales y los describimos ordenadamente habremos formado un *sistema* o método de clasificación.

Estos sistemas pueden ser *empíricos, artificiales* y *naturales.*

Los primeros no son científicos, pues no suministran datos sobre la estructura del vegetal y se basan en las aplicaciones médicas e industriales que pueden tener las especies vegetales.

Los antiguos adoptaron dos clasificaciones empíricas: en una, dividieron las plantas en *útiles* y *nocivas;* las primeras las subdividían en comestibles, textiles, maderables, etc., y en las segundas incluían las plantas venenosas y las que producían perjuicios o molestias. Las plantas *medicinales* estaban incluídas en uno u otro grupo, según sus propiedades.

La segunda clasificación, que parece ser la más antigua, dividía las plantas en *árboles, arbustos* y *hierbas.*

Los sistemas *artificiales* se basan en uno o dos caracteres; así el sistema de Linneo (1707-1788) está basado en la estructura y número de los estambres.

Es el primer sistema que tiene en cuenta los órganos de la reproducción, comprendiendo los estambres (órganos masculinos) y los pistilos (órganos femeninos).

Los órganos de la reproducción son visibles, pues las plantas tienen flores, o bien se hallan ocultos; y de aquí la división en Fanerógamas y Criptógamas.

Las Fanerógamas pueden tener el androceo y gineceo en una misma flor, o estar ambos verticilos en flores diferentes; de aquí una nueva división en hermafroditas o *monoclínicas* (de un solo lecho) y unisexuales o diclínicas (de dos lechos).

Entre las monoclínicas, que son las más abundantes, los estambres pueden ser libres, y estar soldados por los filamentos, por las anteras o estarlo al pistilo. Todos estos caracteres le permitieron establecer veintitrés clases formando las Criptógamas la clase vigésimacuarta, que es también la última.

126. Los sistemas *naturales* de clasificación se basan en la similitud de varios caracteres y en las relaciones que guardan los grupos entre sí.

Estos sistemas fueron iniciados por Magnol y aun por el mismo Linneo, pero el primer sistema natural fué el de Bernardo de Jussieu (1699-1777) completado más tarde por Antonio Lorenzo de Jussieu (1743-1836).

Al primero se le debe la agrupación general de las plantas:

Plantas
- Acotiledóneas (sin cotiledones).
- Monocotiledóneas (con un cotiledón en el embrión).
- Dicotiledóneas (con dos cotiledones en el embrión).

Las Monocotiledóneas las agrupó según la inserción de los estambres en el ovario, en:

Monocotiledóneas
- Hipogineas (estambres insertos debajo del ovario).
- Perigineas (estambres insertos sobre el cáliz o alrededor del ovario).
- Epigineas (estambres insertos sobre el ovario).

A. L. de Jussieu, en la clasificación de las Dicotiledóneas, hizo intervenir la corola y tomando la *monoclinia* y *diclinia* de Linneo, las dividió de este modo:

Dicotiledóneas
- Monoclínicas
  - Apétalas (Sin pétalos).
  - Monopétalas (con pétalos soldados).
  - Polipétalas (con pétalos libres).
- Diclínicas

De las tres ramas, Acotiledóneas, Mono y Dicotiledóneas, formó quince clases, las que comprenden en conjunto cien familias.

La clasificación que vamos a adoptar es la de Sachs y Pranti, modificada por varios botánicos, entre ellos el sabio Dr. Carlos Berg.

127. Clasificación de Sachs y Pranti.

- PLANTAS
  - Criptógamas
    - Talófitas
      - Clase de las Esquizófitas
      - » » » Algas
      - » » » Mixomicetas
      - » » los Hongos
      - » » » Líquenes
    - Briófitas
      - Clase de las Hepáticas
      - » » los Musgos
    - Pteridófitas
      - Clase de las Filicales
      - » » » Equisetales
      - » » » Licopodiales
  - Fanerógamas
    - Gimnospermas
      - Clase de las Cicadales
      - » » » Coníferas
      - » » » Gnetales
    - Angiospermas
      - Clase de las Monocotiledóneas
        - Subclase: Macrantinas
        - » Micrantinas
        - » Oligandrinas
        - » Poliandrinas
      - Clase de las Dicotiledóneas
        - Subclase: Julífloras
        - » Monoclamídeas
        - » Eleuteropétalas
        - » Simpétalas

128. Caracteres generales de los grupos y clases. — Las plantas CRIPTÓGAMAS, comprenden los vegetales inferiores y de organización más simple y cuyo principal carácter distintivo es el de carecer de flores.

Las plantas FANERÓGAMAS son vegetales superiores dotados de flores completas o incompletas, pero en que los verticilos principales son: los estambres y el pistilo.

Las Fanerógamas GIMNOSPERMAS se caracterizan porque sus óvulos, no hallándose cubiertos por un ovario, son, por consiguiente, libres o desnudos, y además el pistilo carece de estigma.

Las Fanerógamas ANGIOSPERMAS poseen sus óvulos encerrados dentro de un ovario y pueden tener uno o dos estigmas.

Las Angiospermas *monocotiledóneas*, tienen los siguientes caracteres: un solo cotiledón en el embrión; raíces fibrosas; tallos en forma de escapo, estípite, cálamo o caña; hojas simplicinervadas y paralelinervadas; y finalmente, en la flor veremos que los sépalos, pétalos, estambres y carpelos suelen ser tres o múltiplo de tres.

Las Angiospermas *dicotiledóneas*, tienen los siguientes caracteres: dos cotiledones en el embrión; raíces típicas o tuberosas; tallo propiamente dicho o tronco; hojas retinervadas, palmitinervadas y en la flor el número de sépalos, pétalos, estambres y carpelos, suele ser dos, cinco o múltiplo de cinco.

Macrantinas: flores grandes, inflorescencia pequeña.
Micrantinas: flores pequeñas, inflorescencia grande.
Oligandrinas: menos estambres que los que asigna el tipo (3 o múltiplo de 3).
Poliandrinas: más estambres que los que asigna el tipo.
Julíforas: flores pequeñas, inflorescencia grande.
Monoclámidas: flores grandes, inflorescencia pequeña.
Eleuteropétalas: pétalos libres.
Simpétalas: pétalos soldados.

SEGUNDA PARTE (*)

TEORÍA Y PRÁCTICA

CAPITULO I

La célula (repaso del 2.° año) — Nutrición celular — Ósmosis — Turgescencia — Plasmólisis — Histología vegetal — Tejidos — Clasificación de los tejidos — Tejidos esclerenquimáticos y colenquimáticos.

1. La célula. — Ha sido estudiada en el 1er. capítulo de la primera parte.

2. Nutrición celular. — Cada célula viva es un verdadero laboratorio químico, donde se verifican constantemente cambios de materias, composición y descomposición de cuerpos. Este conjunto de fenómenos constituye la *nutrición celular*. Esta actividad recibe también el nombre de *metabolismo* celular, el cual comprende: 1.° la absorción de sustancias de afuera; 2.° la transformación de estas sustancias bajo la acción del protoplasma, y 3.° la eliminación de los materiales inútiles.

Como vemos, la actividad vital constituye dos procesos: uno de composición o *anabólico* y otro de descomposición o *catabólico*.

Las substancias que absorben las células pueden ser gaseosas, líquidas y sólidas. Entre las primeras figuran: el oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, cloroformo, éter, etc. De estos gases los más importantes son el oxígeno y el anhídrido carbó-

(*) Corresponde al programa de 3er. año.

nico; el primero es tomado directamente del medio exterior y el segundo es tomado por las células con clorofila bajo la influencia de la luz. A la vez que las células toman estos gases, pueden también desprenderlos. Así, en la respiración, la célula toma oxígeno y desprende anhídrido carbónico, y en la asimilación clorofílica toma por el contrario anhídrido carbónico y desprende oxígeno. La entrada y salida de los gases del cuerpo de la célula se verifica por *ósmosis gaseosa.*

Las substancias líquidas penetran por ósmosis en el interior del protoplasma, a través de la membrana celular, pero es de notar que se produce una especie de *selección* de substancia; por ejemplo: la célula viva absorbe algunas anilinas, tales como el azul de metileno, la fucsina, el pardo de Bismarck, etc. y a otras no las admite, como el rojo de Congo, la cosina y el azul de anilina.

Aunque de carácter menos general, existe la absorción de substancias sólidas, por la célula, particularmente en aquellas que carecen de membrana celular, pudiendo decirse que para que la absorción se verifique los cuerpos sólidos deben encontrarse disueltos y que en virtud de la ósmosis penetran en el citoplasma.

3. Osmosis. — Es la propiedad que tienen los líquidos de mezclarse cuando están separados por una membrana porosa que es permeable, por lo menos para uno de los líquidos.

Algunas substancias como las sales minerales, el azúcar, etc., atraviesan con facilidad las membranas permeables y como la mayor parte de ellas pueden cristalizar, se les llama *cristaloides;* otras como la gelatina, la albúmina y las materias nitrogenadas que contienen las células, no son difusibles y reciben el nombre de *coloides.*

En el capítulo 5.° se estudiará la osmosis experimentalmente.

4. Turgescencia. — Cuando la célula *absorbe* agua, se hincha, se pone dura y turgente: a este fenómeno se le llama *turgescencia*. Esta última puede también definirse, como la *presión del jugo celular*, la que alcanza término medio a siete atmósferas y algunas veces hasta veinte. Si no fuesen tan pequeñas las células sería posible también observar en ellas la salida de un chorro de jugo celular cuando se pinchara una célula con una aguja. Uno puede formarse una idea de la magnitud asombrosa de la turgescencia celular, si se la compara con la tensión del vapor que rige en una locomotora y que en general no pasa de cinco a ocho atmósferas.

5. Plasmólisis. — Es un proceso osmótico que consiste en la *pérdida* de agua por parte del citoplasma, el cual se condensa y retrae segregando una nueva membrana, la cual puede juntarse y yuxtaponerse a la antigua, si se devuelve al protoplasma el agua que se le ha quitado.

Si se abandona por algún tiempo un corte vegetal vivo o en fresco en una solución, por ejemplo, de nitrato potásico, de azúcar o glucosa de 5 % — 20 %, se verá con el microscopio que la célula ha perdido gran cantidad de agua y en consecuencia se ha contraído la membrana reduciéndose notablemente.

Este es el fenómeno de la *plasmólisis*. Si obtenida esta contracción del protoplasma, se traslada el corte al agua destilada o a un agua que no contenga notable cantidad de sales en disolución, atrae el agua y la absorbe y torna a distenderse hasta recuperar el estado que tenía antes de comenzar el experimento. (Turgescencia).

Puede también ponerse en evidencia la plasmólisis y la turgescencia con el siguiente experimento: Zanahorias de 10 a 15 cms. de longitud y unos 5 cms. de diámetro máximo se excavan en la parte superior haciendo una cavidad profunda.

La zanahoria se coloca derecha en un vaso de precipita-

ción, y la excavación se llena de azúcar común molido. Ya después de una hora, éste se observa mojado cerca de las paredes, y la disolución del azúcar durante el día y los siguientes días va propagándose de afuera al centro.

El azúcar, como materia higroscópica, sustrae agua a la zanahoria, por ósmosis, disolviéndose en el agua. Este proceso se verifica hasta tal grado que la solución de azúcar ya no cabe en la excavación, pasando por encima del borde de ésta y cayendo en el vaso donde se estaciona. A medida que ocurre esto, las paredes de la excavación se presentan cada vez más flojas y se contraen; la zanahoria se encoge en su parte superior (plasmólisis), mientras que la porción inferior queda turgescente y dura (turgescencia).

Si se lavan las zanahorias después de algunos días sacándose el azúcar y si se ponen en agua pura, el estado de turgescencia normal vuelve a restablecerse en la parte superior.

HISTOLOGIA

6. Tejidos. — Se llama tejido, el conjunto de células, generalmente de igual forma, destinadas a cumplir una función determinada.

Las células, al formar los tejidos pueden limitarse a soldar sus membranas, resultando así los tejidos *duros*. Los espacios libres, dejados entre las células, se llaman *espacios intercelulares:* si son pequeños reciben el nombre de *meatos*, y si son muy grandes, *lagunas* y *cámaras*.

7. Clasificación de los tejidos. — Según Wiesner, las células que forman los tejidos son distintas en cuanto a su forma, y los distintos elementos que las componen sufren transformaciones, como resultado inmediato de su adaptación a una determinada función.

Teniendo en cuenta las funciones que deben cumplir, podemos admitir cinco clases de tejidos, a saber:

	NOMBRE	FUNCIONES QUE DESEMPEÑAN
TEJIDOS	Meristemas	*Formadora*, pues son el origen de los demás.
	Parenquimas ...	*Fundamental*, pues en ellos se producen todos los fenómenos de la vida de la planta.
	Epidérmicos	*Protectora*, pues recubren las hojas, flores, frutos y tallos jóvenes.
	Vasculares	*Conductora*, pues extendiéndose desde la raíz hasta las últimas hojas, conducen la *savia* o líquido nutritivo de la planta.
	Colenquimáticos y fibrosos	*De sostén*, pues se desarrollan en aquellos puntos en que la planta tiene necesidad de adquirir una consistencia más fuerte.

8. Tejido colenquimático. — Las células colenquimáticas tienen formas angulosas y en los ángulos las membranas presen-

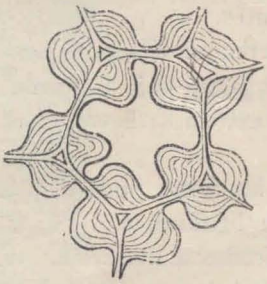


Fig. 234. — Células colenquimáticas

tan espesamientos pero sin lignina; se las halla en los pecíolos, donde sirven de sostén (fig. 234). Este tejido se encuentra en zonas más o menos extendidas y diversamente repartidas en la

planta. En el tallo y en las hojas de un cierto número de vegetales se observa un tejido de aspecto blanquecino, el *colenquima*, que se debe a la reunión de células jóvenes y en vía de crecimiento que se unen por sus paredes.

Al principio las células son alargadas, estrechas, espesadas en sus ángulos solamente; más tarde el espesamiento abarca toda la pared celular. Al unirse los ángulos de dos o más células próximas se producen verdaderos pilares que sirven de sostén para la planta.

El colenquima es un tejido *vivo* y las membranas de sus células, aunque espesas, son flexibles y están formadas por celulosa.

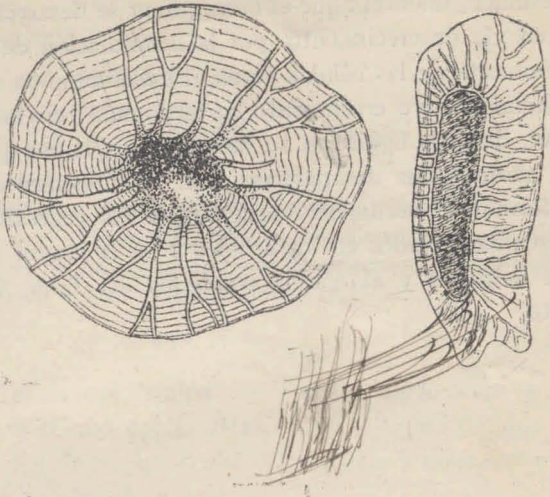
9. Tejido esclerenquimático. — Las células esclerenquimáticas suelen tener formas poliédricas o redondeadas; las membranas celulares son espesas por haberse lignificado y suelen presentar una cavidad celular muy reducida (fig. 235); la lignina se halla dispuesta en capas concéntricas y la cavidad celular envía canalículos que atraviesan las distintas capas. Estas células que deben considerarse como elementos *muertos*, pueden estudiarse bien en la cáscara del coco y en el pericarpio leñoso de varios frutos.

Las células esclerenquimáticas si son cortas se llaman *esclereidas* y si son alargadas, bajo la forma de pequeños filamentos afilados en sus extremos, llevan el nombre de *fibras* (figura 236).

Las paredes de las fibras pueden quedar todavía formadas por celulosa o bien lignificarse.

Las fibras lignificadas se desarrollan en los puntos en que la planta tiene necesidad de adquirir una consistencia más fuerte.

Las fibras vegetales se aplican en la fabricación de tejidos, como las del Lino y el Cáñamo (con membrana poco lignificada), Yute, Esparto, etc. (con membrana totalmente lignificada).



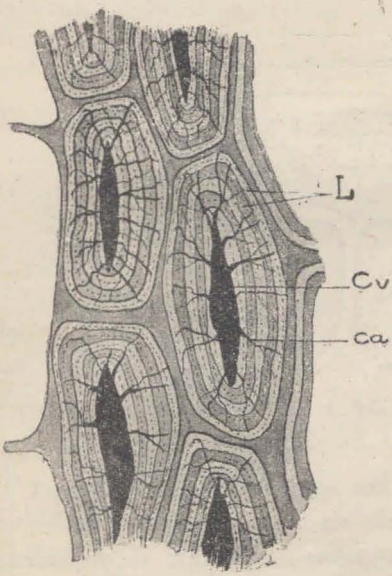


Fig. 235. — Células esclerenquimáticas

L, capas de lignina.
Cv, cavidad vacía.
Ca, Canalículos.

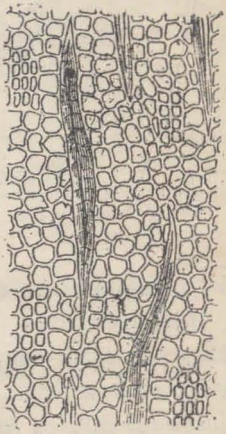


Fig. 236. — Fibras

En resumen, mientras que el colenquima se desarrolla en los órganos en vía de crecimiento, por la acumulación de celulosa en la membrana de las células vivas, el esclerenquima se forma en los órganos cuyo crecimiento ha terminado; ciertas células se espesan, después lignifican su membrana a la par que el núcleo y el protoplasma desaparecen; son, pues, elementos muertos que forman el verdadero esqueleto de los vegetales y que están bien desarrollados en los árboles y en la mayor parte de los tallos delgados y alargados, como los del Lino, Cáñamo, Junco, etc.

CAPITULO II

Tejido epidérmico. Forma, disposición y membranas de las células epidérmicas. — Epidermis simple y estratificada. Endodermis. — Funciones. — Estomas: su disposición y función. — La epidermis y los estomas en los vegetales xerófilos e higrófilos.

10. Tejido epidérmico. — Forma, disposición y membranas de las células epidérmicas. — Este tejido recubre los tallos jóvenes, las hojas, las flores y los frutos y debe ser considerado como un tejido de protección.

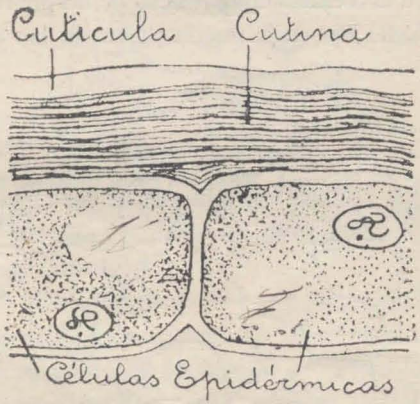


Fig. 237.

Las células que lo forman son redondeadas o alargadas pero siempre nucleadas, con un protoplasma poco abundante y acribillado de grandes vacuolos. Pero lo que caracteriza esencialmente esas células es que la celulosa de sus paredes externas expuestas al aire, se transforma siempre en una capa muy espesa de *cutina*, constituyendo esta última por su impermeabili-

dad una envoltura protectora de los órganos que recubre. La cutina en las hojas persistentes alcanza un gran espesor y se cubre de una película reluciente que es la *cutícula*, que se colorea en rojo por la fucsina (fig. 237).



Fig. 238. — Células epidérmicas transformadas en pelos.

El protoplasma de la células epidérmicas, poco abundante y acribillado de grandes vacuolos, contiene un jugo incoloro o cargado de un pigmento rojo. Los cloroleucitos y el almidón abundan en las células epidérmicas de las plantas sumergidas (Ranúculo, Elodea) y en la mayor parte de las plantas aéreas.

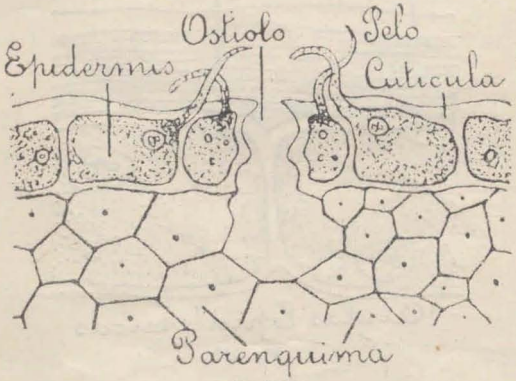


Fig. 239

La membrana externa de los órganos aéreos se transforma en cutícula, cubierta por cera, pero a veces se incrusta de sílice que da una gran solidez al tallo de las gramíneas.

La superficie de la epidermis presenta en ciertos puntos, *pelos* y *estomas* (figs. 238 y 239.).

Un pelo proviene del desarrollo externo de una o de muchas células epidérmicas. El número de pelos es considerable en los órganos jóvenes, como ocurre con las hojas de las yemas, estigmas de los carpelos, superficie de las plantas expuestas a grandes fríos o a temperaturas y luz excesivas. Protegen los órganos que recubren, por su simple presencia, y algunas veces por sus productos de secreción (pelos urticantes de la ortiga); las papilas estigmáticas, que no son sino pelos modificados,

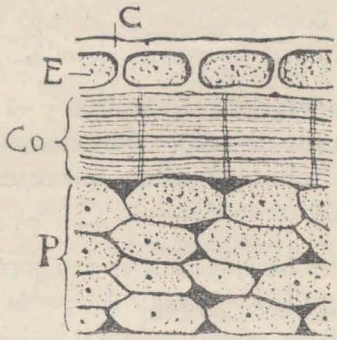


Fig. 240. —C: cutícula; E: epidermis; Co: corcho; P: parenquima.

están impregnadas de un líquido azucarado y acidulado que rinde preciosos servicios a la planta, pues atrae los insectos que aseguran la polenización.

Debajo de la epidermis suele encontrarse una o varias capas de células, cuyas membranas se han suberificado y cuyo conjunto es el *suber* o *corcho*. Si el vegetal es joven, la epidermis y el suber pueden coexistir (fig. 240); pero es más frecuente observar la destrucción de la epidermis, desempeñando el suber el papel de capa protectora.

El corcho está formado por una o varias capas de células cuyas paredes están impregnadas de suberina. Recubre toda la raíz, menos en su extremidad. comunicándole una coloración pardo-clara, fácil de observar en las plantas cultivadas en una solución nutritiva conveniente; en el tallo joven, forma

una capa suberosa que está debajo de la epidermis. El corcho es un tejido elástico, poco permeable a los líquidos y gases; protege la raíz y desempeña el mismo papel en el tallo cuando la epidermis se ha destruído.

11. Epidermis simple y estratificada. — El tejido epidérmico puede ser *simple*, cuando está formado por una sola capa de células, o *estratificado*, cuando se halla formado por una superposición de varias capas, pero en este último caso, las funciones del tejido quedan desempeñadas por la capa de células externas y las células internas carecen de clorofila.

12. Endodermis. — Entre la corteza y el cilindro central se encuentra una capa de células protectoras comúnmente ricas en almidón, de forma prismática, que desempeña un papel protector del cilindro central.

13. Funciones. — La epidermis es una membrana esencialmente protectora, gracias a la cutícula que la envuelve, sobre todo cuando la cutícula es muy espesa o está incrustada de sílice u oxalato de calcio. Los pelos que la tapizan preservan la planta de las variaciones excesivas de la temperatura y de la luz; los estomas que la perforan favorecen los intercambios gaseosos de los tejidos profundos con el medio exterior.

14. Estomas: su disposición y función. — Son orificios que se encuentran en las caras de las hojas, siendo más abundantes en la cara ventral. Pueden ser *aéreos* o *acuíferos*.

Se hallan formados, como ya hemos visto en el capítulo V de la I parte, por dos células en forma de poroto, reunidas por sus bordes y dejando un orificio, el *ostiolo*, que comunica con la cámara subestomática.

El ostiolo se halla protegido del polvo atmosférico por los pelos.

Los estomas, que desempeñan un papel importante en la transpiración, se abren de día y se cierran de noche para evitar la evaporación del agua.

Para ver la relación que existe entre el número de estomas de la cara ventral y el que hay en la dorsal, hágase este sencillo experimento: sumérjanse tiras de papel, proporcionadas al tamaño de las hojas, en una solución de cloruro de cobalto al 4 % y déjense secar. El color del papel, una vez seco, es azul. A la hoja que se experimenta, se adhieren dos de estas tiras, una en cada cara; al humedecerse el papel, se nota que el color azul va cambiando, y desprendidos los papeles y examinados con una lente, se observan sobre el fondo azul unos puntos rosas que corresponden a los ostiolos de los estomas. Se deduce del experimento que corresponden unos 350 estomas en la cara ventral para cada uno de los que existen en la cara dorsal.

Otros estomas, los acuíferos, sirven para la exudación del agua en estado líquido. Su estructura es casi igual a la de los aéreos, pero la cavidad subestomática está llena de un parenquima cuyas células son esponjosas, y en cuya base se abren los vasos de la madera.

Entonces el agua puede salir en forma de gotitas por el estoma, que no se cierra jamás.

En las hojas flotantes (Nenúfar) los estomas se encuentran dispuestos en la cara superior, que es la expuesta al aire, y las hojas sumergidas carecen de estomas.

15. La epidermis y los estomas en los vegetales xerófilos e higrófilos. — Vegetales *xerófilos* son aquellos que viven en regiones secas; e *higrófilos*, los que existen en las regiones húmedas.

En los primeros se nota una reducción en el número de estomas, para evitar una transpiración sucesiva, ocurriendo lo contrario con las plantas higrófilas.

También los ostiolos pueden abrirse o cerrarse según las variaciones higrométricas del aire.

En efecto, si el aire está húmedo la turgescencia de las células estomáticas crece; las paredes externas de las células se deforman más facilmente que las paredes internas, encorvándose

hacia afuera y manteniendo abierto el ostiolo. Si el aire se seca se produce un fenómeno inverso y el ostiolo se cierra.

En el laboratorio puede comprobarse el mecanismo de los estomas, empleando hojas de Lirio, las que se colocan en glicerina, nitrato de potasio u otra solución higroscópica. Estas substancias, ávidas de agua, disminuyen la turgescencia celular y los estomas se cierran.

Reemplazando la solución higroscópica por agua pura, se efectuará una endósmosis del agua, debida a la mayor concentración del jugo celular, lo que obliga al ostiolo a ensancharse y el estoma queda abierto.

CAPITULO III

Los tejidos del mesófilo: su disposición general. Clorofila. Preparación de una solución alcohólica de clorofila. Descomposición de la solución clorofílica. Separación de la xantófila y cianófila por análisis capilar. Descomposición de la solución clorofílica por la luz. — Las nervaduras: sus funciones.

16. Los tejidos del mesófilo: su disposición general. — El *mesófilo* recibe también el nombre de *parenquima*, el cual se origina en el *meristema*, que pasamos a estudiar.

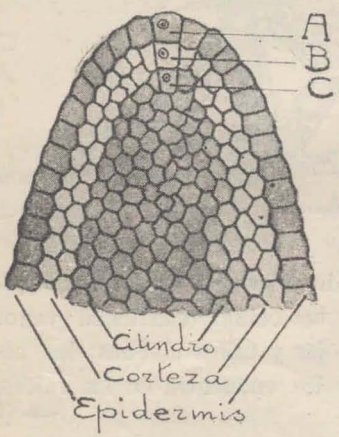


Fig. 241. — Células meristemáticas

Los meristemas están formados por células llamadas *meristemáticas*, de forma poliédrica, con paredes celulósicas delgadas. Son células muy activas y que se reproducen continuamente. Los meristemas se encuentran en las extremidades de los tallos y raíces y tienen su origen en tres células *iniciales*, A, B y C, que van a formar la epidermis, la corteza y el cilindro central respectivamente, (fig. 241).

Los parenquimas están formados por células *parenquimáticas*, de forma redondeada, alargada, estrellada (fig. 242), etc. Sus membranas son muy delgadas y las células pueden estar apretadas unas contra las otras, dejando entre sí meatos.

En el interior de las células del parenquima se producen todos los fenómenos de la vida de la planta, pues son el sitio de complicadas reacciones químicas, transformando el *alimento* que toman, en almidón, azúcar, etc.

Los tejidos parenquimáticos están adaptados a la *absorción* (zona pilífera de las raíces), a la producción de los *materiales de reserva* y a la *secreción* de resinas, bálsamos, alcaloides, latex, etc.

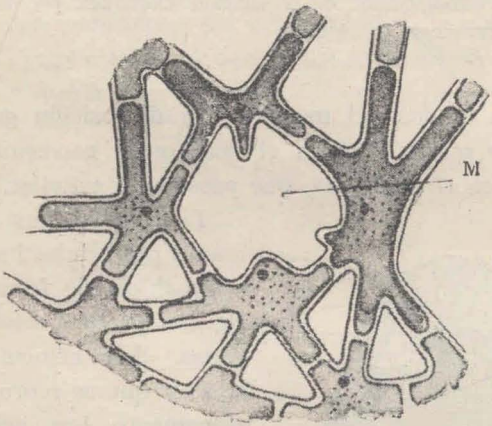


Fig. 242. — Células parenquimáticas. M: meatos

Los parenquimas pueden dividirse en dos grupos: *clorofílicos* e *incoloros*. En los primeros, las células contienen granos de clorofila y se los halla en las hojas y tallos jóvenes; los segundos, carecen de clorofila y se los encuentra en las raíces, rizomas, etc.

El parenquima clorofílico puede ser a su vez (fig. 243): parenquima en *empalizada*, con células prismáticas, alargadas y unidas unas a otras, o parenquima *lagunoso*, formado por células irregulares, las que dejan entre sí grandes meatos o lagunas.

Los parenquimas incoloros, que, como hemos dicho, carecen de clorofila, son los que elaboran los materiales de reserva,

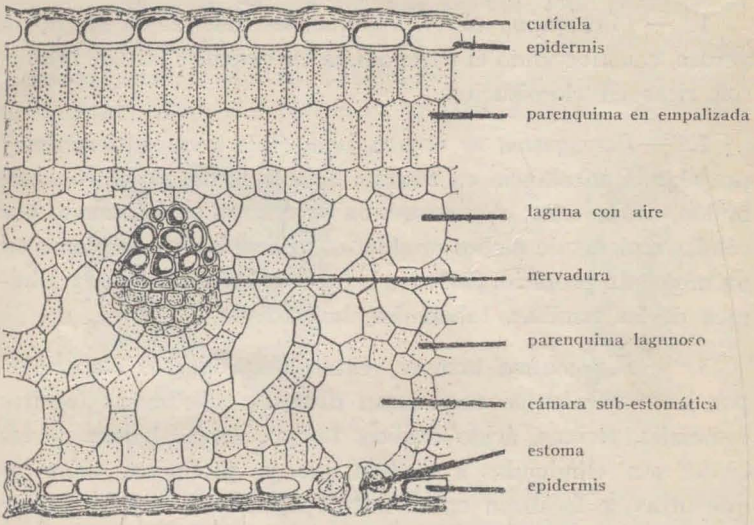


Fig. 243. — Tejido parenquimático en una hoja

como el almidón y la aleurona.

Haciendo un corte en la capa periférica de un tubérculo de papa, (figura 244) se observa un parenquima incoloro, formado por células llenas de granos de almidón, estando el tejido protegido por una o más capas suberosas.

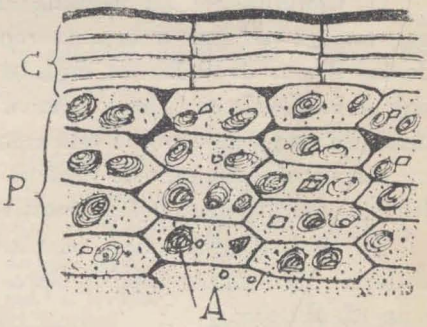


Fig. 244. — C: capas suberosas; P: parenquima incoloro; A: granos de almidón.

Los parenquimas pueden ser de tres clases, atendiendo sus funciones:

1.° — *Parenquima clorofílico,* que se presenta en las hojas verdes, constituyendo el parenquima en empalizada. Las células son ricas en cloroleucitos.

2.° — *Parenquima de reserva;* una célula viva contiene siempre alguna substancia en reserva bajo la forma de glucosa, almidón, aceite, etc.; el parenquima de reserva está formado por células repletas de dichos productos, utilizables por la planta en un momento propicio. Se lo encuentra en los cotiledones y albumen de las semillas, tubérculos, bulbos, etc.

3.° — *Parenquima excretor;* entre los productos elaborados por los vegetales se encuentran diversas substancias (aceites esenciales, resinas, ácido oxálico, tanino, etc.), algunas de las cuales son eliminadas a medida que se producen, mientras que otras se localizan en distintos puntos del vegetal, donde permanecen indefinidamente. Las células que elaboran esos productos son parenquimáticas y el tejido que forman se llama parenquima excretor.

17. Clorofila. — La clorofila es una substancia formada por granos esféricos u ovoides repartidos en el protoplasma de las células de todos los órganos verdes. No se forma sino bajo la influencia de la luz y falta en las raíces y tallos subterráneos. Un grano de clorofila está compuesto de tres substancias: un corpúsculo albuminoide incoloro o leucito, una materia colorante amarilla, la *xantófila* y otra verde, la *cianófila.*

En ciertos casos, como pasa en la zanahoria, existe una materia roja llamada *carotina.* Estos granos así formados se llaman *cloroleucitos.*

Se presenta en las células bajo la forma de granulaciones (fig. 245) o bajo la de cintas en espiral (fig. 246), como ocurre en ciertas Algas.

La clorofila es insoluble en el agua, pero soluble en el alcohol, bencina y aceite de petróleo.

18. Preparación de una solución alcohólica de clorofila. — Las hojas de Gramíneas jóvenes se cortan en pedazos, desmenuzándolas en un mortero con un poco de arena y de alcohol abundante. El alcohol extrae la substancia verde. Filtrándolo

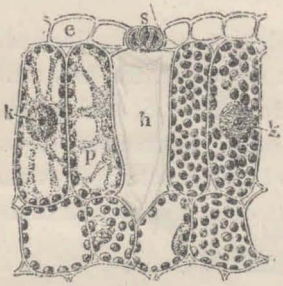


Fig. 245



Fig. 246

resulta una solución alcohólica de la clorofila, de un hermoso color verde esmeralda, que presenta el fenómeno de la fluorescencia. Vista por transparencia, es verde, y por reflexión, roja obscura.

Esta solución es descompuesta por la luz, por lo que hay que conservarla en la obscuridad.

19. Descomposición de la solución clorofílica. — Para separar la xantófila de la clorofila se procede así (fig. 247):

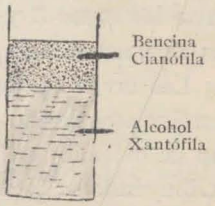


Fig. 247. — Preparación de la clorofila y de la xantófila.

Se tratan las hojas machacadas por el alcohol que disuelve los dos pigmentos; se añade a la solución un volumen igual de bencina; el líquido se separa entonces en dos capas: una inferior, amarilla, que es una solución alcohólica de xantófila, y otra superior, verde, que es la cianófila disuelta en la bencina. La bencina puede sustituirse por éter, que disuelve también la cianófila

20. Separación de la xantófila y cianófila por análisis capilar.— La solución alcohólica clorofílica se echa en una cápsula de porcelana. En un soporte se cuelga una cinta de papel de filtro, de 15 ó 20 cms. de largo y 2 ó 3 de ancho, de tal modo que entre en la solución.

El líquido sube por el papel debido a la capilaridad. Después de un cuarto de hora, más o menos, se han marcado bien distintamente tres zonas: ha subido más el alcohol puro, mostrándose como zona mojada sin color, sigue como segunda la zona amarilla de la xantófila; la cianófila sube menos y queda por eso inmediatamente por encima de la solución en la cápsula.

21. Descomposición de la solución clorofílica por la luz. — En tres tubos de ensayo se pone una solución alcohólica de clorofila; al primero se lo expone a la luz directa solar; al segundo a la luz difusa, y al tercero en la obscuridad. La primera solución se descompone entre un cuarto de hora y media hora, tornándose parda; la segunda, también se descompone pero tarda varias horas y la tercera permanece inalterable durante meses.

El *espectro* formado por la clorofila disuelta en la bencina presenta siete fajas obscuras, pero de todas ellas la más importante y la sola característica es la faja negra, situada en el rojo, entre las rayas B y C de Frauenhofer; las demás dependen de las circunstancias que las hacen variar.

Las investigaciones de Willstater han demostrado que existen dos especies de clorofila, las que no difieren sino por un átomo de oxígeno; ese autor las distingue por las letras (a) y (b), atribuyéndolas estas dos fórmulas brutas:

$$C^{55}\ H^{72}\ O^{5}\ N^{4}\ Mg + 1/2\ H^{2}\ O \quad (a)$$

$$C^{55}\ H^{72}\ O^{6}\ N^{4}\ Mg \quad (b)$$

Los ácidos fuertes le quitan el magnesio y la transforman en feofitina.

La clorofila y la carotina han sido encontradas en varios insectos, que evidentemente las toman en sus alimentos; según Bohn, las Actinias verdes tienen como las hojas la propiedad de descomponer el anhídrico con emisión de oxígeno, y esto es, sin duda, la consecuencia de su simbiosis con algunas Algas clorofílicas.

22. Las nervaduras: sus funciones. — Las nervaduras, cuya distribución ha sido estudiada en el Capítulo V de la I Parte, están constituídas por haces líberoleñosos, los cuales están colocados en el límite del parenquima en empalizada y el lagunoso en esta forma: la madera, del lado ventral y el líber del lado dorsal. Lo más común es que las nervaduras se hallen sostenidas por fibras esclerenquimáticas, agrupadas, ya formando un arco ya una envoltura cilíndrica que las recubre completamente. Por los haces líberoleñosos corre la savia en dos sentidos: por la madera la savia bruta, llamada también ascendente, y por el líber la savia nutritiva, ya elaborada o descendente.

CAPITULO IV

Los tejidos de conducción y sostén. — Los hacecillos; sus partes y funciones. Estructura y distribución de los hacecillos en el tallo de las Monocotiledóneas.—Estructura y distribución de los hacecillos en el tallo de las Dicotiledóneas. Formaciones secundarias del tallo. Los hacecillos en la raíz. — Formaciones secundarias de la raíz.

23. Los tejidos de conducción y sostén. — Las células que van a constituir este tejido, están colocadas en hilera y constituyen tubos que se extienden a lo largo de la raíz y del tallo, así como en las nervaduras de las hojas, sirviendo para conducir la savia y recibiendo el nombre de *vasos*.

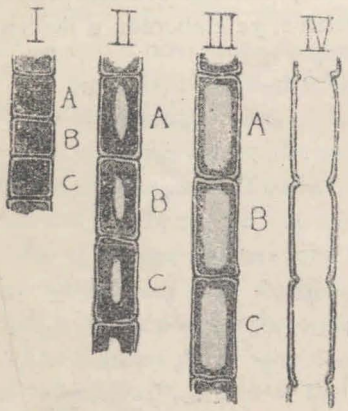


Fig. 248. — VASOS: I, II, III, vasos cerrados; IV, vaso abierto.

En la fig. 248, cierto número de células A, B, C, colocadas las unas a continuación de las otras, se alargan y acaban por formar un tubo largo con tantos compartimientos como células han tomado parte en su formación.

Este tubo conduciría la savia desde la raíz hasta las hojas; esa savia pasa por *ósmosis*, de un compartimiento a otro, franqueando las paredes transversales y a causa de la existencia de estas paredes se dice que los vasos así constituídos son vasos *cerrados* o *imperfectos*.

Cuando las paredes transversales desaparecen totalmente dejando al vaso con un solo compartimiento, en el cual la savia circula constantemente y con más facilidad que en los vasos cerrados, se les llama *abiertos* o *perfectos*.

Parece que los vasos perfectos desempeñan en los vegetales las funciones que las venas y las arterias desempeñan en los animales.

Estos vasos son ordinariamente paralelos a los tallos y a las ramas y siempre están dispuestos en sentido de la longitud de la planta. Llevan el aire o los jugos hasta las hojas y los hacen descender hasta las raíces.

Los vasos los podemos dividir en dos grandes categorías, según la naturaleza de sus paredes y de sus funciones:

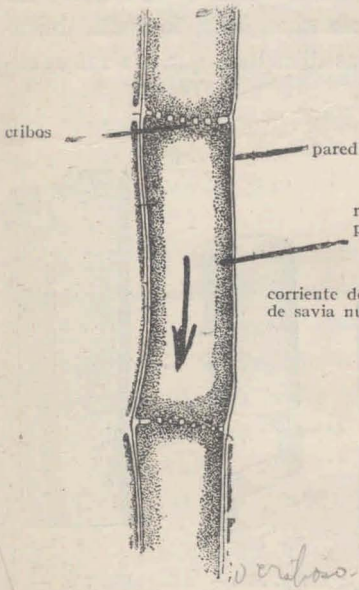


Fig. 249. — Vaso liberiano

1.° — Vasos *liberianos;* 2.° vasos *leñosos*.

Los vasos *liberianos* o *cribosos* son tubos muy estrechos que poseen paredes con celulosa en su superficie. En el contacto inmediato con la pared se halla una delgada capa de materia azoada, a menudo rica en granos de almidón.

Sus paredes transversales, igualmente de celulosa, están agujereadas por pequeños orificios (*cribos*) destinados a facilitar la circulación de la savia de un vaso a otro. Esta savia, que viene de las hojas, donde se ha *elaborado*, es llamada *savia nutritiva* a causa de los principios nutritivos de que está cargada, teniendo consistencia espesa y granulosa.

Resumiendo, se puede decir que los vasos liberianos (fig. 249) presentan cuatro caracteres:

1.° — Paredes celulosas; 2.° restos de protoplasmas; 3.° aberturas transversales, provistas de poros (cribos) que se cierran en invierno por medio de una substancia especial, llama *calosa*, que se disuelve al llegar la primavera; 4.° corriente descendente de savia nutritiva.

Los vasos *leñosos* se llaman así porque sus paredes están incrustadas de lignina en una extensión más o menos grande. Difieren todavía de los precedentes porque no encierran más rastros de protoplasma, debiendo considerárseles como elementos muertos; por otra parte, conducen desde la raíz hasta las hojas un líquido muy claro o *savia ascendente*, formada únicamente por agua que lleva materias disueltas, que las raíces extraen del suelo.

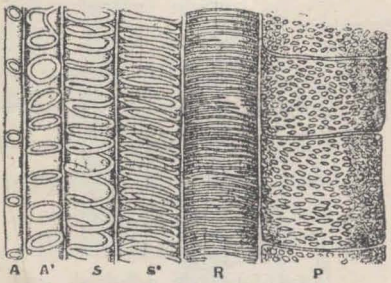


Fig. 250. — Vasos leñosos: A y A', vasos anillados; S y S' espiralados; R, reticulado, P, punteado.



Fig. 251. — Vaso traqueado.

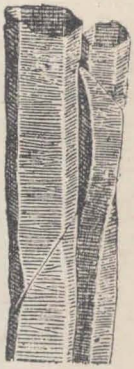


Fig. 252. — Vaso escaleriforme.

Se pueden distinguir seis clases de vasos leñosos (fig. 250): anillados, espiralados o traqueados, llamados así por su semejanza con los tubos respiratorios o tráqueas de los insectos

(figura 251), punteados, reticulados, escaleriformes (fig. 252), según que la lignina se incruste en los vasos formando anillos, espirales, puntos, retículos, etc.

24. Los hacecillos: sus partes y funciones. — Los vasos liberianos y leñosos constituyen un hacecillo líberoleñoso. Lo que importa saber es: que los vasos liberianos están colocados hacia afuera, mientras que los leñosos lo están hacia adentro.

Además, sus funciones son distintas: los liberianos conducen savia nutritiva o elaborada, savia que desciende desde las hojas hasta la raíz, mientras que los vasos leñosos llevan la savia bruta, no elaborada, desde la raíz hasta las hojas.

25. Estructura y distribución de los hacecillos en el tallo de las Monocotiledóneas. — En las Criptógamas el tallo se halla bien diferenciado, en los Musgos y en las Pteridófitas, estando constituído por un parenquima clorofílico recubierto por una epidermis.

En el seno del parenquima se observan vasos cribosos destinados a permitir la circulación de la savia.

En las Fanerógamas debemos considerar dos casos: el de las Mono y Dicotiledóneas, que pasamos a estudiar.

Monocotiledóneas. — El tallo se halla formado por la *corteza* y por el *cilindro central* (fig. 253).

LA CORTEZA COMPRENDE:

- La *epidermis*, formada por células con estomas y pelos.
- Un *parenquima* cortical verde con clorofila.
- Un *parenquima* cortical incoloro sin clorofila.

  (Estos dos parenquimas se convierten después en colenquima y esclerenquima.)
- Una *endodermis*, formada por una capa de células provistas de almidón.

EL CILINDRO CENTRAL COMPRENDE

El *periciclo*, formado por varias capas de células, aplicadas contra la endodermis.

Un *parenquima* o *tejido medular*, acribillado de haces líberoleñosos, muy abundantes en la periferia y más escasos en el centro. En estos haces, el líber se halla hacia el exterior y la madera adentro, pero los vasos de la madera forman con frecuencia en el corte transversal una media luna, conteniendo el líber en su concavidad.

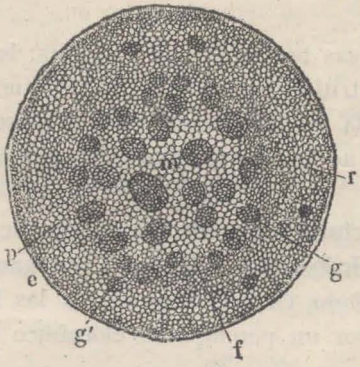


Fig. 253. — Corte de un tallo monocotiledónco,

e) epidermis, r) parenquima clorofílico, p) parenquima incoloro, g g') haces fibrovasculares, f) tejido medular.

26. Estructura y distribución de los hacecillos en el tallo de las Dicotiledóneas. — Cortando transversalmente el tallo de una Dicotiledónea tenemos que: (figs. 254 y 255)

LA CORTEZA COMPRENDE

La *epidermis*, formada por una capa de células, cubierta por la *cutícula*, especie de barniz protector; está provista de pelos y de estomas.

Un *parenquima* cortical clorofílico.

Un *parenquima* cortical incoloro.

La *endodermis*, capa de células corticales, con almidón, que limitan el parenquima incoloro.

EL CILINDRO CENTRAL COMPRENDE

El *periciclo*, constituído por una capa de células aplicadas contra la endodermis.

El *líber*, formado por capas alternadas de fibras y un parenquima que contiene vasos cribosos. Las capas de fibras, una vez muertos los vasos, se separan como las hojas de un libro.

La *zona generatriz* o *cambium*, causa del crecimiento del tallo en grosor, es una zona de tejido celular, blanda en la primavera y seca en invierno, que produce liber por afuera y leña o madera por dentro, de modo que cada año esta zona origina una capa de líber y otra capa de madera.

La *madera*, formada por fibras lignificadas, células alargadas de paredes muy gruesas y parenquima leñoso. Toda esta región posee vasos leñosos que de adentro para afuera son: anulares, espiralados, rayados, punteados, etc.

La *médula*, parenquima formado por células grandes, que en los tallos viejos desaparecen.

Los *radios medulares*, grupos de células de la médula, que alcanzan el periciclo y que separan los haces líberoleñosos.

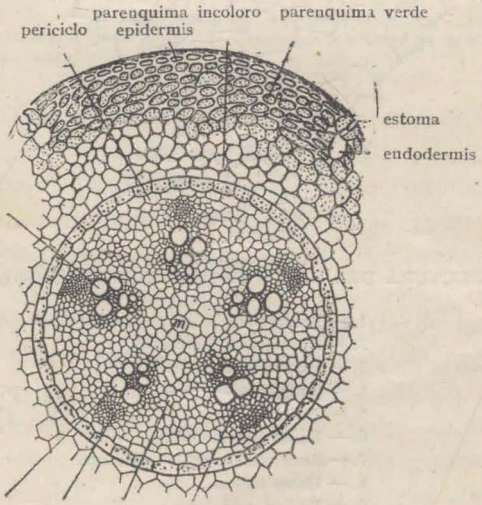


Fig. 254. — CORTE DE UN TALLO DICOTILEDÓNEO

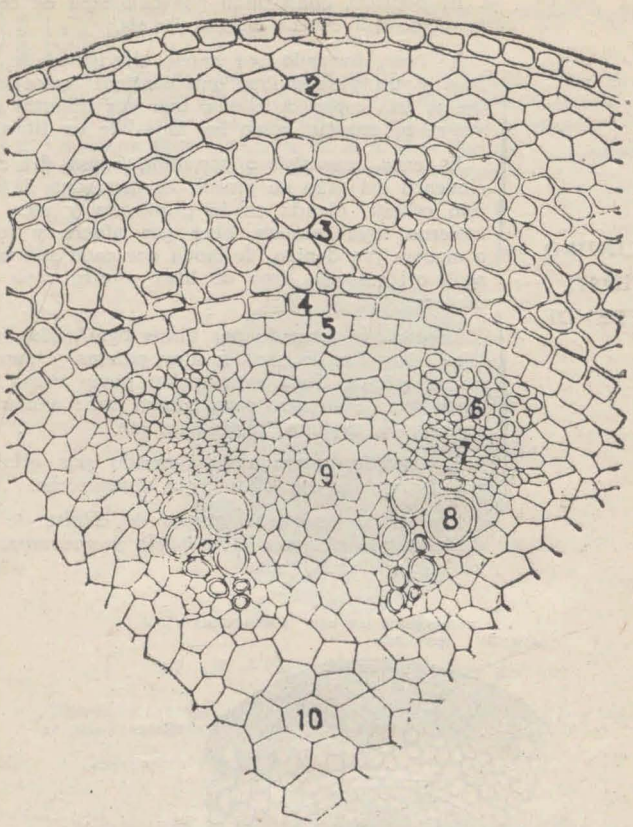


Fig. 255.

ESTRUCTURA DEL TALLO DE UNA DICOTILEDÓNEA

1. — Epidermis.
2. — Parenquima clorofílico.
3. — Parenquima incoloro.
4. — Endodermis.
5. — Periciclo.
6. — Haces liberianos.
7. — Zona generatriz o cambium.
8. — Haces leñosos.
9. — Radios medulares.
10. — Médula.

27. Formaciones secundarias del tallo. — Se llama así a los tejidos que hacen crecer en espesor a los tallos de un gran número de plantas y en particular a los de los árboles.

Debemos considerar dos casos:

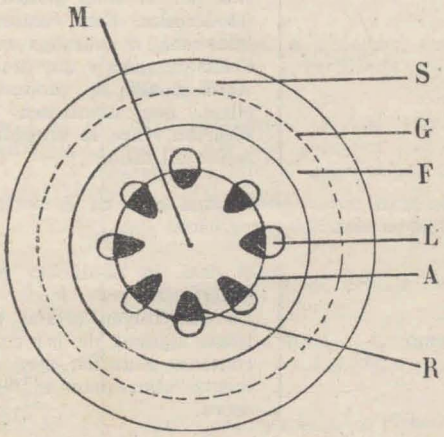


Fig. 256. — FORMACIONES SECUNDARIAS DEL TALLO

S: suber; G: zona generatriz suberofelodérmica; F: felodermo; L: líber; A: zona generatriz liberoleñosa; R: madera secundaria; M: médula.

1.° — *Monocotiledóneas.* — La mayor parte de ellas carecen de formaciones secundarias. Algunas arborescentes, como las Yuccas, tienen formaciones líberoleñosas secundarias originadas por una *zona generatriz*, situada hacia afuera de los haces líberoleñosos primarios, donde pueden diferenciarse los nuevos haces líberoleñosos.

2.° — *Dicotiledóneas.* — La mayor parte de los tallos dicotiledóneos tienen formaciones secundarias, las que se originan en *dos zonas generatrices* (fig. 256): una, situada en la corteza y que puede formarse debajo de la epidermis, en el parenquima cortical o en la endodermis, se llama zona generatriz *suberofelodérmica;* la otra, situada entre la madera y el líber, que se llama zona generatriz *líberoleñosa.*

EL SIGUIENTE CUADRO RESUME LAS FORMACIONES SECUNDARIAS DEL TALLO

FORMACIONES SECUNDARIAS SUBEROFELODERMICAS	Suber	el que es producido hacia el exterior por la zona generatriz suberofelodérmica. Está compuesto de células con membranas suberificadas, llenas de gases y que mueren pronto. Aquí y allí se producen larfentecillas, que mantienen la comunicación entre la atmósfera y el interior del tallo.
	Zona generatriz suberofelodérmica	la cual está en la corteza o en el pericíclo.
	Felodermo	el cual es producido por la zona generatriz, pero hacia el interior. Lo constituyen células parenquimáticas, algunas de las cuales pueden contener clorofila, pero que comúnmente almacenan materias de reserva.
FORMACIONES SECUNDARIAS LIBEROLEÑOSAS	Líber secundario	es producido hacia el exterior por la zona generatriz líberoleñosa; se coloca hacia adentro del líber primario al que rechaza hacia afuera, lo mismo que la corteza primaria. Contiene vasos cribosos y fibras liberianas.
	Zona generatriz líberoleñosa	está colocada entre el líber y la madera. Por la bipartición alternativa de sus células, la zona origina líber hacia el exterior y madera hacia el interior.
	Madera secundaria	es producida hacia el interior por la zona generatriz líberoleñosa; se coloca hacia afuera de la madera primaria, la que viene a quedar hacia adentro. Contiene vasos punteados (nunca espiralados o anillados como los primeros vasos de la madera primaria) y fibras leñosas.

28. Los hacecillos en la raíz. — Cortando transversalmente una raíz joven al nivel de los pelos radiculares (figuras 257, 258 y 259) se distinguen dos regiones: la *corteza* y el *cilindro central.*

LA CORTEZA COMPRENDE	La *epidermis* o epiblema, caduca, sin estomas, muchas veces suberificada y provista de pelos absorbentes.
	Un *parenquima cortical* (externo o interno), cuyas células son ricas en materias azucaradas y amiláceas en las especies comestibles.
	La *endodermis*, capa de células cuyas membranas se han suberificado o lignificado.
EL CILINDRO CENTRAL COMPRENDE	El *periciclo*, capa celular de donde nacen las radículas.
	Los vasos o haces *leñosos*, en número de dos o más (100 para las Palmeras), los cuales alternan con
	Los vasos *liberianos* o *cribosos*.
	El *cambium* o zona generatriz, que se halla interpuesta entre el tejido leñoso y el líber.
	La *médula* (que no siempre existe), con los radios medulares.

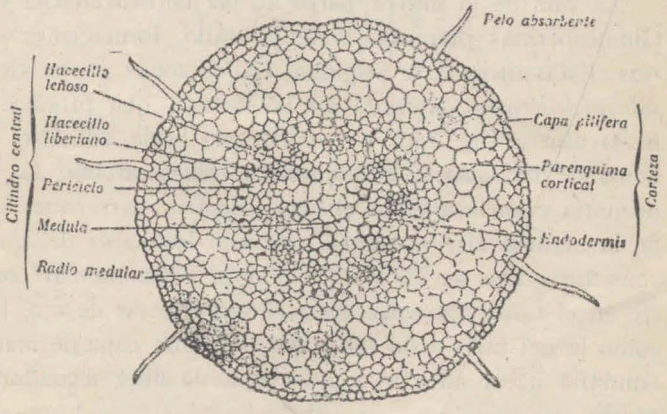


Fig. 257. — Estructura interna de la raíz.

29. Formaciones secundarias de la raíz. — La estructura que acabamos de estudiar es la de una raíz joven y la conserva toda su vida si pertenece a una Criptógama o Monocotiledónea.

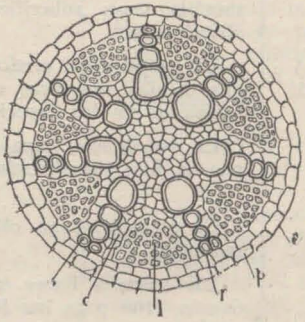


Fig. 258. — CILINDRO CENTRAL DE UNA RAIZ

e, epidermis; *p*, endodermis;
r, periciclo; *l*, haces liberianos;
c, radio medular; *v*, haces leñosos.

La raíz de la mayor parte de las Dicotiledóneas y de las Gimnospermas presenta, como el tallo, formaciones *secundarias*. Estas últimas se originan en dos zonas generatrices: una *suberofelodérmica*, ubicada en la corteza, que produce corcho hacia afuera (fig. 260) y el felodermo hacia adentro; la otra llamada *líberoleñosa*, que produce hacia afuera la madera primaria y hacia adentro el líber primario; pero como los haces de la madera alternan en la raíz con los haces del líber, esta zona tiene que ser en la raíz sinuosa y no circular como ocurre en el tallo. La zona líberoleñosa, a pesar de eso, funciona como la del tallo y da todos los años una capa de madera secundaria hacia adentro y una capa de líber secundario hacia afuera.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

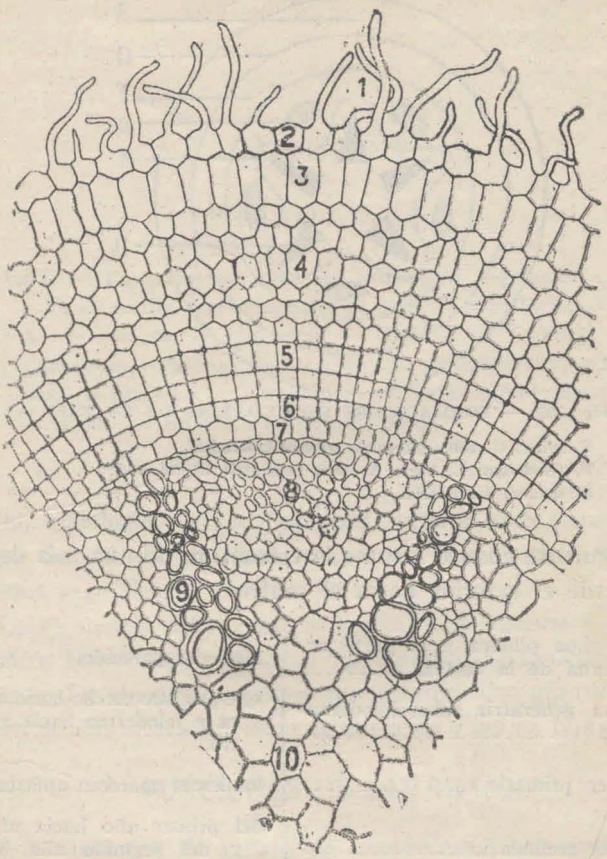


Fig. 259. — ESTRUCTURA DE LA RAIZ

1. — Pelos absorbentes.
2. — Epidermis o epiblema.
3. — Capa de células suberosas.
4. — Zona cortical externa.
5. — Zona cortical interna.
6. — Endodermis.
7. — Periciclo.
8. — Haces liberianos.
9. — Haces leñosos.
10. — Médula.

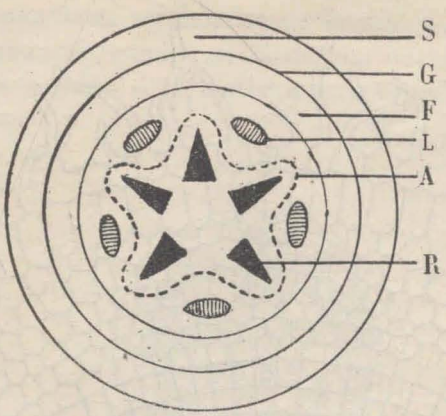


Fig. 260. — FORMACIONES SECUNDARIAS DE LA RAIZ

S, suber; G, zona generatriz suberofelodérmica; F, felodermo; L, líber; A, zona generatriz líberoleñosa; R, madera secundaria.

El siguiente cuadro resume la estructura de una raíz de dos años, desde el exterior hacia el centro.

ESTRUCTURA DE UNA RAIZ DE DOS AÑOS

La capa pilífera y la parte externa de la corteza	Han desaparecido.
Zona generatriz suberofelodérmica	que produce corcho hacia afuera y felodermo hacia adentro.
Liber primario	los haces aparecen aplastados.
Líber secundario	del primer año hacia afuera y del segundo año hacia adentro.
Zona generatriz líberoleñosa	que produce líber hacia afuera y madera hacia adentro.
Madera secundaria	del segundo año hacia afuera y la del primer año hacia adentro.
Madera primaria	la cual persiste cerca del eje de la raíz.
Médula	la cual falta o se presenta esclerificada.

Las dos zonas generatrices funcionan en invierno.

CAPITULO V

FISIOLOGÍA

Fisiología. — Funciones de nutrición. Alimentos vegetales. — El agua y los elementos que entran por la raíz. — Asimilación del nitrógeno. — Abonos. — Absorción. — Difusión. — Osmosis. Los pelos radiculares y la absorción. La presión osmótica efectuada por los pelos radiculares. — Circulación. — Notas complementarias para el estudio de las funciones de nutrición.

30. Fisiología. — La FISIOLOGÍA vegetal es la ciencia que se ocupa del estudio del desarrollo y del funcionamiento de los órganos vegetales.

La existencia del vegetal, se limita: 1.° a nutrirse y crecer, o en otros términos, a vegetar; 2.° a reproducirse, es decir, a multiplicarse. De ahí que tengamos que estudiar dos grandes funciones en la planta: las funciones de nutrición y las de reproducción.

FUNCIONES DE NUTRICION

Las funciones de nutrición comprenden una serie de fenómenos que se manifiestan los unos como causas y los otros como efectos. Así el vegetal extrae del medio que lo rodea los alimentos necesarios a su nutrición y en esto consiste el fenómeno de la *absorción*. Estos materiales, una vez absorbidos, recorren las diversas partes del organismo vegetal y con el nombre de *savia* o *líquido nutritivo* operan un *movimiento* regular que se llama *circulación;* pero en su recorrido la savia se modifica, pues al llegar a la superficie del vegetal se *vivifica* y en esto consiste la *respiración*.

Cuando el líquido nutritivo entró en la planta era muy acuoso y al llegar a las hojas expulsa el exceso que le había servido de vehículo para el transporte de las materias sólidas y en esto consiste la *transpiración*.

Una vez la savia elaborada, recorre los tejidos y suministra a cada uno los elementos necesarios para su crecimiento, y de aquí resulta la *asimilación* o nutrición propiamente dicha. Pero al mismo tiempo se forman materias que no sirven para la nutrición y que se depositan en el tejido vegetal (*secreción*) o son arrojadas al exterior (*excreción*).

La *clorovaporización* es una función que consiste en la exhalación del vapor de agua por la influencia de la clorofila y de la luz.

31. Alimentos vegetales. El agua y los elementos que entran por la raíz. — Las substancias químicas que componen los alimentos vegetales, son: el carbono, oxígeno, ázoe, hidrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y hierro, a los que podemos agregar el cloro, sodio, bromo, yodo, etc. De las combinaciones de estos elementos, resultan todos los tejidos y todos los productos vegetales: celulosa, almidón, azúcar, materias albuminoideas, alcaloides, materias grasas, ceras, gomas, sales, etc.

El Carbono (C), es el elemento principal que entra en la formación de la materia seca total de la planta, calculándose su proporción en un 50 %.

Para asimilarlo, las plantas lo pueden extraer de la atmósfera o del suelo. Las plantas con clorofila lo extraen del anhídrido carbónico de la atmósfera por *Fotosíntesis* (asimilación clorofílica); las plantas sin clorofila (Cuscutas, Hongos, Bacterios) lo toman de las substancias orgánicas, volviéndose de este modo parásitas. Otra fuente de carbono es el que se arrebata al suelo bajo forma de carbonatos.

El Oxígeno (O), es un elemento indispensable. En la planta no se debe confundir el oxígeno que circula por la planta en estado gaseoso con el oxígeno que penetra en ella bajo la

forma de combinaciones oxigenadas. Este último es el único que se aprovecha en la formación de los alimentos, pues el que procede de la atmósfera sólo obra como oxidante (Respiración).

El HIDRÓGENO (H), lo extrae del agua y como producto de la descomposición de las substancias amoniacales, que tanto abundan en los animales y vegetales.

El NITRÓGENO (N) o Azoe es el elemento indispensable para constituir la materia cuaternaria o albuminoidea. Se le encuentra en la proporción de 2 a 4 % en la parte seca de la planta.

32. Asimilación del nitrógeno. — Los vegetales extraen este elemento de distintas fuentes:

a) *nitrógeno orgánico* (restos de plantas y animales);
b) *nitrógeno amoniacal* (en el aire y en el agua de lluvia);
c) *nitrógeno combinado* (nitratos y nitritos);
d) *nitrógeno atmosférico.*

La *nitrificación*, o sea la producción de nitratos, se verifica en dos formas:

1.° — Las *leguminosas* (Trébol, Alfalfa, Poroto, fig. 261) tienen la propiedad de fijar el ázoe del aire por medio de microbios (*Bacilus radicicola*) que viven en colonias formando abultamientos sobre sus raíces. Estas raíces, una vez que se han cortado los tallos de las leguminosas, devuelven el ázoe al suelo donde entra en descomposición.

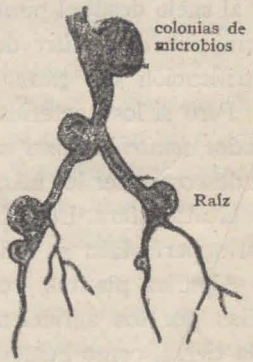


Fig. 261. — Raíz de leguminosa.

2.° — La *nitrificación* de las substancias orgánicas se puede verificar en las tierras permeables que permiten la circulación del aire, pues el fermento que la produce es *aerobio*, no pu-

diendo vivir sin oxígeno. Examinado al microscopio éste último bacterio afecta la forma de punto alargado de unos micrones. Así, pues, bajo la influencia de estos micrones, la putrefacción de las materias orgánicas (abonos, basuras, úrea, etc.), después de diversos procesos, produce los nitratos tan necesarios a los cultivos.

Esos procesos los podemos reducir a tres fases:

1.° — La *úrea* bajo la influencia de un microbio llamado *micrococcus ura*, se convierte en carbonato de amonio.

2.° — El carbonato de amonio se descompone en amoníaco, agua y anhídrido carbónico; el primero, bajo la influencia del *Nitrosococcus* (fermento nitroso), se convierte en ácido nitroso, y este último en nitritos de calcio, potasio, sodio, etc.

3.° — Los nitritos, bajo la influencia del *Nitrobacter* (fermento nítrico), se convierten en nitratos, pues dichos fermentos son oxidantes, quedando así formados los nitratos que aprovecha la planta.

La nitrificación tiene una gran importancia, pues enriquece al suelo desde el punto de vista productivo y contribuye a la formación del salitre del Perú y de Chile, que proviene de la nitrificación del *guano* de aves llamadas guaneras.

Pero si los bacterios nitrificadores son beneficiosos, los llamados *denitrificadores* son perjudiciales, pues tienen la propiedad de descomponer los nitratos y producir ázoe libre, que se pierde en la atmósfera. Empobrecen los terrenos y conviene destruirlos con superfosfato de calcio, acidulado con ácido sulfúrico.

Algunas plantas, como muchas Leguminosas, son consideradas por los agricultores como *fertilizantes*, pues restituyen a la tierra, como hemos visto más arriba, los nitratos que otras plantas (Trigo, Remolacha, etc.) llamadas *agotadoras*, les habían quitado.

El AZUFRE (S), se halla contenido en la mayor parte de las materias albuminoideas y ciertas plantas (Ajo, Asafétida,

Mostaza) lo contienen en alta proporción. La planta lo extrae de los sulfatos solubles contenidos en el suelo.

El Fósforo (P), entra en la composición del protoplasma (citoplasma y núcleo) y los vegetales lo toman de los fosfatos de potasio, sodio, calcio y magnesio que hay en la tierra.

El Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), son indispensables al vegetal. Estas tres substancias se hallan bajo la forma de carbonatos en las membranas celulares por jóvenes que sean y el magnesio entra en la composición de los cloroleucitos.

El Sodio (Na), se encuentra en las cenizas de muchas plantas y su importancia es discutida. Salm Hortsmar lo considera indispensable en la fructificación del Trigo; Nobbe, Konp y otros fisiólogos, no le atribuyen ninguna utilidad en la vegetación.

El Hierro (Fe), es necesario en la formación de la clorofila: cuando falta en la planta, las hojas pierden su color, se tornan blancas (clorosis) y no se produce la Fotosíntesis, muriendo la planta de inanición. Se ha comprobado que ni el níquel ni el manganeso pueden, a ese propósito, reemplazar al hierro.

El Silicio (Si), existe en las membranas de las células epidérmicas de un gran número de Criptógamas y Fanerógamas y las fibras liberianas, después de la combustión, dejan un residuo de sílice, a pesar de lo cual no es un elemento indispensable.

El *cloro* (Cl), *bromo* (Br) y *yodo* (I), al estado de cloruros, bromuros y yoduros, se hallan en las cenizas de un gran número de vegetales.

Finalmente, otros cuerpos simples que se encuentran igualmente en las cenizas de gran número de plantas, no pueden, sin embargo, ser considerados como propios para la alimentación, porque la vegetación se realiza perfectamente en ausencia de ellos. Son el Litio (Li), que Bunsen descubrió por medio del análisis espectral en muchas plantas; el Aluminio (A),

que aparece constantemente en las licopodiáceas; el Cobre (Cu), hallado por Commailles en la madera del naranjo, en los frutos, madera y corteza de los Pinos y Cedros; el Zinc (Zn) y el Manganeso (Mn), que Risse ha encontrado en cantidad a veces considerable en casi todas las plantas que vivían en un terreno que lo contuviese.

De todo lo expuesto puede decirse que los elementos indispensables son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo y tal vez el cloro y el sodio.

33. Abonos. — Con el nombre de abono se conoce toda substancia útil para la nutrición de la planta y que se añade al suelo para conservar o aumentar su fertilidad.

Los abonos pueden ser:

ABONOS
- Naturales
  - Animales
  - Vegetales
  - Minerales
- Industriales
  - Orgánicos
  - Minerales

Los abonos *naturales animales* comprenden los despojos de los animales muertos, huesos, cueros, plumas, excrementos, guano, gallinaza, palomina, etc.

Los abonos *naturales vegetales* son las hojas y tallos de maíz y de papa, paja, cereales, etc. Estas materias deben mezclarse con estiércol.

Los abonos *naturales minerales* comprenden el nitro, salitre, las sales Stassfurt, yeso, cenizas negras del sulfuro de hierro, la sal común, etc.

Los abonos *industriales* pueden ser:

Orgánicos, (carne desecada de caballo que contiene 10 % de nitrógeno; esto tiene mucha importancia en agricultura porque con 300 ó 350 kgs. de carne seca y pulverizada se pue-

de suministrar a una hectárea tanto nitrógeno como con 10.000 kilogramos de estiércol); restos y desperdicios de pescados de las fábricas de conservas, restos de lana, cueros, desperdicios de cueros y plumas, etc.

Minerales. — Comprenden las sales minerales obtenidas artificialmente: nitratos, sales amoniacales, fosfatos, etc.

ABSORCION

La absorción es la función por medio de la cual el vegetal extrae del suelo los alimentos necesarios para su existencia. El suelo es rico en nitratos, sulfatos, cloruros y fosfatos; estas sales, solubles en agua, entran en el vegetal formando lo que se llama *savia bruta*, y si algunas de esas sales fueran insolubles, las plantas por sus pelos chupadores segregan *diastasas* que las convierten en solubles, de modo que las raíces sólo absorben las sales minerales disueltas.

Las causas que producen la absorción son dos: 1.° la *Difusión*; 2.° la *Ósmosis*.

34. Difusión. — Es la propiedad que tienen los líquidos de penetrarse cuando se ponen en contacto. *Graham* ha hecho este experimento (fig. 262): con las debidas precauciones para evitar la mezcla mecánica, colocó un pequeño frasco A, lleno del líquido que debía ser sometido a prueba (difusato), dentro de una vasija B, llena de agua destilada y determinaba la cantidad de la solución interna que se difundía en el agua en un tiempo dado, por medio del análisis químico.

Puede también hacerse este otro experimento para demostrar la difusión de los líquidos: se llena hasta las tres cuartas partes una probeta de vidrio con tintura de tornasol azul (figura 263) y se hace llegar lentamente ácido sulfúrico al fondo por un embudo; la superficie de separación del líquido incoloro y del líquido azul es al principio bien definida; pero después se ve que el tornasol pasa gradualmente al rojo de abajo arriba.

Respecto a la difusión, los líquidos son: *miscibles*, cuando se mezclan (agua y alcohol); *no miscibles*, cuando no se mezclan (agua y mercurio).

35. Ósmosis. — Es la propiedad que tienen los líquidos de mezclarse cuando están separados por una membrana porosa que es permeable por lo menos para uno de los líquidos.

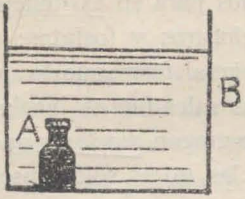


Fig. 262. — Experimento de Graham

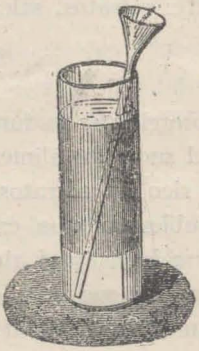


Fig. 263

Hágase este experimento: (fig. 264).

Cúbrase la extremidad de un tubo con un pedazo de vejiga mojada, cuidando de ajustarla bien; se pone el tubo en el agua contenida en una vasija y se le llena de alcohol hasta el nivel del líquido exterior. El flúido del tubo principiará pronto a subir y puede llegar a una altura considerable. El agua penetra por la membrana y se mezcla con el alcohol y al propio tiempo se establece en distinta dirección una débil corriente de alcohol que va a mezclarse con el agua. Cuando se separan de esta manera varios líquidos, el que más humedece la membrana es el que más pronto penetra y si la membrana hubiera sido de caucho, la corriente de alcohol hubiera sido más abundante.

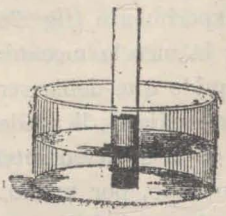


Fig. 264
Experimento de Dutrochet

Dutrochet, que fué el primero que llamó la atención hacia este fenómeno, llamó a la corriente que se dirige al interior (*endósmosis*) y la que se dirige al exterior (*exósmosis*) pero estas palabras van cayendo en desuso y los fenómenos a que se refieren se llaman simplemente (*ósmosis*) palabra derivada del griego y que significa impulsión.

Las soluciones que atraviesan las membranas se llaman cristaloides (sustancias salinas que pueden cristalizar), y las que no lo hacen, *coloides* (citoplasma, albúmina, almidón, goma, etc.).

CÉLULA DE SACHS

Con la "célula de Sachs" se puede poner en evidencia el fenómeno.

La "célula de Sachs" es un tubo de vidrio de unos 10 ctms. de largo y 3 a 5 ctms. de diámetro, abierto en sus extremos, a los que se adaptan dos vejigas de cerdo frescas.

Antes de colocar las membranas se llena el tubo con una solución de azúcar o de goma y después se lo coloca en un cristalizador con agua.

Como el azúcar o goma atraen el agua, se produce una corriente del cristalizador al tubo (endósmosis) y se nota que las vejigas se ponen convexas. La presión en el interior de la "célula" aumenta de tal modo, que se la calcula en varias atmósferas. Si después de algunas horas se pincha una de las membranas, sale un chorro fuerte de la solución.

Estos dos fenómenos, difusión y ósmosis, pueden explicar la absorción en el vegetal. En efecto, hacia el fin del invierno y antes del desarrollo de las yemas, se desarrollan en las raíces pelos radiculares, cuyas extremidades se hallan llenas de jugos muy densos, favorables a la acción osmótica, porque las células que las forman están llenas de azúcar, gomas, etc.; el líquido exterior es menos denso y, en virtud de la *ley osmótica*, los lí-

quidos contenidos en los pelos radiculares absorben el líquido exterior y lo llevan a las primeras células, haciendo así disminuir la densidad (difusión), y este fenómeno se continúa de célula en célula hasta llegar a los vasos (fig. 265).

36. Los pelos radiculares y la absorción. — El fenómeno de la absorción se verifica en la región de los pelos radiculares, desde que sabemos que la extremidad de la raíz o piloriza, está formada por células inertes. La experiencia de Van Thieghem (fig. 266), lo comprueba en forma concluyente:

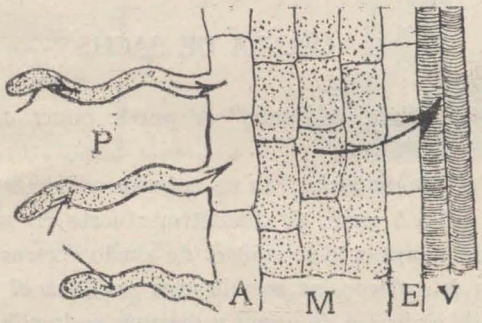


Fig. 265. — P: pelos radiculares. — A: capa pilífera. — M: Parenquima. — E: Endodermis. — V: Vasos.

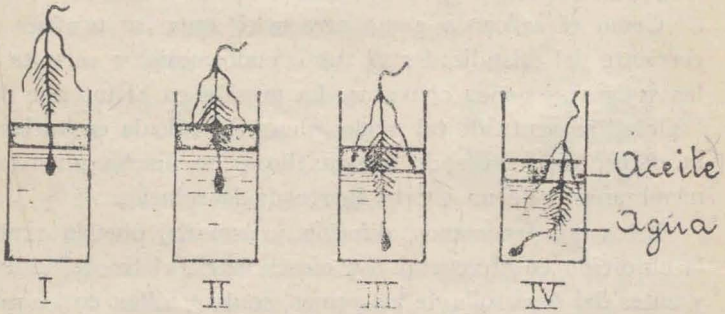


Fig. 266. — EXPERIMENTO DE VAN TIEGHEM

Se toman cuatro probetas con agua hasta el mismo nivel y con una capa de aceite para evitar la evaporación. En la primera se pone una raíz que tenga nada más que la piloriza

sumergida; en la segunda, otra raíz está sumergida hasta los pelos radiculares; en la tercera, se sumerge la zona de los pelos radiculares, y en la cuarta, queda la raíz sumergida totalmente. Al cabo de cierto tiempo se ve que el agua en la primera y segunda probetas no ha cambiado de nivel y que en la tercera y cuarta el nivel ha descendido.

Respecto a las condiciones de la absorción, conviene hacer notar que: 1.° si el agua en que está sumergida una raíz

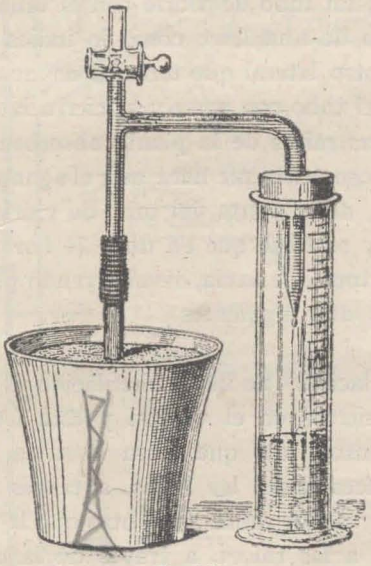


Fig. 267

tiene una substancia en disolución, el agua va a ser absorbida en proporción más grande que la substancia disuelta, de modo que la solución tiene tendencia a concentrarse de masa en masa; 2.° cuanto más flúido sea el líquido, la absorción será tanto mayor; 3.° la raíz carece de la facultad de elegir su alimento, aunque éste le fuese nocivo; 4.° la planta se asegura su existencia convirtiendo los cuerpos insolubles en solubles; 5.° colocada la planta en un medio en que le faltan las sales mi-

nerales, la planta muere, lo que puede comprobarse colocando la plantita extraída de un vivero, en una probeta que contiene agua destilada; agotadas las reservas nutritivas, la planta no tarda en perecer.

37. La presión osmótica efectuada por los pelos radiculares. — Una planta cualquiera cultivada en maceta, se corta a unos 5 ctms. del cuello o nudo vital. Mediante un tubito de goma se une un tubo de vidrio con el tallo. El tubo de vidrio está provisto de una llave como lo indica la figura 267. Del tubo parte otro lateral que termina en una probeta graduada.

Se llena el tubo con agua y se cierra la llave. Se riega bien la planta. Las raíces de la planta absorben agua, produciendo una presión osmótica que hace salir el agua del tallo cortado, y, por lo tanto, de la punta del tubo de vidrio. Recogida el agua se la mide, y se tiene que en unas 24 horas se pueden recoger de 15 a 25 ctms.^{3}, de savia, disminuyendo poco a poco esta cantidad en los días siguientes.

38. Circulación. Se llama circulación el movimiento de los líquidos nutritivos en el vegetal y este fenómeno comprende dos movimientos: uno que eleva la savia *bruta* o *ascendente*, desde las raíces hasta las hojas, a través de las capas leñosas del tallo y de las ramas, y el otro que la vuelve a traer desde las hojas a las raíces, a través de la corteza, llamándose esta savia, *elaborada* o *descendente* (fig. 268).

La fuerza de ascensión de la savia puede demostrarse con el experimento de Hales (fig. 269).

Se corta el tallo (a) de una planta a algunos centímetros de su cuello y por medio de un tapón o un tubo de caucho se le une a un tubo (b) provisto en su parte superior de un embudo con llave (c); del tubo (b), parte lateralmente otro tubo (d) que por medio de un tapón de goma comunica con un tubo (f) acodado y sostenido por un soporte (g). Se abre la llave (e)

y se vierte agua hasta llenar el aparato; por el tubo largo de la derecha se echa mercurio hasta alcanzar el nivel (e, n), y el agua en exceso es expulsada por el embudo. Se cierra la

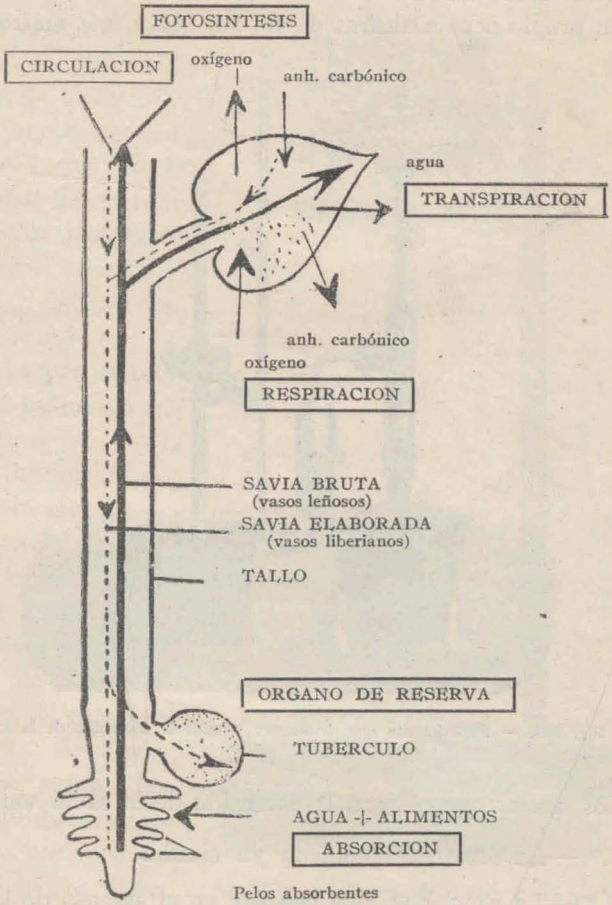


Fig. 268. — ESQUEMA DE LA CIRCULACION DE LA SAVIA

La línea entera indica la circulación de la savia *bruta* y la línea punteada la de la savia *elaborada*.

llave (c) y se espera unas horas: se observará que la savia empuja el agua del tubo (b), y ésta el mercurio el que sube hasta un nivel n'.

Esta fuerza ascensional es la que hace subir la savia contra su propio peso a alturas de 40, 50, 100 y más metros.

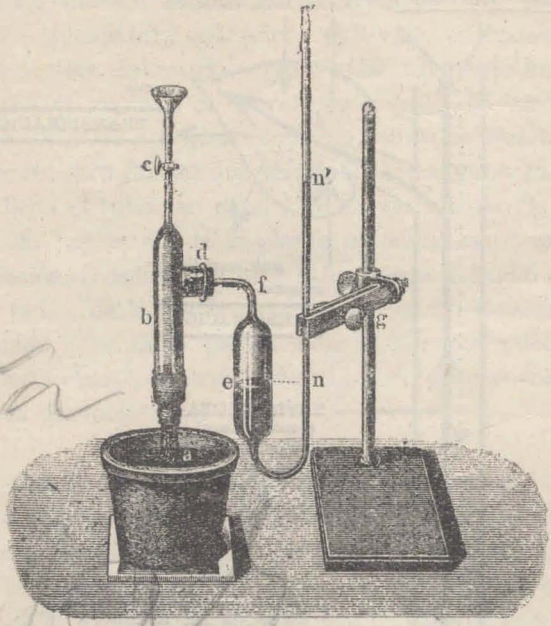


Fig. 269. — Experimento que demuestra y mide la ascensión de la savia

Las *causas* que obligan la ascensión de la savia son:

1.° — La *ósmosis*, fenómeno ya citado.

2.° — La *capacidad*, que consiste en el ascenso de los líquidos en los tubos capilares.

3.° — La *imbición*, fuerza que consiste en el ascenso de un líquido a través de la masa de un cuerpo.

4.° — La *evaporación*, que se produce en la superficie de las hojas, produciendo un vacío, que provoca una *succión* o *aspiración* (corriente transpiradora).

Esta aspiración puede comprobarse con el aparato de la fig 270. Se fija una rama provista de hojas, en la extremidad de un tubo de cristal sumergido en el agua coloreada, por su extremo inferior. Se observará que el agua sube por el tubo bajo la influencia de la disminución de la presión ocasionada por la evaporación.

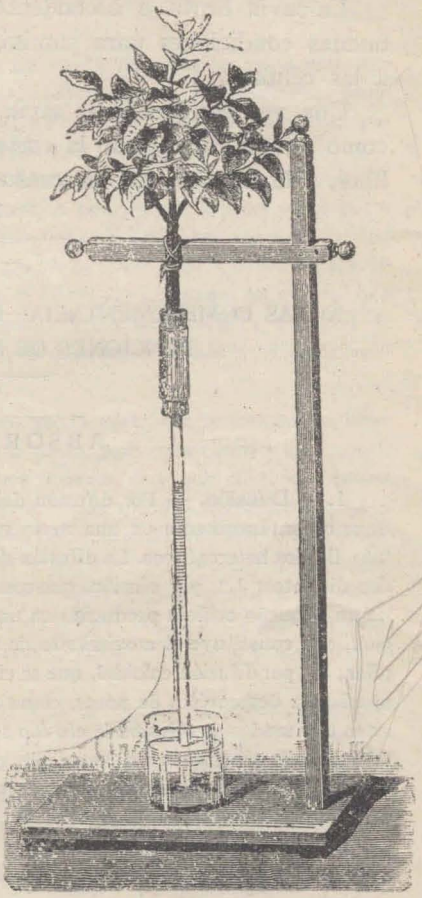


Fig. 270. — Experimento para demostrar la aspiración que ejercen las hojas. La evaporación producida en la rama hace subir el agua en el tubo.

La savia *bruta* o *ascendente* está compuesta de agua que lleva en solución sales de potasio, de sodio, de amoníaco, de calcio, de magnesio, de hierro, materias azucaradas, albuminoideas, ácido carbónico, etc., y circula, como hemos dicho, por los vasos leñosos del tallo y de las ramas, es decir, por el eje central del tallo, llegando así a las hojas donde, gracias a la *Fotosíntesis*, se producen transforma-

ciones químicas complicadas, originando así las materias de construcción que componen las plantas.

La savia bruta o ascendente es, pues, la que se halla en buenas condiciones para suministrar los elementos nutritivos a las células.

Una vez convertida la savia *bruta* en *elaborada*, desciende, como hemos dicho, por la corteza del tallo, en las capas del líber, y la causa de este descenso debe atribuirse a la gravedad.

NOTAS COMPLEMENTARIAS PARA EL ESTUDIO DE LAS FUNCIONES DE LA NUTRICION

ABSORCION

1. — Difusión. — Por difusión debe entenderse la mezcla que se produce espontáneamente en una masa gaseosa o líquida, formada por dos o más flúidos heterogéneos. La difusión de los gases puede hacerse de tres modos distintos: 1.°, por efusión, que consiste en el paso de un gas a través de un pequeño orificio producido en una delgada pared; 2.°, por transpiración, que constituye el movimiento de un gas en el interior de un tubo capilar; 3.°, por difusión coloidal, que se efectúa a través de una membrana en apariencia desprovista de poros, como sería una membrana de caucho. De estos tres modos de difusión la efusión solamente interesa a la biología vegetal y se halla sometida a una simple ley que se enuncia así: "La velocidad con que un gas atraviesa una membrana provista de poros, está en razón inversa de la raíz cuadrada de su densidad".

Añadiremos que no existe en los vegetales ningún órgano susceptible de realizar la difusión capilar o la coloidal y que las membranas vegetales continuas son impermeables para los gases, cuando se hallan secas.

La difusión en un medio líquido, estudiada primeramente por Graham y más tarde por Long, Voigtlander, etc., es un fenómeno complejo; si se trata de compuestos isomorfos, la velocidad de difusión es casi la misma, pero si son substancias cristalizables de poco peso molecular (cristaloides), poseen una velocidad de difusión superior a la de los cuerpos amorfos o coloides. Debemos, por otra parte, tener presente que los elementos nutritivos

de la planta son substancias cristaloides, mientras que los principios elaborados son cuerpos de gran peso molecular y a menudo se trata de verdaderos coloides; se comprende así que por difusión la célula llega a producir la asimilación de los primeros, reteniendo a los coloides en el seno del citoplasma.

2. — **Diálisis.** — La diálisis es un modo de difusión particular que se efectúa a través de una membrana, aparentemente impermeable, como una hoja de papel pergamino. Los cuerpos cristaloides son los únicos que pasan, lo que permite separarlos fácilmente de los coloides.

La diálisis contribuye a reforzar los efectos de la difusión: en efecto, admitiendo que las membranas vegetales poseen propiedades análogas a las del papel pergamino, se tiene que dichas membranas son a un tiempo filtrantes y dializantes en todos los grados posibles y comparables a los filtros más o menos permeables: desde el fabricado con papel no colado, que retiene solamente las partículas gruesas, hasta el ultrafiltro, como el de colodión, que únicamente deja pasar los cuerpos en estado de división molecular.

3. — **Ósmosis.** — Ya sabemos en qué consiste este fenómeno, La exósmosis es evidentemente un efecto de difusión, pero para conocer las leyes de la endósmosis, que es la que sólo nos interesa, hay que eliminar aquélla. Esto lo ha conseguido Pfeffer, empleando las membranas semipermeables artificiales. Por membrana semipermeable se entiende una membrana que se deja atravesar por el agua cuando se la pone en contacto con una solución acuosa, sin dejar pasar las substancias disueltas. Dichas membranas se obtienen impregnando las paredes de un vaso poroso, de un precipitado de naturaleza coloidal, como el fosfato de calcio, sulfato de bario, azul de Prusia o ferrocianuro de cobre.

Una membrana constituída por una de dichas substancias, no produce la exósmosis y da lugar en el endosmómetro de Dutrochet a una ascensión del líquido interior en el tubo vertical y por consiguiente a un aumento de presión que tiene por medida el peso de la columna líquida levantada: este aumento de presión recibe el nombre de presión osmótica.

Las leyes que rigen la ósmosis son simples: según Pfeffer y otros fisiólogos, la presión osmótica, para una substancia química definida, "es proporcional a la concentración del líquido, así como a su temperatura absoluta, e inversamente proporcional al peso molecular del cuerpo disuelto".

De aquí se deduce que la presión osmótica es la misma para dos soluciones que contienen, bajo el mismo volumen, el mismo número de moléculas disueltas, lo que se expresa diciendo que son isotónicas; si, por el contrario, a dos soluciones diferentes corresponden presiones osmóticas distin-

tas, se dice que la solución que posee más alta presión es hipertónica con respecto a la segunda, la cual es hipotónica con respecto a la primera solución.

Todos estos fenómenos se observan tanto en la célula viva como en la materia inerte. Hugo de Vries ha reconocido, en efecto, que la membrana celular se comporta como un vaso poroso de Pfeffer; la plasmolisis, o sea la contracción que sufre el protoplasma al ponerse en contacto con ciertos líquidos, es un índice de hipertonicidad de estos últimos.

CIRCULACION

4. — Causas de la ascensión de la savia. — La atención de los fisiólogos ha sido atraída hacia las causas que provocan la fuerza ascensional que hace subir la savia contra su propio peso a alturas de 40, 50, 100 y más metros.

El primer factor invocado ha sido la capilaridad (Sachs, Vesques, Bohm, Jamin), pero estudios modernos demuestran que la capilaridad solamente no puede explicar la circulación de la savia. Esto se comprende si se admite que una planta no puede compararse con una masa porosa y si se tienen en cuenta la corta longitud relativa de los vasos conductores. Además, la capilaridad no explica el fenómeno de sudación ni la producción del néctar de las flores.

Los cambios de presión atmosférica, que provocarían en los vasos una succión o aspiración, han sido también estudiados por von Hohnel, el cual ha comprobado que la presión intravascular es casi siempre menor que la presión exterior. Pero esta causa es considerada como insuficiente para explicar todos los fenómenos, puesto que la presión atmosférica no alcanzaría a hacer subir el agua a más de 10 metros de altura.

Godlekski ha recurrido entonces al fenómeno de la ósmosis, considerándolo el único capaz de levantar una columna líquida de cualquier altura, puesto que la ósmosis no depende del número de moléculas que el líquido contiene en disolución. Según este autor, toda célula que se plasmoliza, en virtud de la contracción sufrida por su protoplasma, envía agua a los vasos vecinos, los que la ceden a su vez a otras células no plasmolizadas, con toda la presión que soportaba en la primera célula; esta última recobra entonces su turgencia, pudiendo volver a desempeñar la misma función, comparable a la de una bomba aspirante impelente.

CAPITULO VI

Transpiración. — Causas de la transpiración y su importancia en la conducción de la savia. — Medición de la transpiración. — Los estomas y la transpiración. — Indicación de la transpiración por el cloruro de cobalto. — La regularización de la transpiración en los vegetales zerófilos e higrófilos. — Defensas contra una transpiración excesiva. — Resultados de la transpiración.

39. Transpiración. — La *transpiración* es la exhalación de la mayor parte del agua que ha servido de vehículo a las substancias nutritivas que forman la savia. Esta exhalación tiene lugar principalmente en la superficie de las hojas, pero los tallos y las flores también desempeñan dicha función.

40. Causas de la transpiración y su importancia en la conducción de la savia. — La savia ascendente que corre por la raíz y el tallo, está formada por sales disueltas en un exceso de agua. Esto se explica, pues la savia tiene que verificar un trabajo enorme en contra de la fuerza de gravedad, el que sería mayor todavía si estuviera concentrada.

Por esa causa, los pelos radiculares absorben una cantidad de agua que las células no pueden utilizar, exceso que es expulsado en estado de vapor en el fenómeno de la transpiración.

41. Medición de la transpiración. — Varios experimentos pueden hacerse para comprobar y medir la cantidad de agua transpirada.

Experimento de Mariotte o de la campana de vidrio. Se co-

loca una maceta que tenga una planta joven bajo una campana de vidrio; la tierra debe estar húmeda y cubierta de una lámina de vidrio perforada para dar paso al tallo de la planta y evitar la evaporación de la tierra. Expuesta a la sombra la planta transpira poco, mientras que expuesta al sol, la pared interna de la campana se cubre de gotitas de vapor de agua condensada.

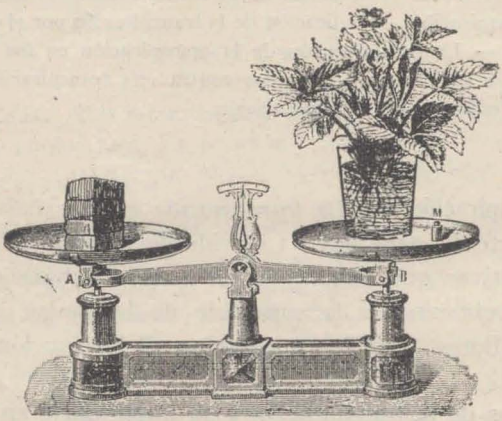


Fig. 271. — EXPERIMENTO DE HALES

Experimento de Hales (fig. 271).

Sobre un platillo B de una balanza se coloca un vaso con agua y una rama con hojas frescas; en el otro platillo A se coloca una tara hasta restablecer el equilibrio; al cabo de pocos minutos se nota que el equilibrio se rompe a favor del platillo A. Los pesos M que hay que añadir en el platillo B indican la cantidad de agua transpirada durante el tiempo que ha durado el experimento.

Experimento de Sachs, (fig. 272). Se toma un tubo en U lleno de agua, al que se adaptan dos tapones; por uno de ellos se pasa el pecíolo de una hoja y en el otro se adapta un

tubo estrecho. El nivel de agua que alcanzaba hasta *a*, desciende al cabo de cierto tiempo hasta *b* y la columna líquida *a b*, absorbida por la hoja, es justamente el agua exhalada en ese tiempo.

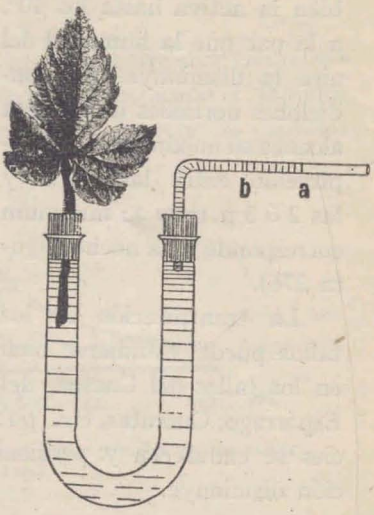


Fig. 272
EXPERIMENTO DE SACHS

También puede hacerse el experimento disponiendo el aparato como lo indica la figura 273.

Otros dispositivos fáciles de realizar comprueban el fenómeno del mismo modo.

a) Tómese una hoja un poco grande y pásese el pecíolo por el agujero hecho en una tarjeta (fig. 274); colóquese ésta última sobre un vaso con agua y cúbrase la hoja con un vaso invertido; poco tiempo después se observará que la cara anterior del vaso superior se cubre de gotitas de agua, provenientes del vapor de agua exhalado.

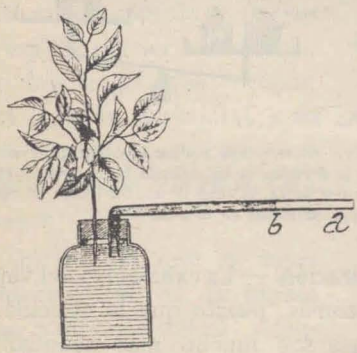


Fig. 273

b) El de la figura 275 no necesita explicación.

La intensidad de la transpiración varía con las condiciones exteriores: temperatura, luz y estado higrométrico del aire. La luz la activa y se calcula que una planta transpira siete veces más en la luz del sol que en la obscuridad: el calor tam-

bién la activa hasta los 40°, a la par que la humedad del aire la disminuye. En condiciones normales una planta alcanza su máximum de transpiración entre las 12 m. y las 2 ó 3 p. m. y su mínimum corresponde a la noche (figura 276).

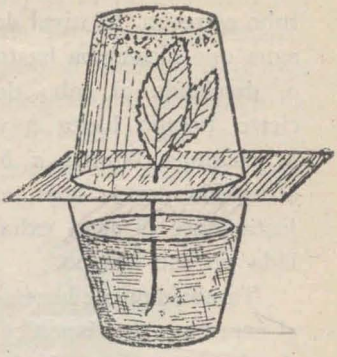


Fig. 274

La transpiración de los tallos puede estudiarse bien en los tallos del Cactus, del Espárrago, Cuscutas, etc., pues en los tallos viejos sus superficies se endurecen y perdiendo su permeabilidad, la transpiración disminuye.

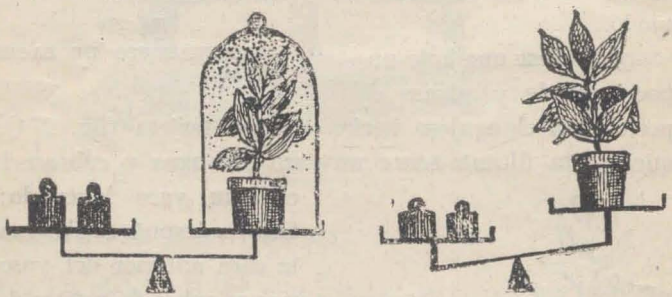


Fig. 275

En el dispositivo de la izquierda, el equilibrio no se rompe porque la campana retiene el vapor de agua transpirada; en el de la derecha, se ha retirado la campana y en su lugar se ha restablecido el equilibrio por pesas; al cabo de cierto tiempo, el equilibrio se rompe porque el vapor de agua se pierde en la atmósfera.

42. Los estomas y la transpiración. — La exhalación del vapor de agua se verifica por los estomas, puesto que la cutícula es impermeable. Como los estomas son mucho más abundantes en la cara ventral de las hojas, gran parte del agua evaporada corresponde a dichas caras.

Esto puede comprobarse repitiendo el *experimento* de Garreau (fig. 277).

Se coloca una hoja unida a su tallo entre dos campanas de fondo abierto y en cuyos cuellos se han colocado 2 tapones atravesados por 2 varillas que terminan en 2 pequeñas cápsulas

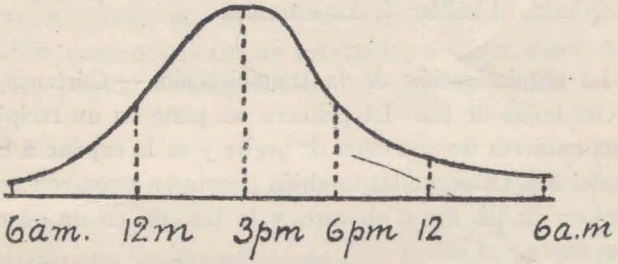


Fig. 276. — Curva que indica la marcha de la transpiración de una planta durante 12 horas.

A y B. Se coloca en ellas un peso igual de cloruro de calcio, substancia higroscópica, es decir, que absorbe rápidamente el vapor de agua. Si la hoja que se experimenta ocupa una posición horizontal en la planta, se nota que al cabo de una horas la cápsula B aumenta más de peso que la cápsula A, lo que se explica por ser los estomas, en las hojas que ocupan una posición horizontal, más abundantes en su cara ventral o inferior que en su cara dorsal.

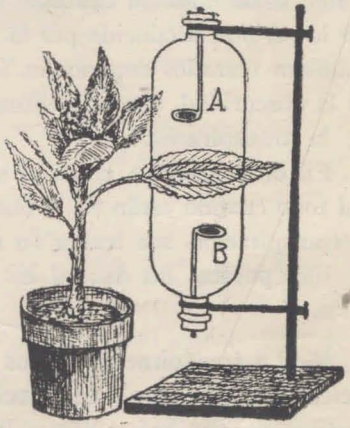


Fig. 277. — Experimento de Garreau.

Si la hoja que se experimenta tiene en la planta una posición vertical, el aumento de peso es aproximadamente el mismo en ambas cápsulas, pues en este caso

los estomas están igualmente repartidos en ambas caras de la hoja.

43. Indicación de la transpiración por el cloruro de cobalto. (Stahl). — Este método, que sirve para poner en evidencia la presencia de los estomas en las hojas, ha sido indicado en el II Capítulo, al hablar de los estomas.

44. La regularización de la transpiración. — Córtense tres ramas con hojas de tilo. La primera se pone en un recipiente con agua cubierta de una capa de aceite y se la expone a la luz directa del sol. La segunda, también puesta en agua con aceite, se la coloca en un lugar obscuro, y la tercera, en un vaso sin agua, se expone al sol.

Al cabo de 2 ó 3 horas, se examinan las hojas de tilo con papel de cobalto y se observa que: 1.°, la transpiración ha sido intensa en la primera rama, y 2.°, débil o nula en las hojas de las otras dos.

Esto se debe a que los estomas de las hojas de tilo permanecen abiertos cuando están expuestos a la luz directa del sol y tienen las hojas la cantidad de agua necesaria para compensar la pérdida producida por la transpiración, mientras que permanecen cerrados cuando les falta el agua, y están colocados en la obscuridad, obrando entonces como verdaderos *reguladores* de la transpiración.

En otras plantas, como el sauce, los estomas no se cierran del todo cuando están en la obscuridad, lo que es causa de que la transpiración sea mayor en una rama de sauce que en otra de tilo, puestas las dos en las mismas condiciones experimentales.

45. La transpiración en los vegetales xerófilos e higrófilos. Defensas contra una transpiración excesiva.—Los vegetales higrófilos poseen hojas desarrolladas, provistas de numerosos estomas que facilitan la expulsión del exceso de agua. Los ve-

getales xerófilos, por el contrario, reducen las láminas de sus hojas a la forma acicular, y en algunos casos extremos, las hojas desaparecen (plantas áfilas) evitando así una transpiración excesiva. Los Cactus están cubiertos por una fuerte cutícula que cubre la epidermis, protegiendo la planta. Otras veces, el tejido suberoso, que impide la transpiración, alcanza cierto desarrollo, como ocurre con los tubérculos de papa, donde la capa de suber impide la evaporación del agua contenida en el tubérculo.

46. Resultados de la transpiración. — 1.°: La evaporación se produce en todas las partes aéreas de la planta; 2.°: las hojas persistentes evaporan menos que las caducas y las jóvenes más que las viejas, porque son más permeables; 3.°: la evaporación no se produce en un ambiente saturado de vapor de agua y crece a medida que el estado higrométrico disminuye, hasta hacerse extremadamente intensa en una atmósfera seca; 4.°: aumenta con la temperatura y con la intensidad luminosa; 5.°: el calor obscuro, que no tiene influencia en la función clorofílica, actúa sobre la transpiración tan enérgicamente como puede hacerlo la luz.

CAPÍTULO VII

Asimilación del carbono. — El intercambio gaseoso por los estomas. — La fotosíntesis: condiciones necesarias. Vida, clorofila, luz y temperatura. — Demostración de la producción de almidón por yodo. — Demostración del almidón al microscopio. — Asimilación del nitrógeno. — Productos de reserva y excreción.

47. Asimilación del carbono, o asimilación clorofílica. — Esta función es propia de las partes verdes de los vegetales, es decir, de aquellas partes que contienen clorofila y se verifica cuando se reúnen estas tres condiciones: que el vegetal esté *vivo*, que esté expuesto a la *luz* directa o difusa del sol y que posea *clorofila*.

La fotosíntesis no es sino un medio que tienen las plantas de asimilar una gran parte del *carbono* que necesitan indispensablemente para formar sus tejidos.

La función consiste en: absorción del anhídrido carbónico (combinación de carbono y oxígeno) del aire y exhalación del oxígeno, fijando la planta el carbono.

La asimilación puede comprobarse haciendo este experimento: Se ponen unas hojas acuáticas en un embudo de vidrio y se lo invierte en un recipiente que contenga agua mezclada con un poco de agua de Seltz. Se llena una probeta con agua e invertida se la dispone como indica la figura 278. Se lleva el aparato a la luz del sol y se espera unas horas. Se llenará en estas condiciones la probeta de un gas que falta demostrar que es *oxígeno;* para esto se toma una astilla de madera y se quema una de sus puntas hasta reducirla a brasa; se levanta la probeta y se introduce la madera, notándose que esta última arde con fuerza, lo que prueba que el gas desprendido es oxígeno, gas que favorece la combustión.

La fotosíntesis se verifica en las hojas, tallos verdes, flores y raíces aéreas, pero las hojas, en virtud de la gran cantidad de clorofila que contienen y de la extensa superficie que presentan a la luz y los cambios de posición que afectan para recibir mejor las radiaciones luminosas, deben ser consideradas como el asiento principal de la asimilación del carbono.

Las hojas sumergidas de las plantas acuáticas, toman el anhídrido carbónico que se halla disuelto en el agua (fig. 279).

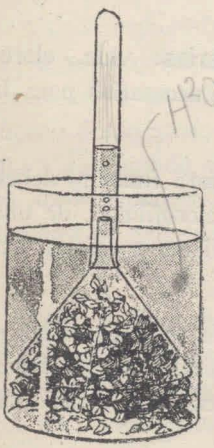


Fig. 278

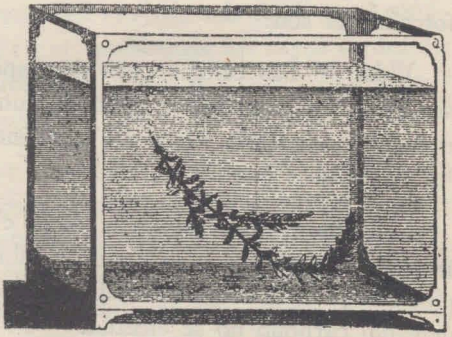


Fig. 279. — ELODEA del Canadá, desprendiendo oxígeno cuando se expone a la luz solar.

48. El intercambio gaseoso por los estomas. — En el experimento anterior, a la vez que la planta tomaba anhídrido carbónico disuelto en el agua y desprendía oxígeno, también respiraba simultáneamente, es decir, tomaba oxígeno disuelto en el agua, y desprendía anhídrido carbónico, que se disolvía en aquel medio. Como vemos, se han verificado dos fenómenos inversos: uno, que corresponde a la asimilación y el otro a la respiración. El intercambio gaseoso ha sido hecho por los estomas y la cantidad A de oxígeno desprendida por una planta colocada bajo una campana o una probeta y expuesta a la luz directa solar, no

representa el oxígeno desprendido por la asimilación, sino la diferencia entre el oxígeno absorbido por la respiración y el desprendido por la asimilación.

Del mismo modo, la cantidad B de anhídrido carbónico, cuya desaparición comprueba la experiencia, representa la diferencia entre la cantidad de anhídrido carbónico que ha sido absorbido en la asimilación y el que ha sido expulsado en la respiración.

49. La fotosíntesis: condiciones necesarias: vida, clorofila, luz y temperatura. — Las condiciones necesarias para la fotosíntesis son:

Vida. — Las células, para desempeñar ésta función, deben ser vivas, no habiéndose obtenido función clorofiliana, de una manera indiscutible, fuera del organismo viviente y únicamente los anestésicos pueden paralizarla.

Clorofila. — La presencia de la clorofila es indispensable, pues si las experiencias se verifican sobre vegetales que no tienen clorofila por haberse desarrollado en la obscuridad, la asimilación del carbono no se efectúa.

Las plantas criadas con falta de luz no mueren, pero su desarrollo se retarda, tomando un estado de languidecimiento que ha recibido el nombre de *ahilamiento*. Esto puede comprobarse fácilmente sembrando en dos macetas, granos de maíz o de trigo; una de las macetas se pone en la obscuridad y la otra a la luz solar. Al cabo de tres semanas, compárense los resultados obtenidos; las plantas de la primera maceta tienen un color blanquecino, sus tallos son débiles y no erguidos, los tejidos son esponjosos, mientras que las plantas de la segunda maceta tienen un color verde brillante, tallos erguidos y tejidos fibrosos. Si se quemaran dos plantas, una de cada maceta, se notaría una diferencia sensible de peso a favor de la criada a la luz del sol.

Luz. — La planta puesta en la obscuridad no desempeña la función clorofiliana, lo que demuestra palpablemente la necesidad de la luz solar; ahora bien, esta última al ser descompuesta por un prisma nos hace ver que está formada por siete colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta, que constituyen el *espectro solar.*

¿Qué colores del espectro son más favorables para la fotosíntesis?

Van Thieghem ha comprobado que si se coloca una probeta con agua y hojas de Bambú en el rojo, otra en el anaranjado, una tercera en el amarillo y la cuarta en el verde, la cantidad de oxígeno desprendido es grande en el rojo, más débil en el amarillo y anaranjado y nula en el verde, pues los rayos verdes no son absorbidos por la clorófila. A partir del verde, el desprendimiento de oxígeno es muy débil hasta casi anularse de nuevo en el violeta.

Calor. — Para decomponer el anhídrido carbónico en carbono y oxígeno, lo que representa un trabajo, la planta necesita una cantidad de calor igual a la que se desprende cuando se forma anhídrido carbónico y no poseyendo el vegetal un manantial propio de calor lo toma, gracias a la clorofila, de los rayos solares.

El desprendimiento de oxígeno se acelera notablemente con el aumento de temperatura, siendo la óptima de 25 a 30.°

Tres factores principales influyen en la asimilación clorofílica:

1.° — La *intensidad* luminosa, que influye tan directamente, que en la obscuridad completa la planta ya no asimila.

2.° — La *temperatura:* el óptimum de temperatura para la asimilación es 30.°, aunque algunos Líquenes consiguen asimilar a 40.°

3.° — La *proporción* de anhídrido carbónico que hay en la atmósfera. En el anhídrido carbónico puro la planta se asfixia

y de ahí que dicho gas debe estar diluído con un gas inerte, alcanzando el óptimum de asimilación cuando la atmósfera tiene 10 % de anhídrido carbónico.

Comparando la respiración y la asimilación podemos considerar tres casos:

1.° — *La planta* se halla en la *obscuridad completa:* La asimilación clorofílica, en este caso, es nula y la respiración es máxima.

2.° — *La planta* se halla expuesta a la *luz difusa:* La asimilación es débil y la respiración sigue siendo intensa, pero sin alcanzar el máximum.

3.° — *La planta* se halla expuesta a la *luz directa del sol:* La asimilación es máxima, y en cambio la respiración alcanza su mínimum y de estas consideraciones deducimos la siguiente aplicación higiénica: "Las plantas verdes expuestas a la luz directa purifican el aire de las habitaciones, mientras que lo vician durante la noche".

50. Demostración de la producción de almidón por yodo. — El almidón se encuentra ya formado en las hojas verdes. Para probarlo se las hace hervir algunos minutos en agua para matar el protoplasma y hacer hinchar los granos de almidón. Se las trata por el alcohol, el que extrae la clorofila, quedando las hojas decoloradas. Si se las pone en una solución de yodo se ponen obscuras, menos las nervaduras, y eso es debido al yoduro de almidón que se ha formado. Para probar la necesidad de la luz en la producción del almidón, se cultivan plantas en la obscuridad, las que desarrollan hojas blanquecinas que se llaman etioladas. Sobre una de estas hojas y en ambas caras se fijan dos discos de corcho o de papel de estaño y se las expone a la acción de la luz solar. Al cabo de pocos días las hojas toman un color verdoso, menos en las partes cubiertas, y sometiéndolas a la reacción del yodo se obscurecen en las regiones

verdosas, porque en ellas, bajo la influencia de la clorofila y de la luz, se ha formado almidón.

La solución de yodo que se usa en estos experimentos está compuesta de:

Yodo = 1 gramo.
Yoduro potásico = 0.5 gramos.
Agua = 100 gramos.

51. Demostración del almidón al microscopio. — Se toman hojas de Musgo o de un Alga y se decoloran con el alcohol caliente. Se las pasa luego a una solución de hidrato de cloral (5 gramos de hidrato en 2 gramos de agua) y se las pone en un portaobjetos, tapándolas con un cubreobjetos. Al borde de éste se coloca un poco de solución de yodo. Observando en el microscopio se ve que los gránulos contenidos en las células se han coloreado y que se encuentran de preferencia dentro de los cloroplastos.

52. Asimilación del nitrógeno. — Ya ha sido vista en el número 32.

53. Productos de reserva y de secreción. — Cada célula vegetal debe considerarse como un laboratorio donde se verifican toda clase de reacciones, difíciles de ser interpretadas por la ciencia y cuyos resultados son los llamados productos de *reserva* y de *secreción*.

Algunos de ellos constituyen para la planta un *ahorro nutritivo*, a expensas del cual puede vivir un cierto tiempo: es el caso de un tubérculo de papa que, colocado en una vasija con agua y expuesto al aire y a la luz, germina dando raíces, tallos y hojas. Estos órganos se forman a costa de los productos de reserva contenidos en el tubérculo, y una vez agotados la planta muere de inanición. Las condiciones de vida pueden aún extremarse, como hemos visto al hablar de la *resistencia a la as-*

fixia que ofrecen las raíces de remolacha, siempre que tengan un producto de reserva de donde extraer el oxígeno que necesitan para el fenómeno respiratorio.

Otros productos no directamente aprovechables por el vegetal, desempeñan funciones que tienen por objeto asegurar a la planta su existencia. La presencia de alcaloides y de otros tóxicos debe ser interpretada como un medio de defensa contra los animales; los productos contenidos en los nectarios y otros órganos florales, todos ellos de gusto azucarado y de distintos olores, tienen por objeto atraer al animal (mamífero, pájaro o insecto) que con sus movimientos provocará la ruptura de las anteras, dejando salir al grano de polen maduro, o esparcirá las semillas del fruto que se le presenta con los atractivos necesarios para satisfacer su codicia.

Vemos, pues, que los productos elaborados por la planta deben ser agrupados en dos clases:

1.° — Unos, útiles al vegetal y generalmente empleados por el hombre por su valor alimenticio: son los productos de *reserva*.

2.° — Otros, elaborados con distintos objetos y aprovechables también por el hombre en terapéutica y en la industria: son los productos de *secreción*.

54. Savia ascendente y savia descendente. — La savia que penetra por los pelos radiculares, se modifica poco a poco a medida que sube por el tallo. En las regiones inferiores de la planta la savia no es sino agua que lleva en disolución rastros de albúmina, azúcar, gomas y sales minerales disueltas; pero a medida que asciende va encontrando substancias diversas formadas anteriormente, las disuelve y las lleva hasta las hojas. En estas condiciones, la composición de la savia bruta es: albúmina, caseína, azúcar, gomas, sales minerales (fosfato y tartrato de calcio, sulfato de potasio), anhídrido carbónico libre, etc.

Llegada a las hojas, la savia sufre modificaciones considerables bajo la influencia de una triple causa: la *Transpiración*, que le elimina el exceso de agua que lleva; la *Fotosíntesis*, que le suministra el carbono del aire, y la *Respiración*, que es una fuente de energía al quemar el carbono de los tejidos. La savia así modificada lleva el nombre de *savia nutritiva* o *elaborada* y se va a repartir en todas las partes del vegetal, desde las hojas hasta las raíces, suministrando a todos los elementos anatómicos los materiales necesarios para su nutrición.

55. Digestión de los alimentos. — Lo mismo que los animales, las plantas tienen necesidad de hacer sufrir a los alimentos extraídos del suelo y del aire modificaciones químicas profundas con el objeto de convertirlos en cuerpos solubles y aptos para ser asimilados por las células. Estas modificaciones que sufren los alimentos se llaman:

DIGESTION

Lo más común es que la digestión se opere en el seno de los órganos de las plantas, en los espacios intercelulares, pero puede decirse que aquélla empieza ya en las raíces.

Los agentes químicos que operan la digestión se llaman *fermentos* solubles o *zimasas*.

Como la planta puede digerir substancias amílaceas, substancias azucaradas, substancias grasas y substancias albuminoideas, tiene que haber cuatro fermentos principales.

Las propiedades principales de las zimasas son: deben ser consideradas como productos de secreción de las células, solubles en el agua, insolubles en el alcohol y que se destruyen a una temperatura vecina a los 100.° Finalmente una pequeña cantidad de zimasa puede modificar químicamente grandes proporciones de substancias.

Las principales zimasas son:

Diastasa, o fermento de las substancias amiláceas, desdobla el *almidón*, que es un cuerpo insoluble, en otros dos (dextrina y glucosa) que son solubles y absorbibles.

Sacarosa, o fermento de las substancias azucaradas, convierte el azúcar que suministra el tallo de la Caña de azúcar o el que se halla en la raíz de la Remolacha, y que no puede servir para la nutrición de la planta, en *azúcar de uva* (glucosa) y *azúcar de frutas* (levulosa).

Lipasas, o fermentos de las substancias grasas, que emulsionan estas últimas substancias convirtiéndolas en glicerina y un ácido graso.

Pepsina, o fermento de las substancias albuminoideas; las convierte en *peptonas solubles*.

Se conocen muchas otras zimasas, cuyo estudio no corresponde a un Curso Elemental.

56. Asimilación. — Una vez digeridos los alimentos, la planta los *asimila*, es decir, los convierte en substancias semejantes a los tejidos mismos con el fin de que puedan desde entonces formar parte integrante del organismo.

La secreción no es sino la consecuencia de la asimilación, pues las diferentes substancias asimiladas se distribuyen en las diversas partes del vegetal, constituyendo así los productos de la actividad celular que pasamos a estudiar.

57. Los productos de reserva y de secreción pueden ser:

1.° *Cuaternarios*, formados por { C = carbono, H = hidrógeno, O = oxígeno, N = nitrógeno }

2.° *Ternarios*, formados por { C, H, O }

3.° *Binarios*, formados por { C, H }

4.° Productos *inorgánicos*.

PRODUCTOS CUATERNARIOS

SUBSTANCIAS ALBUMINOIDEAS

Constituyen la base del citoplasma y se coagulan por la acción del calor. Son coloidales y el reactivo de Millón las colorea en rojo. Las principales son:

a) la *albúmina*, que se encuenta disuelta en el jugo celular.

b) la *caseína vegetal*, en las semillas de las leguminosas.

c) la *fibrina vegetal*, en los frutos de las gramíneas.

— **Aleurona.** — Se la encuentra en muchas semillas oleaginosas y en muchos casos es más abundante que el almidón. Se presenta bajo la forma de granos ovoides, incoloros, grisáceos, o coloreados. Algunos granos no se componen sino de protoplasma amorfo: otros presentan bajo una capa de protoplasma amorfo, un *cristaloide* (figura 280) de naturaleza albuminoidea, que ocupa la parte más hinchada del grano de aleurona, mientras que la otra extremidad encierra un cuerpo redondeado, el *globoide*.

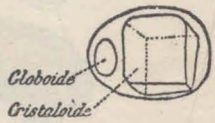


Fig. 280. — Grano de aleurona aislado

Algunos granos de aleurona encierran cristales de oxalato de calcio.

Debe ser considerada la *aleurona* como una substancia de reserva, cuaternaria, de naturaleza albuminoidea.

Alcaloides. — Son cuerpos de constitución compleja y poco conocida, que se hallan al estado de sales en el jugo celular de muchas plantas. Tienen gran aplicación en Terapéutica. Los principales son: *Quinina*, extraído del árbol de la Quina, sus sales son empleadas para combatir el paludismo; *Morfina*, extraído de la Adormidera; *Nicotina*, del Tabaco; *Estricnina*, de

la Nuez vómica y del Haba de San Ignacio; *Cocaína*, de la Coca; *Cafeína*, del Café, etc.

Zimasas. — Las zimasas o fermentos solubles, son cuerpos de naturaleza cuaternaria.

PRODUCTOS TERNARIOS

Almidón. — Es un producto de reserva muy abundante en las plantas (75 % en el arroz, 17 % en las papas). Se halla formado (fig. 281) por granos redondeados, ovoides, discoides, poliédricos, etc., los cuales miden de 140 a 150 micrones en la papa, 30 en el maíz y 4 en la remolacha.

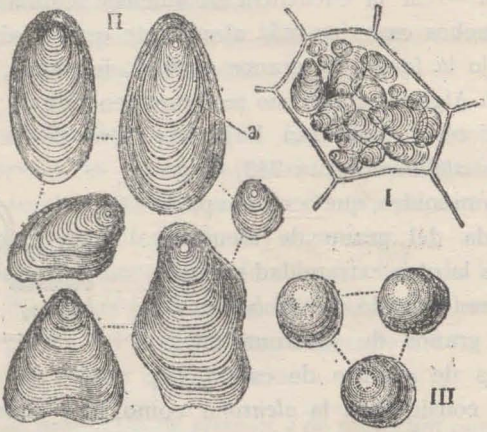


Fig. 281. — GRANOS DE ALMIDON

I. Granos de almidón en la papa (150 diámetros).
II. Los mismos aumentados (600 diámetros).
III. Granos de almidón del trigo (aumentando 600 diámetros).
a) Zonas concéntricas.

En el microscopio cada grano está formado por un núcleo, el *hilio*, alrededor del cual se disponen por capas concéntricas los granitos de almidón. Es insoluble en el agua, dando con

otro latex es la *gutapercha*, substancia poco elástica que se reblandece en el agua caliente y que se extrae del jugo leñoso de algunos árboles (género *Isónandra*) de Sumatra y Borneo.

— **Sales minerales.** — El jugo celular tiene a menudo en disolución una cierta proporción de sales (muy comunes las de calcio) que cuando son muy abundantes se precipitan bajo la forma de cristales (fig. 284) o de concreciones.

El *oxalato de cal* se presenta en cristales aislados o bajo forma de agujas reunidas en paquetes llamadas *ráfides; el carbonato, tartrato* y *sulfato de cal*, son también comunes.

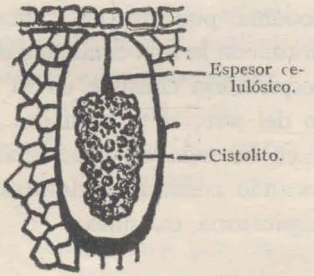


Fig. 285. — CISTOLITO DE CARBONATO DE CALCIO

En las células de la Higuera (fig. 285) el carbonato de cal forma un depósito concrecionado, que se llama *cistolito*, sujeto a la membrana por un espesor celulósico.

CAPÍTULO VIII

Respiración. — La respiración en las distintas partes de la planta. — Comparación de la respiración con la fotosíntesis. — Consecuencias de la respiración: Aumento de temperatura. Fosforescencia. Respiración intermolecular. — Cociente respiratorio.

58. Respiración. La respiración en las distintas partes de la planta. — Como axioma, podemos decir que "todas las partes de un vegetal respiran, con la sola condición de que estén vivas".

El fenómeno respiratorio consiste en lo siguiente: la planta absorbe oxígeno del aire, el que quema las substancias orgánicas contenidas en las células, y desprende anhídrido carbónico y agua, provocando además un desarrollo de calor.

La reacción respiratoria es, pues:

MATERIA ORGÁNICA + OXÍGENO =
ANHÍDRIDO CARBÓNICO + AGUA + CALOR.

Las plantas aéreas y las partes aéreas de las plantas acuáticas, presentan siempre en sus hojas y ramas jóvenes unos orificios, *los estomas*, por los que pueden los gases entrar y salir libremente. Los estomas comunican con los meatos intercelulares, que son en las hojas muy vastos y que al nivel de los haces están en comunicación, por los poros de las células, con la cavidad de las fibras leñosas y de los diversos vasos leñosos; de este modo el oxígeno circula por toda la extensión del vegetal, poniéndose en contacto con los diversos elementos anatómicos.

La respiración de la planta puede comprobarse con el dispositivo de la fig. 286.

Se compone de una campana de vidrio debajo de la que se ha puesto una planta y un vaso que contiene una solución de agua de cal. Al cabo de unas horas, el análisis químico revela que la proporción de oxígeno del aire encerrado en la campana ha disminuído, y que el anhídrido carbónico desprendido ha formado con el agua de cal una película blanca de carbonato cálcico.

La respiración se puede producir por:

1.° — Las *raíces*, que sacan el aire del suelo por sus pelos absorbentes desde que el resto de su superficie está cutinizada y es impermeable. Los mismos pelos expulsan anhídrido carbónico, el cual es capaz de reaccionar sobre los carbonatos y fosfatos de calcio del suelo y convertirlos en bicarbonatos y fosfocarbonatos solubles que las raíces absorben en seguida.

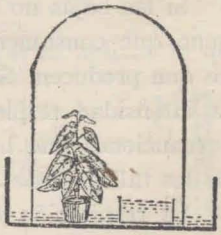


Fig. 286. — Aparato para demostrar la respiración.

Los *abonos* no sólo tienen por objeto enriquecer el suelo, sino también el de *aerearlo*, asegurando la respiración de las raíces.

Cuando se dispone una planta de tal modo que sus raíces se sumergen en un gas inerte, tal como el ázoe, concluye por morir; y la muerte es más rápida reemplazando el ázoe por un gas deletéreo, como el ácido sulfhídrico o el anhídrido sulfuroso.

La respiración *radicular* se retrasa por la acción de la luz y aumenta proporcionalmente con la temperatura hasta los 40.°, pasados los cuales cesa de repente.

2.° — Los *tallos* respiran por los estomas de su epidermis. En los tallos sin clorofila (rizomas, tallos aéreos de la Cuscuta y del Orobranquio, etc.), la respiración se comprueba fácilmente tanto en la luz como en la obscuridad.

En los tallos con clorofila se la pone en evidencia en una débil luz difusa o en la obscuridad, pero en plena radiación solar la respiración se disimula por la descomposición del anhídrido carbónico en la *Fotosíntesis*, pero se la pone de manifiesto con sólo paralizar la acción de la clorofila por medio de un anestésico (éter o cloroformo).

La luz retrasa la respiración; y colocado el tallo en una atmósfera de hidrógeno o de nitrógeno, no tarda en morir por asfixia.

3.° — Las *hojas* consumen sin cesar oxígeno y desprenden continuamente anhídrido carbónico, con una energía mucho mayor que la raíz y el tallo debido a su mayor extensión superficial.

Si las hojas no tienen clorofila, toman del aire todo el oxígeno que consumen y desprenden todo el anhídrido carbónico que producen. Si por el contrario, las hojas tienen clorofila, la intensidad respiratoria se pone de manifiesto tomando las precauciones que han sido citadas al hablar de la respiración de los tallos verdes.

La respiración *foliar* se acelera con la temperatura hasta más allá de 40.°, y en cambio la luz disminuye la intensidad respiratoria.

Privadas de oxígeno y colocadas en la obscuridad en una atmósfera de hidrógeno o de nitrógeno, las hojas mueren por asfixia.

4.° — Las *flores* absorben con poderosa energía el oxígeno del aire y desprenden anhídrido carbónico en un volumen sensiblemente igual al del oxígeno consumido. La respiración llega a su máximo una vez que se han abierto, siendo la respiración más intensa por parte de los estambres y carpelos que el cáliz y corola, y siendo también más intensa en las flores masculinas que en las flores femeninas. La respiración es más activa en la obscuridad que cuando están expuestas a la luz.

5.° — En las *semillas* maduras, el embrión permanece estacionario, en un estado que se llama de *vida latente*. Sin embargo

la experiencia prueba que la vida del embrión en la semilla no implica que la respiración, aunque débil, no se efectúe.

Si se toman tres lotes que encierren el mismo número de semillas maduras, y se les abandona, el primero al aire libre, el segundo al aire almacenado y el tercero en el anhídrido carbónico puro, después de unos dos años se comprueba que las semillas han aumentado notablemente de peso al aire libre, muy poco en el aire almacenado y nada absolutamente en el anhídrido carbónico. Sembradas las semillas, las expuestas al aire libre han germinado en la proporción de 90 %; las mantenidas en el aire almacenado en la de 45 % y de las conservadas en el anhídrido carbónico, no ha germinado ninguna por haber perecido los embriones.

Al iniciarse la germinación la respiración se activa, lo que puede demostrarse colocando unas semillas en un pequeño vaso para que germinen; se añade un poco de agua y se deja el vaso abierto. Después de 8 ó 10 días, las semillas han germinado. Se tapa el vaso y al cabo de unas horas se observa que una cerilla encendida e introducida en el vaso se apaga, pues el anhídrido carbónico desprendido por las semillas es un gas inerte, inapto para la combustión.

Cuando la planta se mantiene en una atmósfera donde el oxígeno se agota sin renovarse, o bien

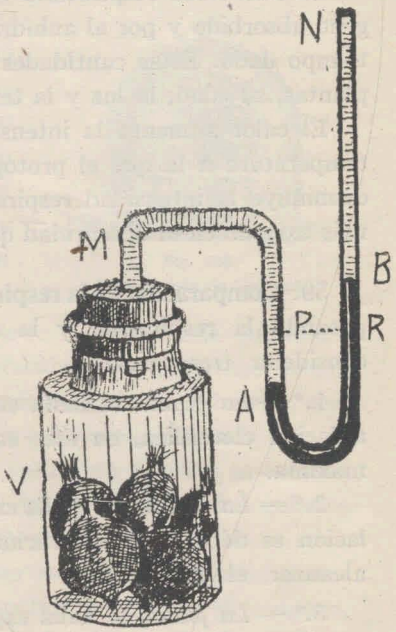


Fig. 287. — Experimento que demuestra la resistencia a la asfixia.

en una atmósfera de ázoe, puede no morir en seguida y resistir un cierto tiempo a la asfixia con la condición de que la planta contenga ciertas reservas nutritivas ternarias, como el azúcar o el almidón.

Para comprobarlo puede hacerse este experimento (fig. 287). Se ponen en un vaso V, unas raíces de Remolacha; se cierra el vaso por un tapón provisto de un tubo acodado MN; se vierte mercurio por N, siendo el nivel en ambas ramas PR; al cabo de ciertos días se ve que el nivel es AB. Esto consiste en que las células de la Remolacha después de haber agotado el oxígeno del vaso, han descompuesto el azúcar desdoblándolo en anhídrido carbónico y alcohol; este último se ha quedado impregnando los tejidos y aquél ha producido el desnivel que se observa en el tubo acodado.

La *intensidad* respiratoria se mide por la cantidad de oxígeno absorbido y por al anhídrido carbónico desprendido en un tiempo dado. Estas cantidades varían con la naturaleza de las plantas, su edad, la luz y la temperatura.

El calor aumenta la intensidad respiratoria hasta los 45.°, temperatura a la que el protoplasma empieza a sufrir. La luz disminuye la intensidad respiratoria; así los Hongos, absorben más oxígeno en la obscuridad que en la luz.

59. Comparación de la respiración con la fotosíntesis. — Comparando la respiración y la asimilación clorofílica, podemos considerar tres casos:

1.° — *La planta* se halla en la *obscuridad completa:* La asimilación clorofílica, en este caso, es nula y la respiración es máxima.

2.° — *La planta* se halla expuesta a la *luz difusa:* La asimilación es débil y la respiración sigue siendo intensa, pero sin alcanzar el máximum.

3.° — *La planta* se halla expuesta a la *luz directa del sol:* La asimilación es máxima, y en cambio la respiración alcanza su

mínimum; y de estas consideraciones deducimos la siguiente aplicación higiénica: "Las plantas verdes expuestas a la luz directa purifican el aire de las habitaciones, mientras que lo vician durante la noche".

Asimilación clorofílica separada de la respiración. — Expuesta la planta a una luz intensa, la asimilación es más enérgica que la respiración y se comprueba un desprendimiento de oxígeno y absorción de anhídrido carbónico, lo que haría creer que la respiración no se produce en esas circunstancias; pero es posible demostrar que ambas funciones son simultáneas. Esto lo conseguiremos haciendo dos experimentos:

Experimentos de Garreau. — Colóquese una planta verde bajo una campana (figura 288) la que cubrirá también un vaso que contenga agua de barita. Expóngase todo a luz directa del sol. En el vaso no tardará en formarse un abundante precipitado blanco de carbonato de bario, lo que demuestra que la planta ha exhalado anhídrido carbónico y que la respiración se produce aún en la luz solar.



Fig. 288
Experimento de Garreau

Experimento de Claudio Bernard. — Se puede suspender la asimilación sin alterar la respiración en esta forma: Se llena una probeta B (fig. 289) con agua cargada de anhídrido carbónico y otra A con agua también carbónica, pero a la que se añade un poco de cloroformo. En cada una de ellas se colocan unas hojas acuáticas verdes, y se las invierte en dos cubetas llenas de agua y se las expone al sol.

En la probeta B, las hojas desprenden unas burbujas gaseosas que se reúnen por la parte superior y que son de oxígeno, el cual proviene de la asimilación clorofílica. En la probeta A no se desprende oxígeno, porque la asimilación ha sido dete-

nida por el cloroformo; pero al cabo de un cierto tiempo, se recoge en la parte superior un gas que es anhídrido carbónico. En efecto, la planta en este caso ha respirado y el anhídrido carbónico desprendido ha saturado completamente el agua y ha concluído por desprenderse en parte. En el experimento puede reemplazarse el cloroformo por otro anestésico como el éter.

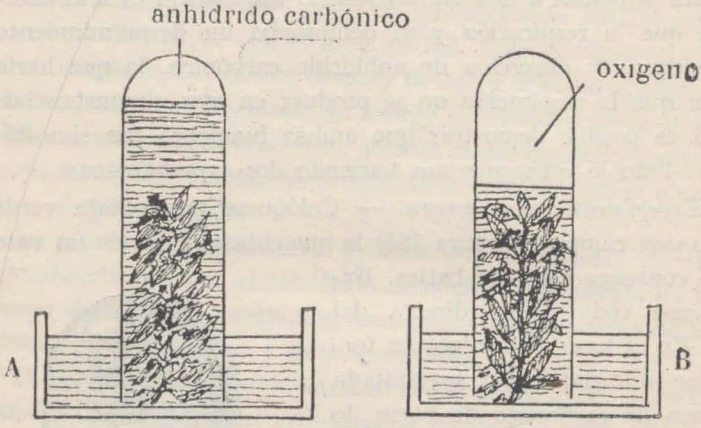


Fig. 289

Respiración intermolecular. — La respiración normal de los vegetales se manifiesta, como en los animales, por un intercambio gaseoso entre la célula viva y la atmósfera. Si a esta última le falta el oxígeno, la célula cae en un estado de asfixia; este estado, en los animales, los conduce rápidamente a la muerte; pero si se trata de vegetales, la respiración normal se ve substituída por la respiración intermolecular. Esta última se verifica cuando se mantiene un vegetal al abrigo del oxígeno, en el vacío o sumergido en un gas inerte.

La respiración intermolecular puede mantener viva la planta varios días; pero es menos activa que la respiración normal y crece, como ésta, cuando la temperatura se eleva hasta un óptimum calculado cerca de los 40.° C. Estudios muy precisos

hechos por Müntz y Maquenne, han comprobado que se produce siempre alcohol en los tejidos vegetales substraídos a la acción del oxígeno: he ahí que la respiración intermolecular no sea sino una de las fases de la fermentación alcohólica, lo que implica la presencia universal de la zimasa en los tejidos vegetales.

Cociente respiratorio. — Con este nombre se conoce la relación que existe entre el anhídrido carbónico desprendido y el oxígeno absorbido en un tiempo dado. El conocimiento del valor del cociente respiratorio tiene un interés teórico considerable, pues constituye el solo dato que nos permite saber la composición química del vegetal. En efecto: si esa fracción es mayor que la unidad, la planta se enriquece en carbono, con el que elabora los materiales orgánicos de reserva, ricos en aquella substancia; si por el contrario esa fracción es menor que la unidad, se verifica un proceso de oxidación y se tendrá que atribuir a la asimilación clorofílica la pérdida de oxígeno que caracteriza el conjunto de fenómenos vitales en los vegetales.

La determinación del cociente respiratorio puede hacerse por uno de estos tres métodos:

1.° — Método del aire confinado, debido a Mayer y Wolkoff, que consiste en hacer respirar las hojas, mantenidas a una temperatura constante, en un vaso cerrado provisto de un manómetro y en presencia de una solución de potasa que absorbe totalmente el anhídrido carbónico; el oxígeno consumido se deduce de la disminución de presión indicada por el manómetro. El método es bueno, pero su ejecución exige muchos cuidados.

2.° — El método del vacío de Dehérain y Maquenne no se diferencia del método del aire confinado sino en que las hojas se ven sometidas a la acción del vacío al principio y final de la experiencia, con el objeto de extraer la totalidad de los gases ocluídos o disueltos. Se trata de un método excelente si las hojas son delgadas.

3.° — El método del desplazamiento de Maquenne y Demoussy, en el cual se expulsan los gases modificados por la respiración, por una corriente de aire cuya velocidad esté regulada de tal modo que consiga arrastrar tanto anhídrido carbónico como el que pueda la planta haber producido. Este método es el único que puede emplearse en el caso de que se trate de hojas carnudas poco permeables.

La aplicación de estos métodos nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1.° — El nitrógeno no interviene en la función respiratoria ni tampoco en la función clorofílica.

2.° — En las plantas verdes en vías de crecimiento, el cociente respiratorio es superior a la unidad, de modo que la respiración es entonces una función reductora.

3.° — El cociente respiratorio disminuye con la edad de la planta, lo mismo que cuando fructifica; y en estos casos se hace menor que la unidad, prueba evidente de que la respiración se convierte en una función oxidante.

60. Consecuencias de la respiración. Aumento de Temperatura. Fosforescencia. — Como consecuencias directas de la respiración, tenemos el *desprendimiento de calor y fosforescencia.* Toda combustión produce calor; pero cuando la primera es lenta, el calor desprendido es débil; y esto es lo que ocurre muy a menudo en la planta, de modo que la elevación de temperatura es difícil de apreciar; sin embargo, esa elevación se produce en el *Arum* que puede alcanzar a un aumento de 12.° sobre la temperatura ambiente y además se la observa en los Nenúfares y Cactus. Los granos en germinación producen también calor y es por todos conocido el hecho de que los granos de Cebada que se hacen germinar en las cámaras cerradas, para preparar la malta que sirve para la fabricación de la cerveza, desprenden un intenso calor.

En ciertas plantas los fenómenos respiratorios van acompañados de un desprendimiento de luz que ha recibido el nombre de *fosforescencia*. Fabre ha observado este hecho en el *Agaricus olearius*, oriundo de Francia, y que no es sino un hongo del Olivo. Dicho sabio compara la fosforescencia del Agaricus a una luz de resplandor suave, blanca y tranquila, análoga a la del fósforo disuelto en el aceite. Tulasne ha observado idénticos fenómenos en otros Agaricus, oriundos de Molucas, Manila y Brasil; y finalmente Nuesch cita el caso de una fosforescencia observada en la carne, debida a bacterios; siendo curioso el caso por desaparecer la fosforescencia en los puntos de la carne en que comenzaba la putrefacción.

Existen vegetales en que los fenómenos respiratorios no se producen en las formas y condiciones señaladas más arriba. La familia de los Bacterios nos dan ejemplos de que su energía respiratoria puede tener otra fuente que no sea el carbono. Así los llamados *Tíobacterios* consiguen el calor necesario de la combustión del azufre. Los bacterios nitrificadores oxidan, en vez de carbono, amoníaco y ácido nitroso, como hemos visto al hablar de la Nitrificación.

Finalmente, hay Bacterios en que la presencia del oxígeno les produce la muerte. Son llamados *anaerobios absolutos* (Bacilo del tétano); otros vegetales pueden vivir con o sin aire y se llaman *anaerobios facultativos*. Un ejemplo lo tenemos en las Levaduras, que son Hongos monocelulares que descomponen el azúcar en alcohol y anhídrido carbónico. Esta es la fermentación alcohólica del azúcar.

Pues bien: si la Levadura está en presencia del oxígeno, se reproduce mucho y da poco alcohol. Y si vive, por el contrario, en ambiente confinado, se reproduce poco, pero suministra mucho alcohol.

CAPITULO IX

Criptógamas. — Pteridófitas. — Briófitas. — Caracteres generales. — Reproducción. — Vida. — Ejemplos. — Aplicaciones.

Las *Criptógamas*, forman el grupo de plantas que carecen de flores estando desprovistas de embrión y de cotiledones. Se trata de vegetales que tienen generalmente estructura simple, a veces *celular*, es decir, formados por simples células aisladas o agrupadas, pero sin formar tejidos; y en otros casos *vascular*, esto es, con vasos, pero sin tejidos bien diferenciados.

En las *Criptógamas* encontramos todos los modos de reproducción:

a) Por división directa;

b) por esporulación;

c) por conjugación iso o heterogámica;

d) por alternancia, consistiendo esta última en la existencia de dos ciclos: uno asexual y otro sexual.

61. Clasificación. — Las Criptógamas se dividen en tres subgrupos

CRIPTOGAMAS	Talófitas	Carecen de raíces, tallos y hojas.
	Briófitas	Poseen tallos y hojas, pero en lugar de raíces tienen rizoides.
	Pteridófitas	Tienen tallos, hojas y raíces verdaderas.

PTERIDOFITAS

Son las Criptógamas mejor organizadas. Tienen tallos, hojas bien desarrolladas, raíces verdaderas y tejido fibrovascular.

62. Reproducción alternante de las Pteridófitas. — Estudiaremos la reproducción de un Helecho. Examinando una hoja de Helecho, en su cara inferior observaremos los *soros*, que son unos grupos de esporangios, a menudo provistos de una escama de protección, llamada *indusio*, como puede observarse en el Culandrillo. (fig. 290).

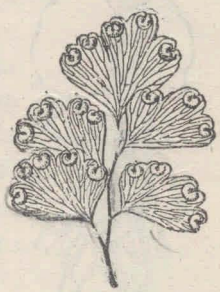


Fig. 290
Soros en el Culandrillo

El esporangio una vez maduro se rompe para dar libertad a los *esporos*, los cuales son células, en estado de vida latente, pobres en agua y con materias de reserva.

Dichos esporos se han desarrollado en el esporangio por un proceso bastante semejante al de la formación de los granos de polen en los sacos polénicos.

El *esporo*, transportado por el aire, si consigue caer en un sitio húmedo, germina casi siempre después del invierno. El resultado de la germinación del esporo es un cuerpo pluricelular, el cual, al cabo de algunas semanas, toma el aspecto de una lámina en forma de corazón, abierta sobre el suelo y fijada por los rizoides, que reemplazan las raíces. Este órgano se llama *protalio* (fig. 291).

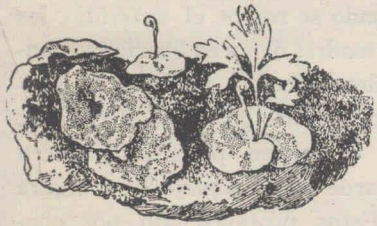


Fig. 291
PROTALIOS DE HELECHO

Como las células del protalio tienen clorofila, se nutre por sí mismo, constituyendo una planta autónoma.

El protalio crece hasta alcanzar las dimensiones

de un centímetro cuadrado, y una vez terminado el crecimiento aparecen los órganos reproductores bien diferenciados.

En la cara inferior del protalio y entre los rizoides es el lugar donde se desarrollan.

Los órganos masculinos o *anteridios* (fig. 292), que son los primeros en aparecer, están formados por unos sacos redondeados, que encierran las *células madres* de los *anterozoides* (figura 293).

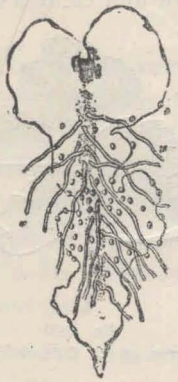


Fig. 292. — PROTALIO DE HELECHO visto por su cara inferior que deja ver los anteridios (*a*) y los rizoides (*w*).

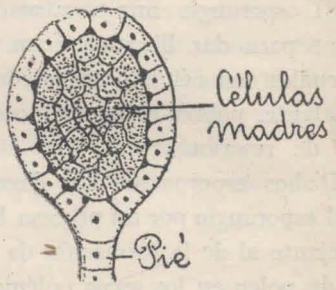


Fig. 293. — Un anteridio con las células madres de los anterozoides.

El protoplasma de cada célula madre forma un bastoncillo arrollado en espiral y provisto de cirros vibrátiles; esto constituye un *anterozoide* (fig. 294).

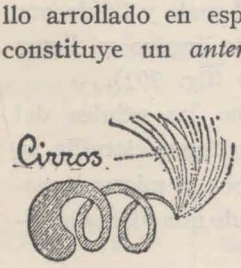


Fig. 294
ANTEROZOIDE

Cuando se rompe el anteridio, las células madres dejan en libertad los anterozoides, los cuales, ya libres, se mueven rápidamente gracias a sus cirros.

En el mismo protalio aparecen más tarde los *arquegonios* (figura 295). Estos protalios son por consiguiente *monoicos*.

Se hallan formados por un *vientre*, un *cuello*, y un *canal*. En el vientre se halla una masa protoplasmática que es la *oosfera*, coronada por una célula, que disocia las células del cuello y forma el canal; es la *célula* del canal, la cual al destruirse forma en la extremidad del cuello una gota de gelatina, abriéndose así el arquegonio. Los anterozoides llegan al orificio del canal, se introducen dando vueltas en la gelatina que lo rellena y se funden con la oosfera, la cual se convierte en huevo. El huevo se recubre de una membrana de celulosa y se segmenta en dos y después en cuatro células, en el momento de germinar. Una de las células se convierte en un pelo radicular, que va a nutrir el nuevo individuo; la segunda es el origen de las futuras raíces; la tercera engendrará el tallo y la cuarta las hojas. Se tendrá así una planta en la que más tarde se desarrollará el *esporangio*, que producirá nuevos esporos, cerrándose así el ciclo evolutivo, el que está esquemáticamente representando en las figuras 296 y 297.

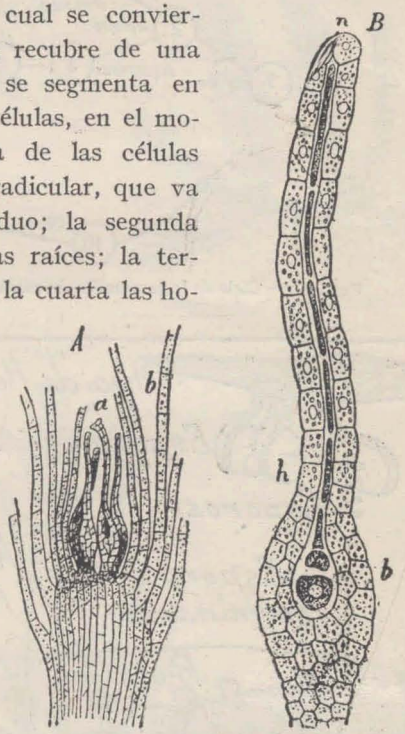


Fig. 295

A. — Sección longitudinal de un involucro femenino, *a*, arquegonios; *b*, hojas.

B. — Arquegonio aumentado, *b*, vientre; *h*, cuello; *n*, ápice todavía cerrado en el vientre la oosfera.

En otras Pteridófitas (Selaginelas, Salvimias), los esporangios son de dos clases: *Microesporangios*, que producen *miocresporos*, los que al germinar, engendran protalios *masculinos*, pues en ellos se desarrollan los *anteridios macroesporangios*, que producen *macroesporos*,

los que al germinar engendran protalios *femeninos*, pues en ellos se desarrollan los arquegonios. Estos protalios se llaman *dioicos*.

Vamos a estudiar en detalle la producción de una Selaginela, pues ella sirve como eslabón que une las Criptógamas con las Fanerógamas.

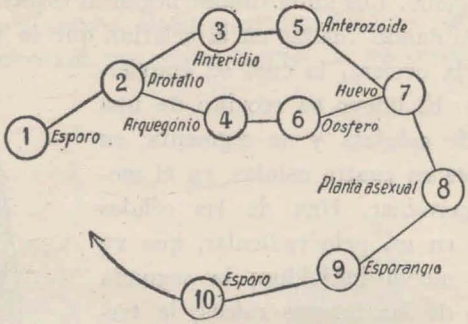


Fig. 296. — Ciclo de la generación alternante de una Pteriodófita

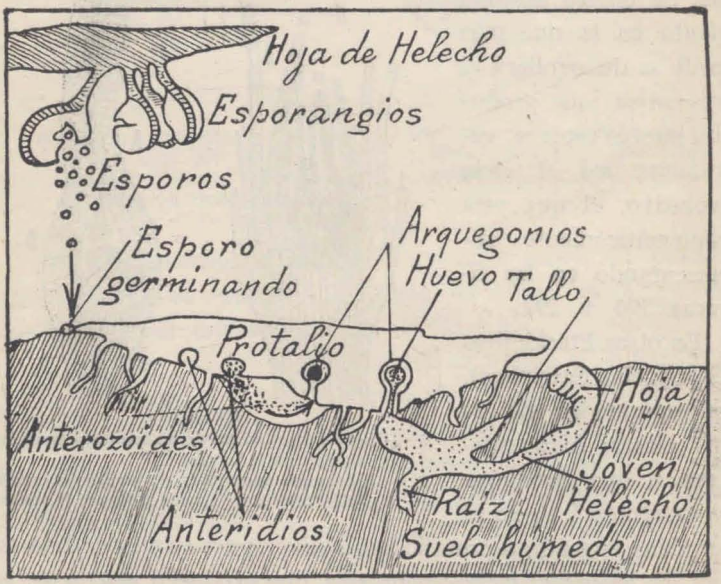


Fig. 297. — Esquema que demuestra el desarrollo de un Helecho

La Selaginela (fig. 298) es una pequeña planta que se suele encontrar en las praderas de las altas montañas.



Fig. 298. — Selaginela

Algunos tallos poseen en sus partes terminales unas hojas más pequeñas que las demás. Tomando una de ellas, se observa en su cara superior la presencia de unos esporangios (figura 299).

Pero, en esta planta, los esporangios son de dos clases y no de una sola como hemos visto en los Helechos.

En efecto, los esporangios que estan más alejados de la punta del tallo, son más gran-

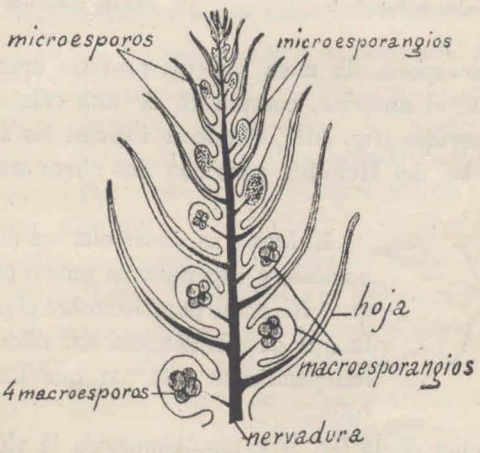


Fig. 299. —Corte longitudinal de la extremidad de una rama de Selaginela

des que los otros y cada uno encierra cuatro esporos gruesos: son los *macroesporangios* que encierran cuatro *macroesporos*,

los esporangios próximos al ápice del tallo, son más numerosos, más pequeños y encierran muchos esporos, también pequeños: son los *microesporangios*, que han producido los *microesporos*. Abiertos los esporangios veamos lo que producen los esporos que contienen. Un *macroesporo*, después de germinar, da un protalio femenino, el cual *no tiene anteridios*, pero que, en medio de un tejido parenquimático, presenta *arquegonios* (fig. 300).



Fig. 300
Protalio femenino de Selaginela



Fig. 301
Protalio masculino de Selaginela

Un microesporo, da a su vez un protalio masculino, más pequeño que el anterior, compuesto de una célula vegetativa y de un *anteridio* (fig. 301), donde se forman los anterozoides, análogos a los del Helecho, pero con dos cirros solamente (figura 302.)

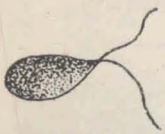


Fig. 302
Anterozoide

El *huevo* se desarrolla en el protalio femenino, y engendra un nuevo pie de planta que vive como parásito sobre el protalio, hasta que desarrollándose sus raíces hace vida independiente a la par que muere el protalio.

El esquema de la fig. 303, nos demuestra la alternación de formas en la Selaginela.

63. Clasificación. — Las *Pteridófitas* comprenden tres clases: *Filicales*, *Equisetales* y *Licopodiales*.

64. — **Clase de las Filicales.** — Esta clase comprende los *Helechos*, plantas herbáceas, con tallos subterráneos o aéreos, provistos de hojas enteras o con el limbo dividido, las cuales antes de su completo desarrollo se presentan encorvadas y arrolladas hacia adentro (*frondas*).

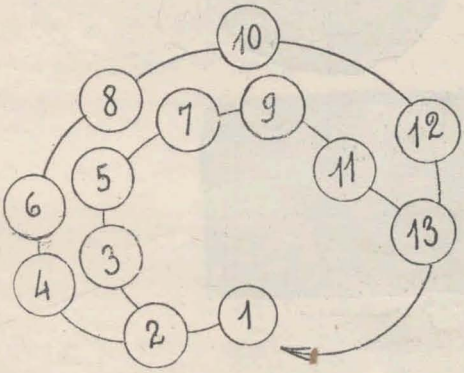


Fig. 303. — Ciclo de la generación alternante de la Selaginela

1: huevo; 2: planta con hoja; 3: macroesporangio; 4: microesporangio; 5: macroesporo, 6: microesporo; 7: protalio femenino; 8: protalio; 9: arquegonio; 10: anteridio; 11: oosfera; 12: anterozoide; 13: huevo.

La estructura de las hojas es muy sencilla: una *epidermis superior* y otra *inferior*, entre las que se intercala un parenquima con abundante clorofila.

Los haces fibrovasculares que recorren el limbo, son las prolongaciones de los haces fibrovasculares del pecíolo, y ambas epidermis están acribilladas por los estomas.

El *tallo*, está formado por una epidermis y un parenquima, en el que se encuentran grupos de vasos y tubos cribosos llamados *estelas*. No existe corteza ni médula diferenciada (figura 304).

Los helechos se producen por *esporos*.

En la cara inferior de las hojas, aparecen los *soros* (figura 305) que son los grupos de esporangios.

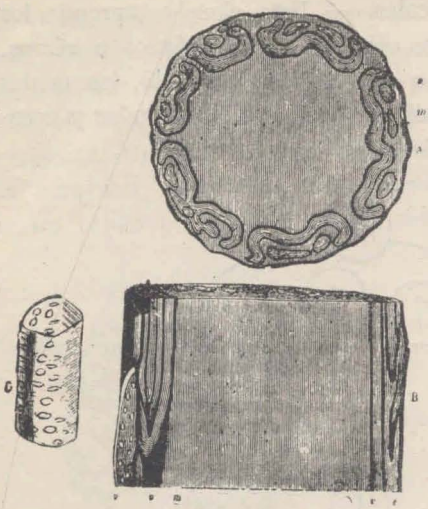


Fig. 304

A — Corte transversal del tallo de un helecho.
B — Corte longitudinal.
C — Vasos escaleriformes.
e — epidermis.
m — parenquima.
v — estelas.



Fig. 305

Hojas de Helecho

Si damos un corte a la hoja, de modo que pase por un soro, veremos que este último está formado por un grupo de esporangios, insertos en un pedicelo adosado al tejido de la hoja, y que una lámina protectora llamada *indusio*, protege a todos los esporangios (fig. 306).

Como ejemplo de Helechos daremos:

El *Culandrillo, Helecho macho,* el *Polipodium vulgare* (figura 307), cuyo rizoma constituye lo que vulgarmente se llama palo dulce; el *Alsophila ormata* (fig. 308) helecho rescente de las regiones tropicales, que puede alcanzar hasta 15 ó 20 metros de altura; las *Salvinias,* comunes en los camalotes.

65. — **Clase de las Equisetales.** — Plantas herbáceas que crecen en los sitios húmedos y pantanosos. El *tallo* es cilíndri-

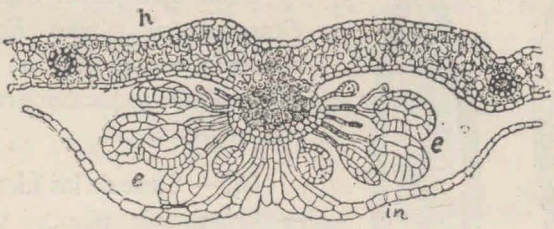


Fig. 306. — Corte vertical de un foliolo, pasando por un soro
h) hoja; *e*, esporangio *in*, indusio.

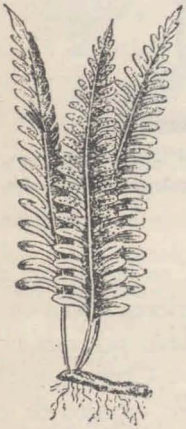


Fig. 307
POLIPODIUM



Fig. 308
ALSOPHILA ARMATA

co con estrias longitudinales (fig. 309); de trecho en trecho presenta hojas verticiladas. En la parte superior del tallo hay

una serie de escamas, debajo de las cuales se encuentran unas cápsulas que contienen esporos.

Como ejemplo de Equisetinas, citaremos el género *Equisetum*, conocido con el nombre de Cola de caballo y que comprende varias especies.

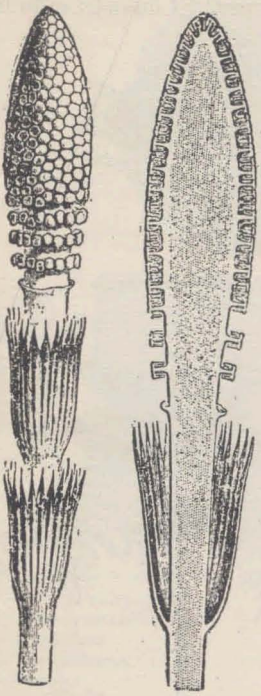


Fig. 309. — Tallo del equisetum entero y cortado.

66. — Clase de las Licopodiales — Comprende plantas de tallos ramificados, tan pronto rastreros como elevados sobre la supercicie del suelo. Las hojas son pequeñas y se hallan agrupadas. Las hojas superiores llevan en su axila numerosas cápsulas ovoideas, que se abren por una hendidura transversal dejando salir los esporos. Como ejemplos mencionaremos: el *Licopodio* (fig. 310), cuyos esporos de color amarillo son empleados en medicina y en los fuegos artificiales; las *Selaginelas*, comunes en las selvas tropicales.



Fig. 310. — Licopodio: 1, planta entera; 2, cápsula con esporangios; 3, esporos que salen de esporangio.

El sistema carbonífero se caracteriza porque en él las Criptógamas formaron enormes depósitos de hulla. Las *Calamites*

(Equisetales) alcanzaban a medir 15 metros de altura y poseían troncos de un metro de diámetro; el *Lepidodendrón* (Licopodiales) tenía un tronco de dos metros de diámetro y una altura de 30 a 40 metros.

Los *Helechos* y las *Sagitarias* estaban representadas por individuos de 15 a 18 metros de altura.

BRIOFITAS

Son vegetales pequeños, con tallo y hojas pero sin raíces; las que son substituídas por los rizoides, que son un sistema de pelos o filamentos absorbentes.

Comprenden unas 15.000 especies y han sido divididas en dos clases: *Hepáticas* y *Musgos*.

67. — **Reproducción alternante de las Briófitas.** — En estos vegetales se tienen que considerar dos ciclos: uno *asexual* y otros *sexual*, constituyendo esta clase de reprodución lo que se llama generación *mixta* o *alternante*. Tomaremos como ejemplo la generación de un Musgo.

El *esporo* germina, después de pasar algún tiempo en el estado de vida latente. Dicho esporo da lugar a un órgano transitorio, que es alargado, ramificado, con unos filamentos hundidos en el suelo llamados *rizoides;* este órgano se llama *protonema* (fig. 311).

En él se distinguen pequeñas dilataciones o yemas, que van a dar otros tantos pies de Musgos. El protonema, sustentáculo común de estos Musgos, desapare-

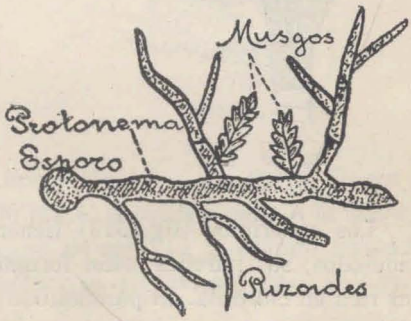


Fig. 311. — Protonema de Musgo

ce sin dejar rastros y los pies individualizados crecen poco a poco formando cada uno una planta sexual con los órganos reproductores.

Tomando uno de estos pies o planta, en el ápice de los *tallitos* y en el interior de una roseta que forman las *hojas*, se desarrollan los *anteridios* y los *arquegonios*. (Fig. 312).

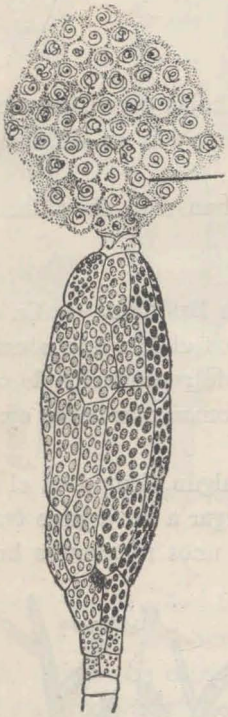


Fig. 313

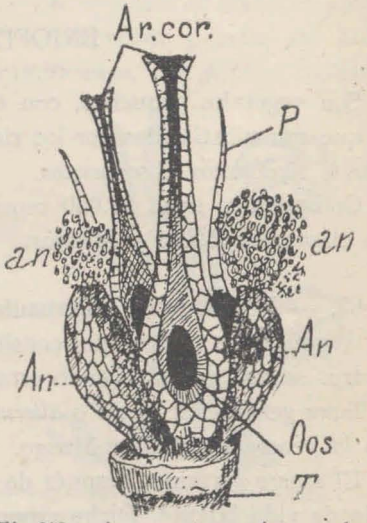


Fig. 312. — Ar. cor: arquegonios cortados: An: anterior; an: anterozoides; Ooos:; T: tallo; P: pelos.



Fig. 314. — Anterozoide

Los anteridios (fig. 313) tienen la forma de saquitos pecidelados; sus paredes están formadas por una sola capa celular rica en clorofila. El parenquima que forma la masa del anteridio, se transforma en *células madres* de los anterozoides, con-

virtiéndose cada célula madre en un *anterozoide* (fig. 314), el cual es una masa protoplasmática espiralada, con dos cirros *vibrátiles*.

Los arquegonios (fig. 315) están formados por una masa celular, en la que pueden distinguirse una parte ensanchada en la base, llamada *vientre*, y una parte alargada en la parte superior, conocida con el nombre de *cuello*. Este último tiene un *canal* que comunica con el vientre, dentro del cual se halla la *oosfera;* el cual se encuentra lleno de un líquido gelatinoso, destinado a retener a los anterozoides.

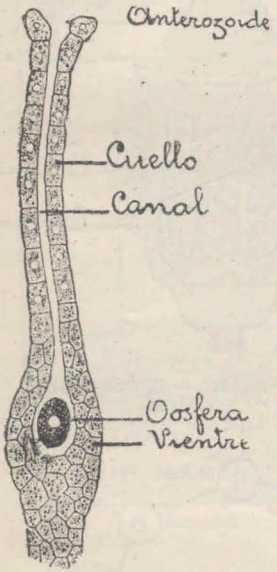


Fig. 315
ARQUEGONIO



Fig. 316
ESPOROGONIO

Una vez libres estos últimos, gracias a sus cirros, llegan a los arquegonios y penetrando por el canal fecundan a la *oosfera* la que se recubre de una capa de celulosa quedando formado el *huevo*. Los demás arquegonios se marchitan, pues se forma *un* solo huevo.

El huevo origina el esporogonio (fig. 316), que no se desprende y crece allí mismo. Se halla formado por unos *rizoides*, unas escamitas que se asemejan a hojas, un tallo delgado llamado *pedículo*, el cual lleva a su extremidad el *esporangio*.

El *esporangio* (fig. 317) es una cápsula cerrada por un bonete, el *opérculo;* dentro de la cápsula se desarrollan los *esporos* y en la parte central de la cápsula hay un soporte o columna sólida llamada *columela*. Al abrirse el esporangio, deja salir los esporos, cerrándose de este modo el ciclo de la generación, el cual está representado en las figuras 318 y 319.

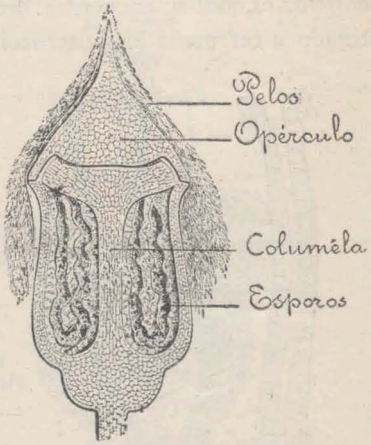


Fig. 317. — ESPORANGIO

68. Clase de las Hepáticas. — Son plantas rastreras que viven en los lugares húmedos, en la tierra, paredes, troncos de árboles, etc.

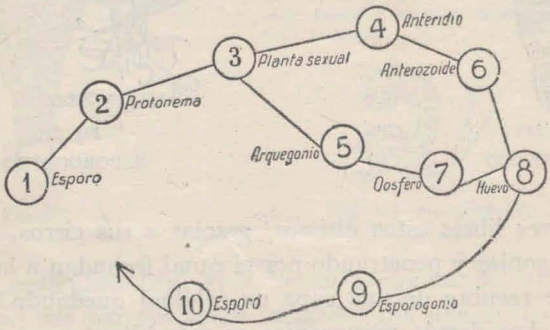


Fig. 318
Ciclo de la generación alternada de una Briofita.

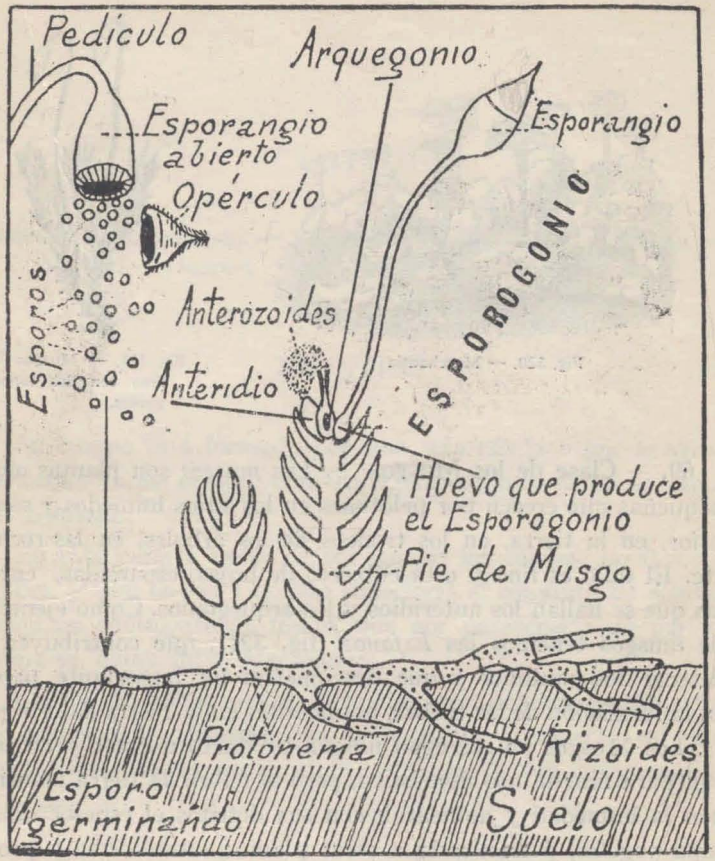


Fig. 319

Esquema que demuestra el desarrollo de un Musgo.

Algunas especies se reproducen por multiplicación vegetativa, para lo cual ciertas partes del cuerpo, llamadas *propágulas*, pueden originar un nuevo vegetal.

Como ejemplo daremos la *Marchantia* (fig. 320), que se suele encontrar en las carboneras.



Fig. 320. — Marchantia



Fig. 321. — Musgos esfana con dos esporogonios.

69. — Clase de los Musgos. — Los *musgos* son plantas muy pequeñas que crecen por pelotones en los sitios húmedos y sombríos, en la tierra, en los troncos de los árboles, en las rocas, etc. El tallo es fino y está cubierto de hojas esparcidas, entre las que se hallan los anteridios y los arquegonios. Como ejemplo de musgos tenemos las *Esfanas* (fig. 321), que contribuyen a desecar los pantanos y que desempeñan un importante papel en la formación de las turbas, abundantes en la Tierra del Fuego.

Los Musgos no segregan ningún producto notable y no sirven para ningún uso doméstico, pero al cubrir la tierra mantienen la humedad y aumentan con sus detritos el espesor de la capa vegetal, permitiendo a otras plantas establecerse y prosperar en ella.

CAPITULO X

Talófitas. — Reproducción. — Esquizófitas. — Algas. — Mixomicetas. — Hongos. — Líquenes. — Vida, ejemplos. — Aplicaciones.

TALOFITAS

Su cuerpo está formado por una sola célula o por la agrupación de varias células, constituyendo entonces lo que se llama *talo* o *taloma*.

En este caso, a pesar de ser iguales las células, no forman tejidos, y sólo en las Talófitas superiores el conjunto de células forma un rudimento de tejido, que por parecerse a un parenquima se llama *falso parènquima*.

Ciertas Talófitas están formadas por células gigantescas, las cuales al ramificarse dan a la planta el aspecto de una planta *cormófita*, es decir, el de una planta con raíces, tallos y hojas.

70. Reproducción. — En las Talófitas la reproducción puede hacerse por *esporos* (asexual), por *conjugación*, y en las Talófitas más evolucionadas existen órganos sexuales bien diferenciados.

Esporulación. — Es el modo de reproducción que tienen muchos vegetales inferiores. (Algas, Hongos, Bacterios).

Los *esporos*, son células muy pequeñas con abundante protoplasma y provistas de una membrana resistente e impermea-

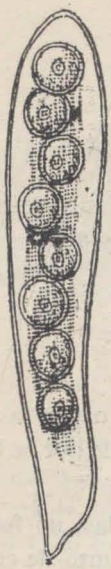


Fig. 322. — Esporos formados en el interior de una célula madre (Asco)

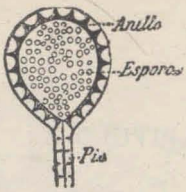


Fig. 323. — Esporangio de Helecho.

ble, lo que les permite conservar su vitalidad durante mucho tiempo. Su origen puede ser: *exógeno*, cuando se producen en la superficie de las células; y *endógeno* cuando se forman en el interior de una célula madre, que se llama *Asco*. (Fig. 322).

Otras veces se desarrollan en el interior de un receptáculo llamado *esporangio*. (Fig. 323).

Cuando los esporos están envueltos por una membrana albuminoidea y tienen pestañas que les sirven para la locomoción, se llaman *zoosporos*.

REPRODUCCION DE LAS ALGAS POR ESPOROS

Estudiemos la reproducción de las *Confervas*.

Son Algas filamentosas, que viven en el agua dulce y que sólo se reproducen por esporos. Las Algas están formadas por una simple hilera de células, que constituyen el filamento. En un momento dado, el protoplasma de ciertas células se divide en unas pequeñas masas provistas de dos pestañas: son los zoosporos. La pared de la célula se abre en un punto, los zoosporos salen, nadan durante un cierto tiempo, se fijan, pierden las pestañas y se desarrollan para formar nuevas Confervas. (fig. 324).

REPRODUCCION DE LOS HONGOS POR ESPOROS

Estudiaremos el caso del *Agarico*, el cual se reproduce únicamente por esporos. El Hongo está compuesto por una especie de sombrero, soportado por un pie llamado *pedículo*. En la cara inferior del sombrero se hallan unas laminillas radiantes, en las cuales se producen los esporos. Cuando los esporos están

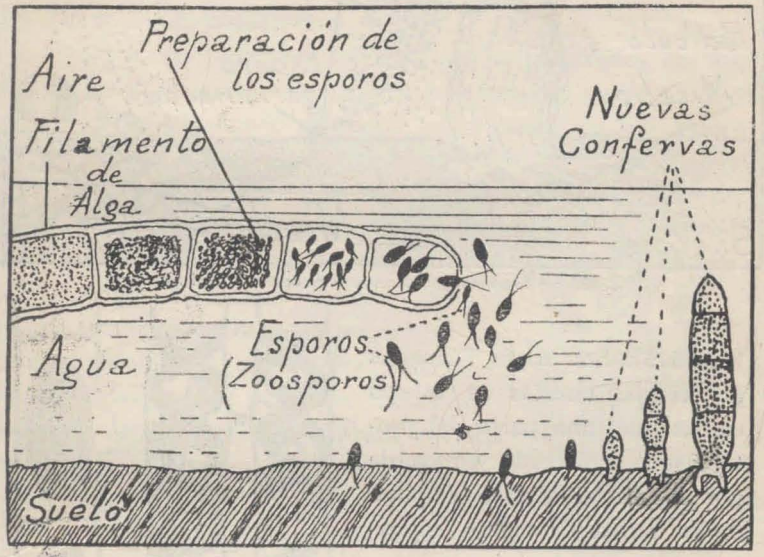


Fig. 324. — Esquema que demuestra el desarrollo de una conferva.

maduros, las laminillas se abren y los dejan salir. Caen al suelo y ahí germinan. Empiezan por formar una red filamentosa, que se llama *micelio nutritivo*, y este último cuando ha alcanzado un cierto desarrollo produce unas pequeñas masas redondeadas, que se nutren por el micelio y que no son sino pequeños hongos (fig. 325).

Reproducción, por conjugación, en las Algas. — Este modo de reproducción puede observarse en el género *Spirogira*

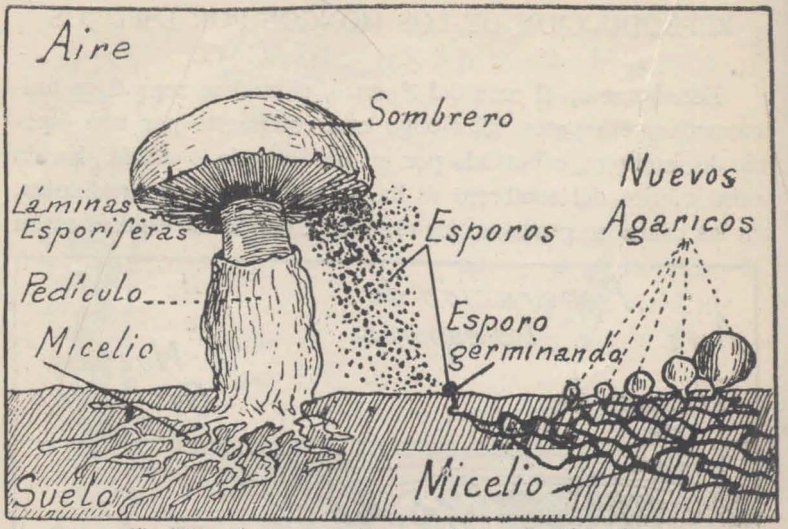


Fig. 325. — Esquema que demuestra el desarrollo del Agarico.

(fig. 326). Son Algas formadas por células puestas en hileras en las que, una parte del protoplasma, coloreado en verde por la clorofila, está dispuesto en forma de cintas espiraladas.

Dos células yuxtapuestas, pertenecientes a dos filamentos vecinos, presentan en un momento dado una hinchazón hacia el medio (I, a); las partes salientes concluyen por tocarse (I, b), las membranas se reabsorben y los contenidos celulares se confunden (I, c); se forma así un *zigosporo* (II), que

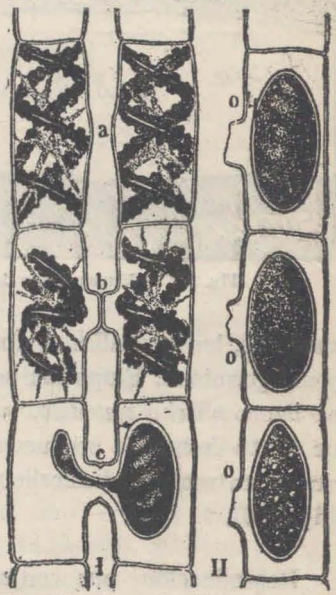


Fig. 326. — Reproducción por conjugación de un Alga (*Spirogira*).

germinará en la primavera siguiente después de haber pasado el invierno en un reposo absoluto.

Reproducción, por huevos, en el Fucus. — El *Fucus vesiculosus*, es un Alga que abunda en las costas oceánicas y que se conoce vulgarmente con el nombre de *varech*.

Sobre ciertos individuos se encuentran unas pequeñas cavidades llamadas *conceptáculos* (fig. 327), donde se desarrollan los órganos reproductores.

En unos conceptáculos (fig. 328) están encerrados en medio de un gran número de pelos o *parafisis*, un cierto número de *anteridios*, de donde salen los *anterozoides*, los que tienen dos pestañas que les permiten moverse rápidamente en el agua. Esos conceptáculos son los *masculinos*.

Sobre otros individuos hay también otros conceptáculos, los *femeninos*, donde se hallan los *oogonos*, los cuales son también llevados por unos largos pelos. Cada *oogono* desarrolla en su interior ocho pequeñas masas llamadas *oosferas*, que por ruptura de la membrana se ven en cierto momento libres (fig. 329).

Los anterozoides libres también se acercan a las oosferas y las fecundan, convirtiéndose cada oosfera en un *huevo*, capaz de germinar y convertirse en un nuevo individuo.



Fig. 327. — Fragmento de fucus con conceptáculos.

Las Talófitas comprenden varias clases, de las cuales las principales son:

Talófitas
- Esquizófitas
- Algas
- Mixomicetas
- Hongos
- Líquenes

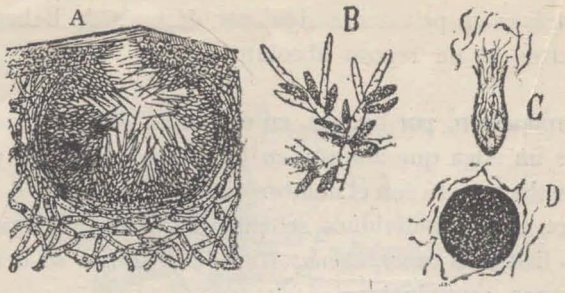


Fig. 328. — CONCEPTACULOS MASCULINOS DEL FUCUS VESICULOSUS

A, corte vertical de un conceptáculo dejando ver los pelos que llevan los anteridios; B, pelo ramificado con varios anteridios; C, un anteridio de donde salen los anterozoides: D, anterozoides fecundando una oosfera.

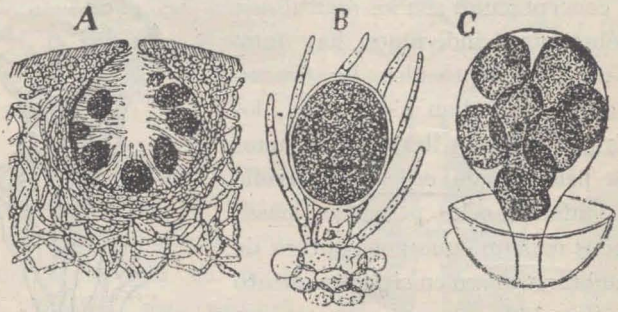


Fig. 329. — CONCEPTACULOS FEMENINOS DEL FUCUS VESICULOSUS

A, conceptáculo que encierra los oogonos; B, un oogono llevado por numerosos pelos; C, las ocho oosferas de un oogono, encerradas todavía por una membrana interna.

71. Clase de las Esquizófitas. — Comprende esta clase los vegetales más inferiores; el cuerpo está formado por células aisladas o asociadas de a dos o más, tomando disposiciones particulares (de cadena, racimo, cúbica, etc.).

Las células carecen de núcleo y se reproducen por *división*, por *brotación* o por *esporulación*.

Se conocen cerca de mil especies.

Algunas *Esquizófitas* carecen de clorofila y son por consi-

guiente parásitas, y en este grupo están incluídos los *Bacterios* o *Microbios*. Estos últimos, según su forma, pueden ser:

Cocus, cuando las células son redondeadas, pudiendo estar dichas células aisladas (*micrococcus*); agrupadas de dos en dos (*diplococcus*); formando cadenas (*straptococcus*) o formando racimos (*staphilococcus*).

Como ejemplo de *coccus* daremos el *Micoderma aceti*, que produce la fermentación del vino y convierte el alcohol en ácido acético (fig. 330).

Bacilos: las células tienen una forma alargada como la de un bastoncito; ejemplo: el bacilo de Koch, que produce la tuberculosis; el bacilo anthracis (fig. 331), que produce el carbunclo.

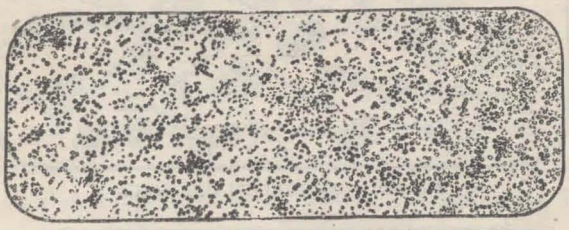


Fig. 330. — MICODERMA ACETI

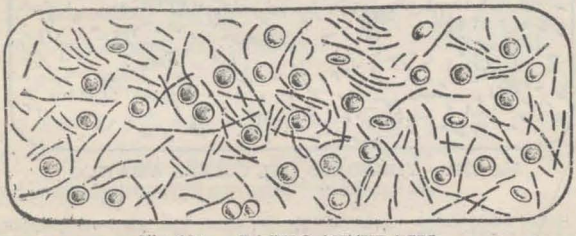


Fig. 331. — BACILO ANTHRACIS

Spirillum o *espiroquetas:* las células tienen formas espiraladas, como las espiroquetas que producen el tifus (fig. 332).

Vibriones, análogos a los anteriores, pero más cortos, como el que produce el cólera asiático (fig. 333).

Los Bacterios se reproducen por esporos, los que presentan gran resistencia a los agentes destructores. El tamaño de los Bacterios es muy pequeño, pues miden desde unos décimos de micrón hasta algunos micrones y algunos son invisibles (fiebre aftosa, rabia).

Producen en el hombre y en los animales un sinnúmero de enfermedades llamadas *contagiosas:* peste bubónica, fiebre tifoidea, cólera, tuberculosis, tétano, carbunclo, etc.

Pero también tienen importantísimas aplicaciones industriales en la fabricación del vinagre, del queso, preparación de fibras textiles y en la nitrificación.

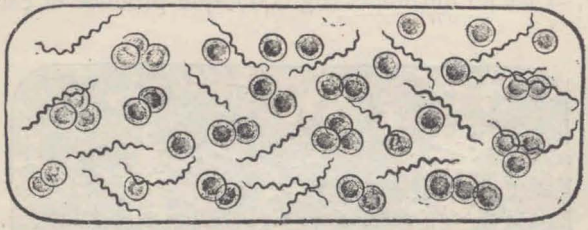


Fig. 332. — SPIRILLUM DEL TIFUS

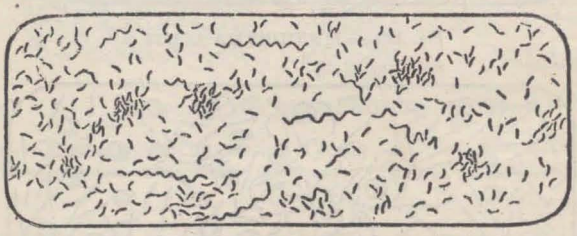


Fig. 333. — VIBRIONES DEL COLERA ASIATICO

Por otra parte, gracias a ellos las materias orgánicas muertas son descompuestas y convertidas en agua, anhídrido carbónico y sales minerales, las que devueltas al suelo permiten la vida sobre la superficie terrestre.

Según sus funciones se pueden dividir los Bacterios en cinco grupos:

a) Bacterios *patógenos*, que producen las enfermedades contagiosas.

b) Bacterios *fotógenos*, que engendran luz.

c) Bacterios *termógenos*, que producen calor.

d) Bacterios *cromógenos*, que segregan substancias colorantes.

e) Bacterios *fermentos*, que provocan las fermentaciones.

Otras *Esquizófitas* poseen clorofila mezclada a otros pigmentos azul o pardo, lo que les permite nutrirse a sí mismas. Poseen un núcleo y se reproducen por división directa y en ciertos casos por esporos.

Viven en los pantanos y lugares húmedos y algunas veces se asocian con los Hongos. Este orden de las Esquizófitas, se llama *Cianoficeas*. Ejemplo: *Nostoc*, *Oscillatoria*, etc.

72. Clase de las Algas. — Son vegetales que poseen clorofila, lo que les permite nutrirse por sí solos (autotrofos).

Están formados por una sola célula, pero lo más común es que las células se agrupen, se entrelacen y ramifiquen, tomando el Alga el aspecto de una planta cormófita.

Las células poseen núcleos, y además de la clorofila otros pigmentos que les comunican coloraciones particulares.



Fig. 334

La reproducción puede ser:

a) *Asexual*, por esporulación (caso de las Confervas). Los esporos poseen pestañas vibrátiles, dispuestas circularmente sobre la superficie, lo que les permite ejecutar rápidos movimientos. Son pues *zoosporos* (figura 334).

b) *Sexual*, por conjugación. Géneros Spirogyra y Fucus.

Viven las Algas en las aguas dulces y saladas, tierra húmeda o formando manchas verdes en las paredes y árboles.

Las Algas presentan coloraciones particulares: verdes, pardas y rojas, debiendo esos colores a unos pigmentos que, siendo

abundantes, imponen al vegetal su colorido, aunque predomina el verde, por la clorofila.

Comprende esta clase varios órdenes, pero nos limitaremos a citar las principales especies:

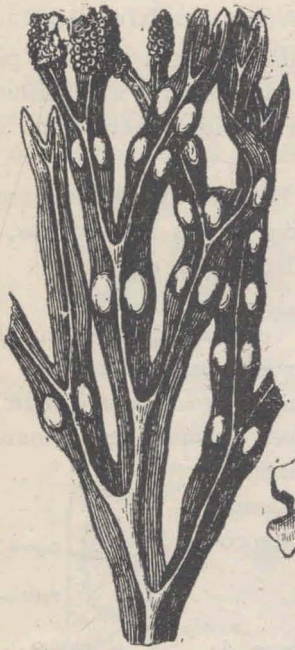


Fig. 335. — FUCUS

Las *Diatomeas*, contenidas en valvas silíceas, las que al fosilizarse han formado capas de muchos metros de espesor, como puede observarse en el suelo de Berlín, que reposa sobre una capa de 30 metros de espesor formada en su mayor parte por Diatomeas.

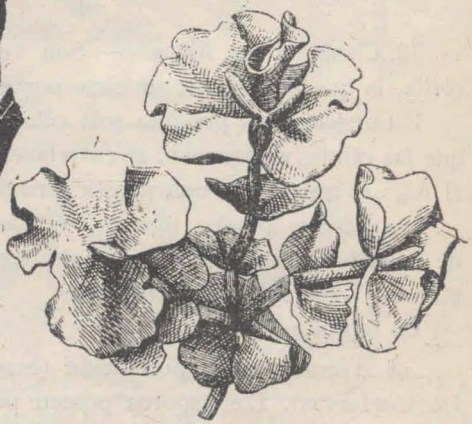


Fig. 336. — Taloma de la Constantinea reniformis.

También de sus restos se extrae un polvo llamado *tripoli*, excelente para pulir metales, y un polvo absorbente llamado *kieselghur*, empleado en la fabricación de la dinamita.

Las *Spirogyras* son algas filamentosas que forman grandes masas verdes en la superficie de las aguas dulces.

Los *Fucus* (fig. 335) son Algas pardas o morenas, que con-

tienen sodio y yodo, siendo empleadas como abono o como alimento para el ganado.

Los *Sargazos* o uvas de mar, que se extienden con el aspecto de praderas flotantes en una gran extensión del Atlántico.

La *Constantinea reniformis*, es un Alga roja con un taloma bien desarrollado (fig. 336).

Las *Carolinas*, algas rojas con incrustaciones calcáreas, tienen el aspecto de pólipos. Son comunes en Mar del Plata.

En ciertos países (Escocia, Islandia, Japón, etc.), las Algas se emplean como alimento; y ciertos productos extraídos de ellas como el "Agar Agar", son empleados en la técnica microscópica y en la preparación de cultivos bacterianos.

73. Clase de las Mixomicetas. — Esta clase comprende una serie de vegetales de difícil clasificación. Hay autores que las incluyen en los Hongos y otros las anteponen a la Esquizófitas (sistema de Engler). Son vegetales formados por una o varias células, sin membrana y que se mueven por medio de pseudopodios. Cuando están bien desarrolladas, forman una masa protoplasmática que puede alcanzar las dimensiones de un puño, observándose en su interior varios núcleos y numerosos vacuolos. Estos vegetales carecen de clorofila y son por consiguiente parásitos.



Fig. 337. — Mixamibeas

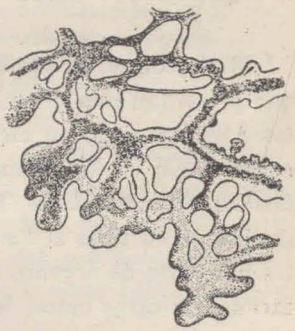


Fig. 338. — Plasmodio

Cada célula vegetativa recibe el nombre de *mixamibea* (figura 337) y la fusión de varias mixamibeas constituye un *plasmodio* (fig. 338).

En el plasmodio se desarrollan *esporangios*, de formas muy variadas y curiosas, los que producen *esporos;* los cuales al llegar al agua *germinan, se despojan* de su membrana celulósica, y se desarrollan en ellos una o varias pestañas, constituyendo un *zoosporo.*

Este último puede fusionarse con otro; y perdiendo las pestañas, constituyen un conjunto protoplasmático que no es sino una *mixamibea*, la cual vuelve a formar un *plasmodio.*

Tanto en los zoosporos como en las Mixamibeas, se observa el fenómeno del *enquistamiento*, que se produce cuando las condiciones de vida les son desfavorables (sequedad del medio, frío, etc.).

Las *Mixomicetas* viven sobre las restos vegetales en vías de descomposición: hojas muertas, tallos putrefactos y algunas en el agua.

Una de las más comunes es la *Fuligo varians*, de color amarillo huevo y que se desarrolla en la corteza de los árboles; la *Fuligo septica*, se desarrolla en el tanino de las curtidurías; y la *Copromyxa*, vive sobre los excrementos del buey y del caballo.

74. — Clase de los Hongos. — Los *hongos* son vegetales que presentan una organización evidentemente superior a la de las Algas, aunque en ciertas especies el tallo se reduce a una célula como en las Levaduras, o a filamentos simples o ramificados, llamados *hifas*, formados por artejos que terminan separándose en toda la longitud del filamento y que desempeñan las funciones de órganos reproductores o la de órganos de vegetación. En otros casos, la forma es muy variada pudiendo asemejarse a tubos, copas o paraguas.

Tomando como estudio un Hongo de cultivo, se le ve formado por dos partes distintas (fig. 339); una, que es una red filamentosa metida en la tierra y que se llama *micelio nutritivo;* y otra, aérea, formada por un pie, o tronco hinchado, llamado pedículo, que se ensancha en la parte superior para formar el

sombrero. En la cara inferior de este último se hallan unas laminillas radiantes que forman la *lámina esporífera*.

Los *Hongos* carecen siempre de clorofila, siendo *saprófitos* o *parásitos*.

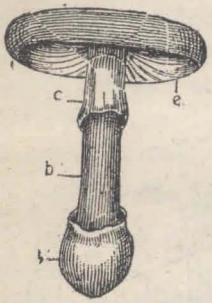


Fig. 339. — *a*) Micelio; *c*) Collar o anillo; *e*) Lámina esporífera.

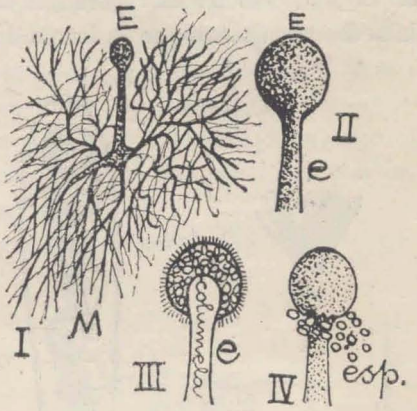


Fig. 340

I. M. Micelio; E, esporangio.
II. E. esporangio aumentado; e, esporogonio.
III. El esporangio cortado que deja ver el tabique abombado que forma esporogonio e.
IV. Ruptura del esporangio.

La reproducción puede ser *asexual* o *sexual*, siendo de notar que todos los Hongos se reproducen por esporos, pero que algunas especies lo pueden hacer por huevos o por *esporos*, según las condiciones del medio en que viven; así ,por ejemplo, el *Mucor mucedo* o moho blanco, si vive en buenas condiciones de nutrición, se reproduce por *esporos*.

Otros Hongos, como el *Agárico*, hemos visto que se reproducen nada más que por esporos.

Estudiemos primero la reproducción por esporos en el *Mucor mucedo*.

Cuando el tallo ha adquirido cierto vigor, una rama diferenciada se yergue en el aire y cuando su crecimiento terminal

ha concluído, se hincha en su extremo superior formando el esporangio (fig. 340).

En el esporangio se acumula todo el protoplasma y todos los núcleos del filamento, quedando en este último nada más que el jugo celular. El esporangio se separa del esporogonio o filamento por un tabique en forma de *columela*, abombado hacia

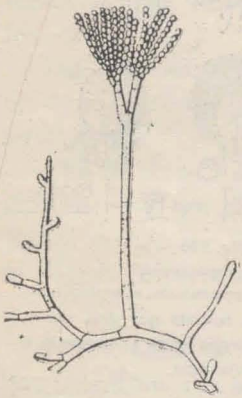


Fig. 341. — Una hifa de *Penicilium crusceum* con conidios.

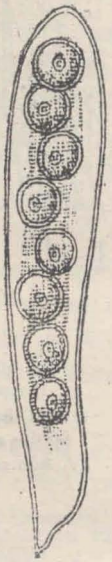


Fig. 342

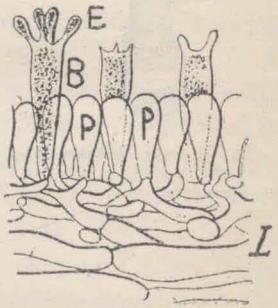


Fig. 343. — Laminillas (L) con Basidios (B con 4 esporos (E) alternando con las paráfisis (P).

el interior. En el interior del esporangio se desarrollan unas pequeñas células, que recubiertas de una membrana de celulosa constituyen los esporos.

Cuando revienta el esporangio salen los esporos; y si caen en un sitio húmedo, germinan y desarrollan un micelio que sirve para nutrir el nuevo individuo.

En otros Hongos, el tallo desprende pequeños ramos diferenciados, aislados, o agrupados, terminando cada uno en un *esporo*.

Estos esporos se llaman *conidios*, y están dispuestos como un pincel de rosarios (fig. 341).

En otros Hongos los esporos se originan en unas células madres, llamadas *asco*, en número de ocho, y los esporos se llaman *ascoporos*, teniendo un origen endógeno (fig. 342). En los Hongos en forma de paraguas, la cara inferior del sombrero tiene dos clases de laminillas radiantes: unas, llamadas *himenios*, tienen unas células llamadas *basidios* (Fig. 343), que producen en su superficie dos o cuatro esporos llamados *basidiosporos*, siendo su origen exógeno; otras laminillas estériles, alternan con las primeras y reciben el nombre de *paráfisis*.

Estudiemos ahora la reproducción *sexual*. Puede ser *isogámica* y *heterogámica*.

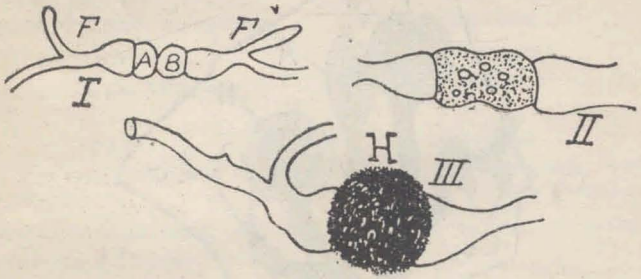


Fig. 344

I. Contacto de dos hifas F F' y separación de las células A y B que van a conjugarse.
II. Fusión de las células.
III. Huevo (zigosporo) maduro

La primera puede observarse en el mismo *Mucor mucedo*, cuando se desarrolla en un medio en que falta el aire y la humedad.

De dos hifas vecinas F y F' (fig. 344) dos células iguales A y B, se acercan; y al tocarse mezclan sus contenidos protoplasmáticos produciéndose la conjugación, cuyos resultados es la formación de un huevo.

Este modo de reproducción presenta mucha semejanza con la conjugación estudiada en las Algas (género Spirogyra).

La reproducción sexual *heterogámica* puede observarse en el *Cistopo*, que es un Hongo parásito de las hojas del Repollo. Uno de los artejos de una hifa se hincha formando un *oogonio* (fig. 345), el cual contiene la *oosfera*.

Otro artejo de otra hifa representa un *anteridio*, dentro del cual se hallan los *anterozoides*. El anteridio se adosa al oogonio, y la pared de este último se abre fecundándose la oosfera y formándose un *huevo*, que se recubre de una membrana de celulosa. Permanece en estado de vida latente durante el invierno y germina en la primavera siguiente.

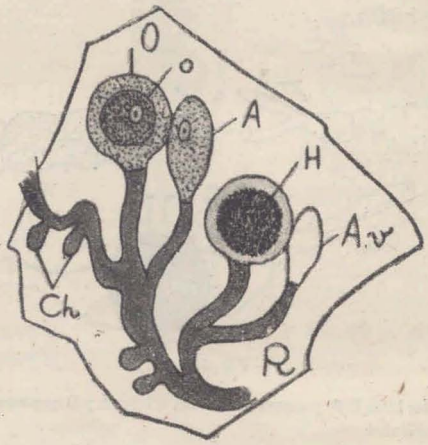


Fig. 345

A Anteridio; Av. Anteridio vacío
O Oogonio; o Oosfera
H Huevo
Ch Radiculares: R Células de la hoja del Repollo.

Los Hongos se nutren de substancias orgánicas muertas o vivas y son parásitos del hombre, de los animales, vegetales y aun de otros Hongos, desempeñando en la naturaleza un papel destructor.

Ciertas especies son comestibles y son objeto de una importante actividad comercial.

Otras especies son venenosas.

El siguiente cuadro resume los caracteres de las especies venenosas y comestibles.

CUADRO DEL SEÑOR R. BRUNET

Caracteres generales de los hongos venenosos	Caracteres generales de los hongos comestibles.
OLOR	OLOR
Herbáceo, fétido, vinoso, resinoso, desagradable.	Agradable, dulce, parecido al musgo, al anís, a la rosa ,a la harina, a la almendra amarga.
SABOR	SABOR
Astringente, nauseabundo, acerbo.	Ni nauseabundo, ni acerbo, ni astringente.
ORGANIZACIÓN	ORGANIZACIÓN
Compuesta, disforme, repugnante,	Simple y hermosa.
CONSISTENCIA	CONSISTENCIA
Blanda, repugnante, compacta, fibrosa.	Carnosa, celulosa y no fibrosa.
COLOR	COLOR
Lívido, rojo vivo, sanguíneo, amarillo verdoso.	Franco, blanco, rosado, violeta, amarillo, pardo o parduzco.
SUPERFICIE EXTERIOR	SUPERFICIE EXTERIOR
Sucia, húmeda, gelatinosa, viscosa.	Limpia.
CARA INTERNA	CARA INTERNA
Se altera al aire cuando se la corta	No se altera al aire cuando se la corta o cuando se la estruja.
ACCIÓN DE LOS ANIMALES	ACCIÓN DE LOS ANIMALES
Raramente tocados por los animales.	Frecuentemente tocados por los animales.
ACCIÓN DEL TIBMPO	ACCIÓN DEL TIEMPO
Alterables por el tiempo	Deshechos por el tiempo, pero no alterados.
PROPIEDADES	PROPIEDADES
Hacen cortar la leche, ennegrecen la plata y la cebolla blanca cuando se los hace hervir con ellos.	No hacen cortar la leche, no ennegrecen a la plata ni la cebolla blanca cuando se los hace hervir con ellos.

Como ejemplo de hongos mencionaremos: la *Morilla* (figura 346); la *Oronja* (fig. 347); el *Mucor* o Moho; *Aspergillus; Agaricus* (comestibles); *Amanitas* (venenosos); *Trufas* (fig. 348).



Fig. 346
Morilla



Fig. 347
Oronja

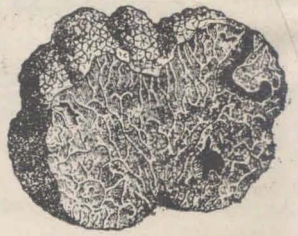


Fig. 348
Una Trufa partida

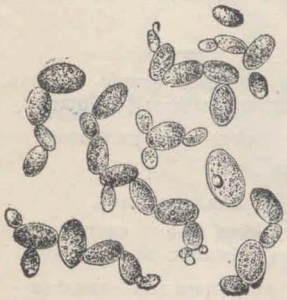


Fig. 349. — Levadura de Cerveza, muy aumentada.

Se reproducen por brotación o por esporos endógenos.

Desleídos en una cantidad de agua azucarada y tibia, determinan al cabo de pocos instantes un abundante desprendimiento de anhídrido carbóni y producen *alcohol*. La transformación del azúcar en alcohol y anhídrido carbónico, constituye la *fermentación alcohólica* (figura 350).

Cuando la levadura de cerveza está en contacto con el oxígeno, respira, absorbiendo oxígeno y desprendiendo anhídrido carbónico. Pero puesta en un medio en que falta el oxígeno, la respiración no puede ya efectuarse; pero si ese medio contiene azúcar, toma de este último el óxigeno que necesita. El

azúcar es entonces descompuesto en anhídrido carbónico, que se desprende, y en alcohol, que queda en disolución.

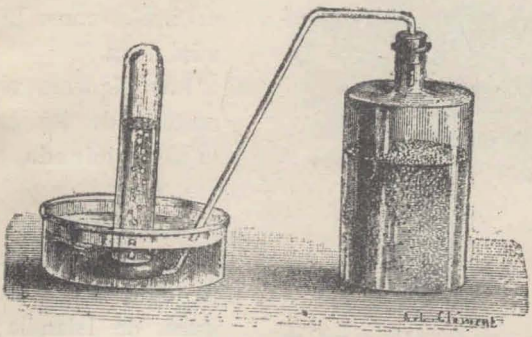


Fig. 350 — FERMENTACION ALCOHOLICA

Las levaduras pueden ser distintas, siendo las principales:

Saccharomyces cereviae, empleada en la fabricación del pan y de la cerveza, y *Sellipsoideus*, empleada en la fabricación del vino.

74. Clase de los Líquenes. — Son vegetales que resultan de la *Simbiosis* de Algas y Hongos, los que viviendo juntos se prestan una mutua ayuda, pues el Alga, por tener clorofila, se alimenta a sí misma a la par que nutre al Hongo, mientras que este último le suministra la humedad que aquella necesita.

La forma de los Líquenes, es muy variada: aspecto arborescente, formas de hojas o simulando cortezas secas de color verde, amarillo o blanco, viéndose en muchos casos reducidos a un simple polvo.

Si se examina el corte de un Líquen en el microscopio, se notan las hifas del micelio del Hongo, entre las que se hallan las células verdes del Alga (fig. 351.)

La reproducción es *asexual*, por medio de los llamados *so-*

redios, que no son sino unos pequeños corpúsculos verdes, formados, por hifas y células verdes, debiendo considerárseles como Líquenes en miniatura.

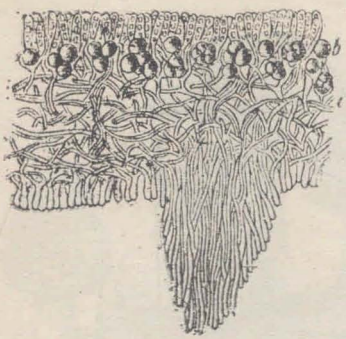


Fig. 351. — Corte de un Liquen visto en el Microscopio.
c) Hifas del micelio del Hongo.
b) Células verdes del Alga.

Los Líquenes viven en la corteza de los árboles, en la tierra húmeda, en los muros, etc.

Como ejemplos mencionaremos: el *Parmelium* (fig. 352) de color amarillento; el *Liquen*, de Islandia; *Lecanora esculenta*, que es el maná del desierto, etc.

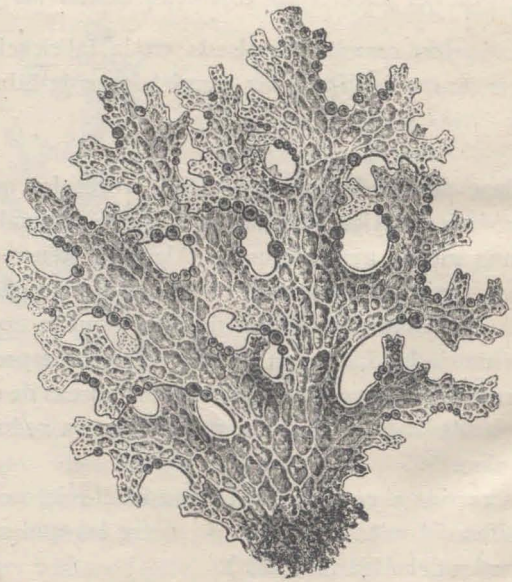


Fig. 352. — PARMELIUM DE LOS MUROS

OBRAS DIDÁCTICAS
DE
ALBERTO PEYLOUBET
PROFESOR DE CIENCIAS FISICO NATURALES

ELEMENTOS DE ZOOLOGÍA

En colaboración con JUAN OXIBAR
Profesor de Ciencias Biológicas

(TERCERA EDICIÓN)

Un tomo de 350 páginas con 402 grabados, encuadernado

PRECIO: $ 4.— m/n.

COMPENDIO ELEMENTAL
DE
MINERALOGÍA Y GEOLOGÍA

(SEXTA EDICIÓN)

Un tomo de 500 páginas, ilustrado con 350 grabados, elegantemente encuadernado en tela

PRECIO: $ 6.— m/n.

Elementos de Biología General

Un tomo de 150 páginas, con grabados

PRECIO: $ 6.— m/n.

LIBRERÍA DE A. GARCÍA SANTOS
MORENO, 500 BUENOS AIRES