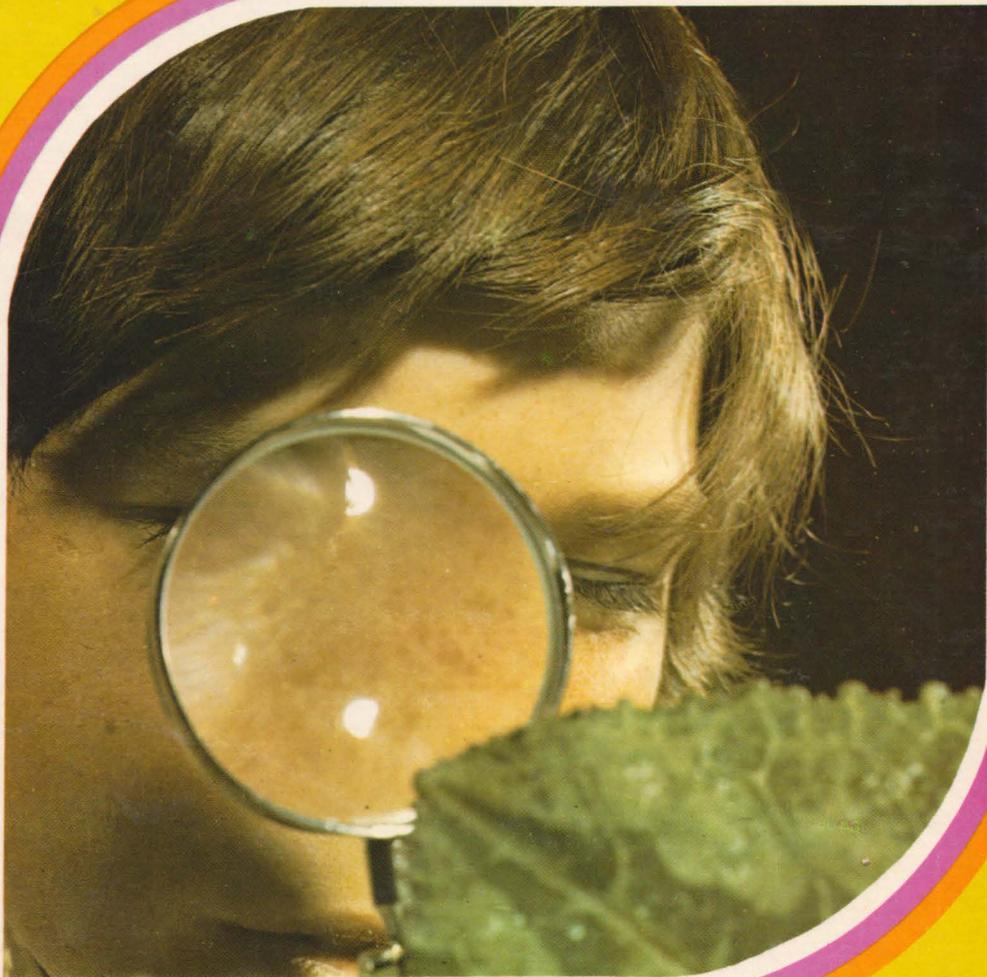


J. A. Arroyo



la botánica en experimentos

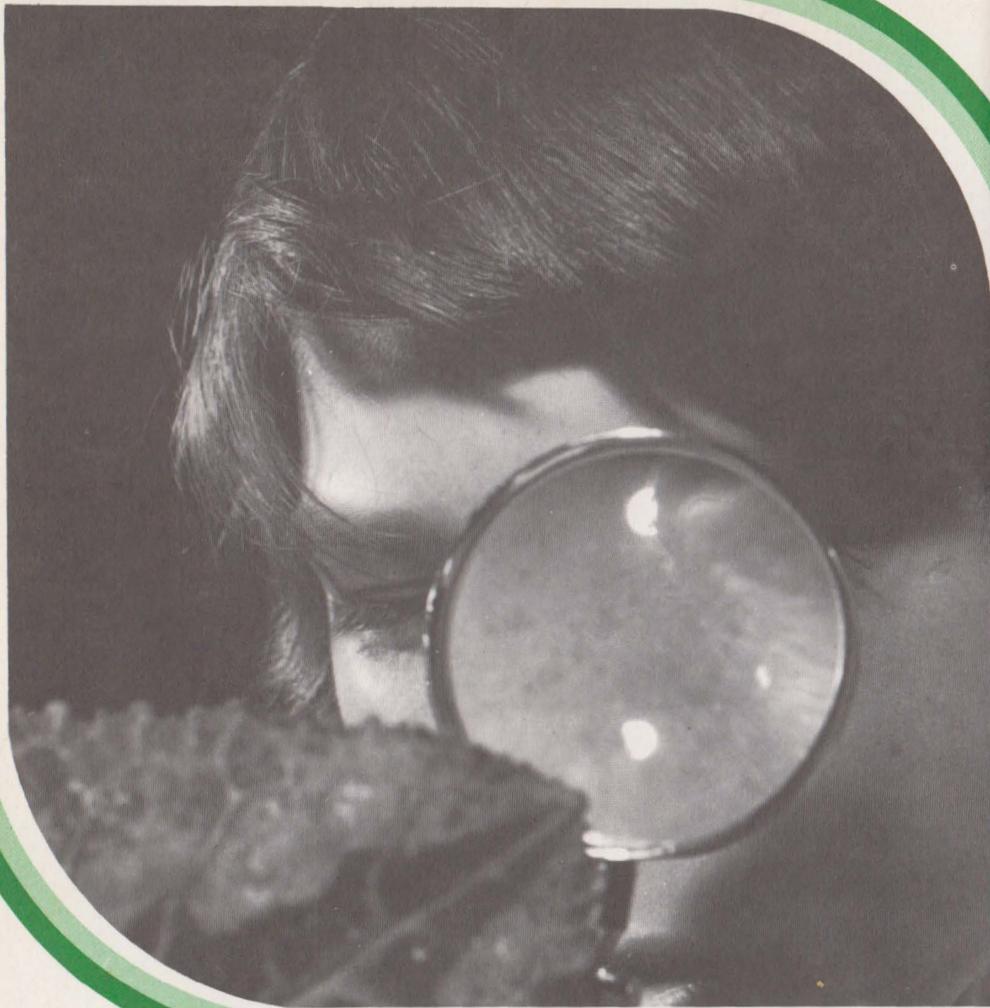
ENCICLOPEDIA DE LAS AFICIONES



**ENCICLOPEDIA
DE LAS
AFICIONES**

José Antonio Arroyo

LA BOTANICA EN EXPERIMENTOS



ediciones Altea



La *Naturaleza* es un conjunto de seres *inertes* y *vivientes* que se relacionan entre sí y que dependen unos de otros. Es clásica la división del conjunto de los seres naturales en los conocidos tres *REINOS* de la Naturaleza: el Reino *Animal*, el Reino *Vegetal* y el Reino *Mineral*.

Tales grandes divisiones que a primera vista parecen totalmente independientes, no lo son tanto en la realidad, ya que evidentemente se relacionan entre sí de una forma patente. Así, por ejemplo, el mundo mineral es el que provee de alimentos a los vegetales, suministrándoles sustancias inorgánicas muy sencillas que las plantas, mediante operaciones químicas realmente fantásticas, transforman en sustancias mucho más complejas denominadas *orgánicas* y que en tiempos se pensó que únicamente se elaboraban por los organismos vivientes. Esta transformación, que pasa totalmente desapercibida para el hombre, tiene una importancia fundamental y podemos afirmar que sobre ella descansa la conservación de la *VIDA* sobre la Tierra.

Los animales a su vez, se relacionan y dependen directa o indirectamente de los vegetales. Todos encuentran sus alimentos en el mundo de las plantas, bien directamente, como los que se nutren de vegetales o indirectamente, devorando a tales animales.

Por último, cerrando el ciclo, tanto las plantas como los animales mueren y sus restos se destruyen y mineralizan, pasando al cabo del tiempo, a formar parte nuevamente del Reino Mineral. En este ciclo, como puede comprobarse, forma un eslabón fundamental el Reino Vegetal o de las plantas.

Las plantas, como seres vivientes, ocupan una buena parte de la superficie de la tierra y pueblan en gran número todas las aguas, dulces o marinas. Son extraordinariamente variadas en formas, tamaños y modos de vida. Precisamente en este libro vamos a intentar de un modo a la vez detallado y sencillo, exponer las distintas facetas que ofrece el estudio del mundo vegetal, que como es sabido constituye el objeto de una ciencia llamada *BOTANICA*. Esta es una parte de las *CIENCIAS BIOLÓGICAS*, conjunto de conocimientos sobre los seres vivos y también de las *CIENCIAS NATURALES* o *HISTORIA NATURAL*, de mayor amplitud aún y que tienen por objeto el estudio de la Naturaleza en sus tres Reinos.

Hemos titulado nuestro libro *LA BOTANICA EN EXPERIMENTOS* porque en el estudio del mundo vegetal vamos a aplicar fundamentalmente la *observación* y la *experimentación*. Mediante la observación podremos conocer muchos de los rasgos que se relacionan con la íntima naturaleza de las plantas, previamente expuestos en forma teórica. Por la experimentación intentaremos reproducir, para mejor comprender y así demostrar, los fenómenos más interesantes que se relacionan especialmente con el funcionamiento del organismo vegetal en sus variados aspectos.

Para nuestro objeto hemos dividido el libro en tres partes que comprenden seis capítulos. La primera nos hace la *presentación* de las plantas en su amplitud y variedad de formas. La segunda corresponde al *cómo* son las plantas, estudiando detalladamente sus componentes fundamentales, su forma y su estructura. Por último, la tercera parte nos dirá *cómo* viven las plantas y cuáles son las funciones que realizan en relación y dependencia de esa vida.

Cada explicación teórica es acompañada de los correspondientes *experimentos*, en los cuales se encuentra una demostración práctica de lo expuesto. Hemos preferido la palabra *experimento* a la de práctica, porque ésta tiene más tradición escolar y nuestro libro no pretende ser un texto de Botánica para ser aprendido, sino un camino, ameno en lo posible, para llegar a poseer ciertos conocimientos básicos sobre las plantas por la vía de la distracción. Pero además la Botánica, como todas las Ciencias Naturales, es una ciencia *experimental* y el aficionado que intenta observar o repetir lo que a diario realiza la Naturaleza, *experimenta* verdaderamente y aunque muchos de tales experimentos puedan parecer muy sencillos, uno sabe por experiencia personal la importancia que tiene y la satisfacción que produce el ver por sí mismo todo aquello que dicen los libros que sucede.

Por lo tanto, 106 experimentos servirán de confrontación de todo aquello que las plantas son o hacen, en un plano de iniciación a su estudio. Tales experimentos son sencillos y no se necesita un material costoso. Sin embargo, una buena parte de ellos sólo pueden realizarse con el auxilio del *microscopio*, para lo cual hemos incluido unos apéndices exponiendo su manejo y algunos datos para hacer las preparaciones microscópicas, que no suelen figurar en los libros de carácter general.

Por último, considerando que tiene mucha importancia unificar el lenguaje científico, empezando desde su misma base, hemos adoptado en general toda la terminología botánica a la edición de 1953 del DICCIONARIO DE BOTANICA publicado por la Editorial Labor bajo la dirección del doctor FONT QUER.



INTRODUCCION



A pesar de todos los extraordinarios avances de la Ciencia, los sabios no han podido dar respuesta adecuada a una inquietante pregunta: *¿Qué es la vida?*

Sabemos que la *BIOLOGIA* es etimológicamente el *tratado de la vida*, pero es también sin duda, la única ciencia cuyo objeto carece de definición. Nadie puede decir por ahora *qué es la vida*.

Sin embargo, esa maravillosa propiedad es inherente a los seres *vivientes* y la que les diferencia radicalmente de los seres *inertes*. Necesita, por lo tanto, para manifestarse de una especial estructura que constituye su *soporte material*. Tal soporte es el *organismo vivo* en su totalidad y puede ser extremadamente sencillo o extraordinariamente complicado, pero que forzosamente se reduce a la existencia de unas unidades estructurales y funcionales que son las *células*.

Las células son evidentemente la sede de la vida, puesto que existen numerosos organismos compuestos de una sola célula y que no obstante *viven*, y lo mismo puede decirse de los organismos mucho más complicados y formados por millones de tales unidades fundamentales.

Por lo tanto, la maravillosa propiedad de todos los seres vivos, que les diferencia del mundo inanimado, se hace patente por algunas *manifestaciones* características a las que podemos llamar *funciones vitales* y que se resumen diciendo que los seres vivos se distinguen porque pueden *nutrirse*, son capaces de *reproducirse* dando lugar a otros seres semejantes a ellos y se *relacionan* entre sí o con otros organismos presentes en el medio en que habitan.

De este modo el estudio de los seres vivos, en nuestro caso de los vegetales, comportará dos enfoques fundamentales, uno dedicado al conocimiento de las *formas y estructuras* del soporte material que les constituye, de sus *componentes elementales* y de las *organizaciones superiores* en que éstos se encuadran. El otro lo constituirá el estudio del funcionalismo de los vegetales en tanto seres vivos.

Así nuestro trabajo contiene un examen de la composición de los vegetales, es decir, su *Citología e Histología*; de sus formas y estructuras, o sea, su *Morfología* y su *Anatomía*; por último, de sus funciones de nutrición, reproducción y relación, que en conjunto constituyen la *Fisiología vegetal*.

Los capítulos siguientes pretenden examinar de un modo detallado y práctico, pero sencillo y comprensible, todas estas ramas de la Botánica, poniendo al lector en contacto con el polimorfo, complejo, pero evidentemente fascinante mundo de las plantas, presentándole sus aspectos más sobresalientes.

I. PANORAMICA DEL MUNDO DE LAS PLANTAS

Las plantas son seres que habitan sobre la superficie de la Tierra o en el seno de las aguas, formando generalmente grandes agrupaciones. Sus formas son extraordinariamente variadas y sus tamaños van desde las invisibles al ojo humano, algas y hongos microscópicos, hasta los gigantes vegetales que sobrepasan el centenar de metros en ciertas coníferas de California o en los eucaliptos de Australia.

Del mismo modo las plantas tienen un periodo de vida que puede variar dentro de amplios límites. Así encontramos vegetales microscópicos cuya vida es de pocas horas, mientras que en otro extremo existen árboles que cuentan su existencia en millares de años.

A primera vista puede ser que nuestro concepto del mundo vegetal se circunscriba a las plantas más conocidas y con las cuales estamos más familiarizados: las hierbas que forman una pradera, los arbustos de un jardín, los árboles de un bosque y también las que cultivamos por sus flores o por su porte ornamental en unas macetas. Pero este concepto es sólo un débil reflejo de lo que es realmente el variado y polimorfo mundo de las plantas.

Por ejemplo, las plantas pueden evocar en nosotros la frescura del bosque, pero hay algunas que pueden crecer en los pedregales desérticos, incluso sobre ciertas dunas, en las condiciones más adversas en lo que a humedad se refiere, transformando incluso su morfología y estructura para adaptarse a la vida en condiciones tan duras.

En muchas ocasiones habremos visto fotografías o reportajes cinematográficos sobre el bosque tropical, con su frondosidad y sus variadas formas vegetales, creciendo en un ambiente a la vez húmedo y caliente. Pero también las plantas pueden trepar por las altas montañas hasta el mismo dominio de las nieves eternas, o alcanzan los límites de los casquetes polares, apareciendo entre los hielos en cuanto se anuncia el tímido y corto verano. Son plantas sencillas adaptadas muy especialmente a unos climas tan extremados y que a veces son el único alimento de los animales herbívoros de tales latitudes.

En el seno de las aguas de todas clases: estanques naturales o artificiales, zonas pantanosas, lagunas y lagos, ríos y mares, se encuentran numerosas plantas de vida acuática, que generalmente presentan formas y modos de vida muy distintos de los vegetales que viven sobre la tierra.

Las aguas estancadas suelen tomar un color verde o azul verdoso al cabo del tiempo, y si tomamos una gota y la observamos con el auxilio del microscopio, podremos ver numerosas formas diminutas y extrañas, a veces móviles, que son

también plantas. Igualmente lo son esas masas verdes de aspecto mucoso o las marañas filamentosas que aparecen flotando en las aguas de estanques y pantanos.

A lo largo de los ríos o en los lagos encontraremos igualmente numerosas plantas, que en ocasiones cubren las piedras del fondo o que flotan en la superficie, a modo de praderas flotantes, en las que pululan millones de animalillos que encuentran en ellas su alimento.

También en los mares, junto a las playas o en los acantilados, en las aguas de cierta profundidad o en el mismo centro de las grandes masas oceánicas, se encuentran grandes agrupaciones vegetales que en ocasiones forman extensiones gigantescas.

Todas estas plantas tienen varias características comunes. La principal se refiere a su *estructura*. Todas ellas están formadas por *células*, que son corpúsculos muy pequeños de los cuales están constituidos todos los seres vivos. Por ello los biólogos definen la célula como «la unidad fundamental de los seres vivos, dotada de vida propia». Absolutamente todos los vegetales, desde la diminuta planta acuática sólo observable al microscopio, hasta el gigante arbóreo de la selva virgen, están formados por células.

Pero hay plantas cuya estructura es tan sencilla que están formadas por una sola célula y se las denomina *Protófitas*. Por el contrario, la gran mayoría de las plantas y desde luego todas aquellas que nos rodean o que mejor conocemos, están formadas por infinidad de células unidas y relacionadas funcionalmente entre sí, dando lugar a un complejo organismo que es su aparato vegetativo. Son las plantas denominadas por los botánicos *Metáfitas*. Vemos, por lo tanto, que las plantas pueden ser *Unicelulares* o *Protófitas* y *Pluricelulares* o *Metáfitas*.

Todas las plantas cuyas formas de vida hemos mencionado anteriormente tienen de común una fundamental característica funcional, es decir, *fisiológica*. Poseen una extraordinaria sustancia, químicamente compleja, que presenta un característico color verde y se llama *clorofila*. Prácticamente todas las plantas que conocemos, tanto en tierra como en el agua, tienen ese color verde debido a la presencia en su aparato vegetativo de la clorofila.

Esta sustancia juega un papel importantísimo en el conjunto armonioso de los tres Reinos de la Naturaleza. Como veremos más adelante con detenimiento, las plantas verdes son capaces de alimentarse de sustancias puramente minerales, de las cuales las más importantes son el agua y el anhídrido carbónico. Con tales sustancias por mediación de la clorofila y en presencia de la luz, pueden producir todos los compuestos orgánicos requeridos para la nutrición, el desarrollo y la reproducción, o sea, para su propia vida.

Estos seres proporcionan al mundo viviente, incluyendo al hombre, la única fuente de sustancias orgánicas que hay en la Naturaleza, formando una especie de puente de unión entre el Reino Mineral y los otros dos que forman los seres vivientes. A las plantas que pueden sintetizar su propia materia orgánica, su propia sustancia viva, partiendo de simples compuestos inorgánicos, se les denomina *autótrofas*.

Pero el mundo de las plantas no se termina aún. Si damos un paseo por un bosque húmedo, observaremos entre la materia orgánica en descomposición que cubre el suelo, unos curiosos vegetales, las llamadas vulgarmente «setas», que

aparecen con sus característicos sombrerillos a veces brillantemente coloreados. Si dejamos pan húmedo en una habitación, observaremos cómo en pocos días se cubre de una madeja de filamentos blancos entrecruzados. Lo mismo ocurre en cuanto dejemos frutas, carne u otras sustancias orgánicas en ciertas condiciones, sobre las que aparecen unas manchas azuladas, verdosas o negruzcas que se extienden rápidamente y que se conocen con el nombre de *mohos*. Por último, si observamos al microscopio una suspensión acuosa de levadura de pan o de cerveza, veremos unos corpúsculos ovoides o esferoidales, a veces unidos en cadenas cortas de tamaño decreciente.

Todos estos seres descritos son también plantas. Unas pluricelulares como las «setas» o los mohos. Otras unicelulares como las levaduras, pero todas ellas tienen de común dentro de su compleja estructura y extraños modos de vida, el rasgo



de carecer de clorofila. Por ello no presentan color verde, característico de las plantas que conocemos, y lo que es más importante para ellas, no pueden producir su propia sustancia orgánica partiendo de simples sustancias minerales. Por tal motivo siempre aparecen sobre sustancias orgánicas, a las que alteran o descomponen y de las cuales tienen forzosamente que alimentarse. Tales seres se denominan *heterótrofos*.

Con esto queda hecho un esquema panorámico de lo que es el mundo vegetal con el cual nos vamos a enfrentar en los capítulos siguientes, pero antes de iniciar nuestro estudio no podemos dejar de hacer hincapié en la importancia fundamental que tienen estos seres que integran el Reino Vegetal.

Ante todo ya hemos visto cómo las plantas verdes, mediante la llamada *fotosíntesis*, proporcionan las sustancias orgánicas que exigen los seres vivos en su nutrición. Se puede afirmar que toda la vida radica en la existencia de dicho fenómeno, sin el cual los demás organismos vivientes no podrían existir.

En lo que respecta al hombre, éste recibe de las plantas una buena parte de sus alimentos, pero como además sirven de base para la nutrición de los herbívoros

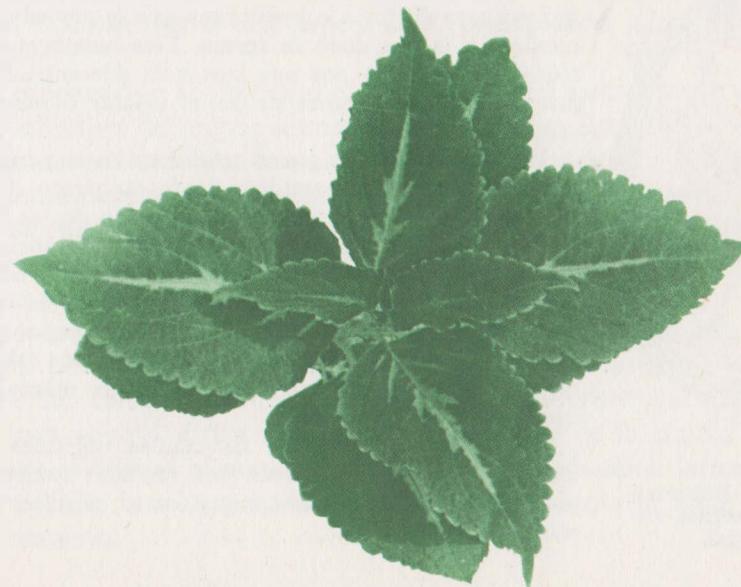
consumidos a su vez por el hombre, se puede afirmar que todos nuestros alimentos orgánicos proceden directa o indirectamente de las plantas verdes.

Pero además las plantas tienen una enorme importancia en otros aspectos de la vida humana. Así proporcionan la madera con la cual se construyen armaduras de edificios e incluso casas enteras en ciertos países. De la madera salen la mayor parte de nuestros muebles; suministra la pasta de papel que puede afirmarse que es la base de nuestra civilización actual. Muchos de nuestros vestidos proceden igualmente de derivados de la madera o de fibras textiles de ciertos vegetales.

Las flores contribuyen a la importante industria de la perfumería. Otras partes de las plantas proporcionan colorantes, medicinas y otros productos químicos. Además las plantas contribuyen al ornato de jardines, terrazas y habitaciones, proporcionando al hombre satisfacción para el espíritu.

También las plantas no verdes tienen su importancia en este campo. Algunas especies de «setas» son comestibles y algunas se cultivan en gran escala. De ciertos mohos se extraen los *antibióticos*, sustancias que han revolucionado la ciencia médica de nuestro siglo. Por último, las levaduras realizan procesos químicos de enorme importancia, que el hombre aprovecha industrialmente. Tales son las fermentaciones, algunas de las cuales son conocidas desde las más remotas civilizaciones, como lo demuestra la fabricación del pan, el vino o la cerveza, productos de gran importancia y que el hombre ha fabricado a lo largo de los siglos.

Con esta rápida panorámica hemos querido presentar a los seres objeto de nuestro estudio: las plantas. Ellas forman un mundo extraordinariamente variado y polimorfo, que tienen una enorme importancia desde el punto de vista biológico y por sus productos y aplicaciones. Bueno será que el hombre vuelva de vez en cuando la vista a la Naturaleza en cualquiera de sus formas, a la que ciertamente domina con su inteligencia, pero de la cual depende totalmente en muchos aspectos.



II. LOS COMPONENTES DE LAS PLANTAS.

GELULAS Y TEJIDOS

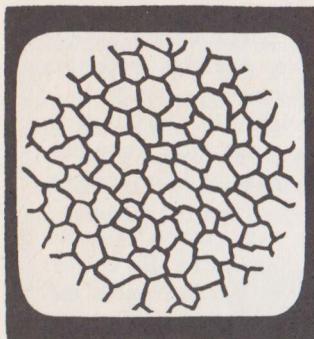


Fig. 1. Las células.

Las células son como ya hemos visto los componentes de todos los seres vivos, «la unidad anatómica y fisiológica» de que están formados. Naturalmente hay notables analogías y diferencias entre las células animales y las vegetales, y dentro de cada grupo citado existen numerosos tipos de células cuya forma y estructura está siempre en relación con la función que desempeñan.

Las células vegetales son de forma y tamaño variado, siendo éste en general tan pequeño que normalmente hay que recurrir para su observación y estudio al auxilio del microscopio. Para su medida se emplea una unidad especial que es la milésima de milímetro, denominada *micra* y que se representa por la letra μ (*mu*). El tamaño normal de las células vegetales oscila entre unas veinte y ciento cincuenta micras. No obstante, ciertas fibras de las plantas textiles pueden considerarse como células gigantescas, ya que alcanzan unos 20 centímetros de longitud.

ESTRUCTURA DE LA CELULA VEGETAL

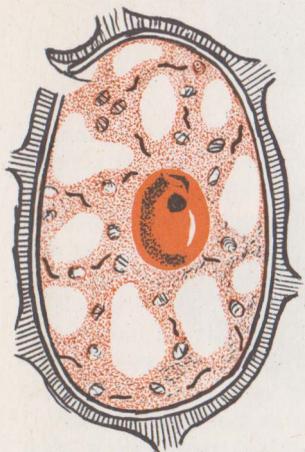


Fig. 2. Esquema de una célula vegetal.

Las células vegetales se encuentran siempre protegidas por una cubierta o membrana que la envuelve totalmente y a la que debe su forma. Esta membrana resistente está formada por una sustancia denominada *celulosa* y recibe el nombre de *pared celular* o *membrana esquelética*.

En el interior de la pared celular existe una sustancia extraordinariamente compleja desde un punto de vista químico, que se presenta al estado físico de un líquido viscoso y que se llama *protoplasma*. Tal sustancia es la fundamental de los seres vivos y la sede de todas las funciones vitales, por lo que su importancia es enorme y el interés que su estudio presenta es inmenso, ya que paso a paso los biólogos se van acercando de tal manera, al conocimiento del mecanismo de esa maravilla incomparable que es la vida.

Pero el protoplasma de las células vegetales no es uniforme, sino que presenta dos regiones fundamentales, visibles en todas ellas y que son el *citoplasma* y el *núcleo*.

El citoplasma ocupa la mayor parte de la célula, siendo una sustancia viscosa transparente y homogénea, limitada exteriormente por una fina película de estructura compleja y composición diferente del citoplasma, llamada *membrana plasmática* y que se encuentra en contacto con la pared celular. El citoplasma rodea al núcleo que aparece en las células como una especie de corpúsculo de forma esférica y más brillante que aquél, estando limitado por una especie de delgadísima *membrana nuclear*.

El núcleo y el citoplasma son interdependientes y no pueden vivir aislados entre sí. En ellos residen las funciones celulares de *nutrición*, *relación* y *reproducción*. En el núcleo, además, existe una sustancia que se presenta en forma de unos corpúsculos, denominados *cromosomas*, que están en número fijo en cada especie biológica y que rigen los fenómenos de transmisión y herencia de todos los caracteres que presentan los seres vivos.

EXPERIMENTOS

1. Observación de una lámina de corcho

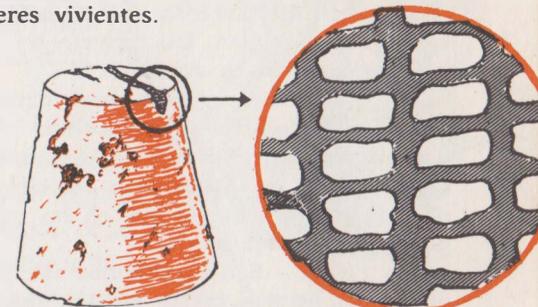


Fig. 3. Observación de células muertas en una lámina de corcho.

Con una hoja de afeitar o bisturi bien afilado se hacen cortes muy finos en un tapón de corcho.

Se coge una de las virutas con unas pinzas finas y se coloca en un porta. A continuación se monta con una gota de agua, que se añade con un cuentagotas o una pipeta fina, protegiendo la preparación con un cubre.

La preparación se coloca sobre la platina del microscopio y se enfoca con el objetivo de menor aumento. Después con uno de los más potentes, afinando el enfoque con el tornillo micrométrico.

Aparccen numerosas celdillas que guardan cierta semejanza con un panal de miel. Los márgenes de las celdillas corresponden a las paredes celulares, en este caso muy reforzadas por una sustancia impermeable, la *suberina*, que llega a determinar la muerte de la célula.

Este experimento tiene gran valor histórico, porque fue efectuado en 1665 por el inglés ROBERT HOOKE, que fue el primer hombre que observó las células y a quien se debe dicho nombre, ya que al encontrarse con aquella estructura en forma de panal de la lámina de corcho dio a sus cavidades el nombre de «*cell*», cuya traducción latina es «*cellula*» o *celdilla*, que ha pasado al lenguaje científico con otro significado más completo.

2. Observación de células de epidermis de cebolla

Se toma una pequeña parte de la epidermis (piel) de una cebolla. Debe procurarse que no lleve adherida ninguna parte del tejido interior. Se coloca en un porta con una gota de agua y se protege con el cubre.

Puede observarse el contorno de las paredes celulares y los núcleos de las células, que aparecen como esferitas refringentes. El citoplasma aparece como un espacio transparente que rodea a cada núcleo dentro de la correspondiente pared celular.

INCLUSIONES CITOPASMATICAS

El citoplasma de una célula vegetal no es absolutamente uniforme, ya que en él aparecen ciertas formaciones que desempeñan papeles muy importantes en la fisiología celular. Las principales estructuras denominadas *inclusiones citoplasmáticas*, son las siguientes:

a) *Condriosomas*.—Son unas diminutas partículas de forma diversa, generalmente redondeada (*mitocondrias*) o alargadas (*condriocontes*) cuya estructura y composición química es muy compleja, teniendo a su cargo importantes funciones dentro de la nutrición celular. El conjunto de estas inclusiones se llama *condrioma* y parece ser que en las células vegetales son el origen de otros corpúsculos llamados *plastos*.

b) *Plastos*.—Son corpúsculos esferoidales o elipsoidales, mayores que los condriosomas, pero de menor tamaño que el núcleo y cuyo conjunto se conoce con el nombre de *plastidoma*.

Los plastos son de tres clases que no están presentes en todas las células vegetales simultáneamente y que son las siguientes:

Cloroplastos, que son los más frecuentes e importantes. Se presentan en abundancia en todas las células de las plantas verdes a las que comunican su color característico, debido a la presencia en ellos del importante pigmento llamado *clorofila* y que como sabemos interviene muy principalmente en la fotosíntesis.

Cromoplastos, corpúsculos que poseen sustancias rojas o amarillas y suelen encontrarse en las flores de tales colores. Igualmente están presentes en la raíz de la zanahoria, en los frutos coloreados al madurar como el tomate y el pimiento, y en las hojas de árboles y arbustos cuando llega el otoño. Se supone que los cromoplastos derivan de los cloroplastos por sustitución de la clorofila por otros pigmentos, como la *xantofila* (amarilla) o la *carotina* (encarnada).

Leucoplastos, que almacenan sustancias de reserva y no tienen color determinado. Son de varias clases según la sustancia que almacenen, siendo los más importantes los *amiloplastos* que tienen *almidón* y que se encuentran en gran abundancia en el tubérculo de la patata.

c) *Vacuolos*.—No son realmente estructuras del citoplasma, sino espacios del mismo que contienen ciertas clases de disoluciones, que pueden condensarse hasta formar sustancias cristalinas que sirven de reservas nutritivas en algunos casos.

Los vacuolos son pequeños y escasos en las células jóvenes, pero aumentan en número y tamaño con la edad de las células, hasta el punto de que el contenido celular llega a ser un gran vacuolo con cordones citoplasmáticos que lo atraviesan.

EXPERIMENTOS

3. Los cloroplastos

Se toma una pequeña cantidad de agua de un estanque que contenga suficiente «verdín» en suspensión, o procurando recoger una pequeña parte de la babilla verde que flota en la superficie.

Una gota del agua recogida se coloca con un cuentagotas sobre un porta bien limpio y se protege con un cubre. Se enfoca la preparación primero con el objetivo de menor aumento para localizar las células y enseguida con el de máxima potencia.

Se observan células muy numerosas aisladas o agrupadas que pertenecen a plantas acuáticas (algas). En su interior llama la atención la presencia de numerosos corpúsculos (a veces ordenados en ciertas estructuras), de color verde brillante. Son los *cloroplastos* que proporcionan a estas plantas su color característico.

Repetir el experimento tomando una hoja de lirio. Se arranca una parte de su epidermis, pero procurando que lleve consigo una parte del tejido verde subyacente. Se monta entre porta y cubre con una gota de agua, procurando enfocar la parte verde de la preparación, y se observarán numerosos cloroplastos contenidos en las células.

4. Amiloplastos en la patata

Se corta una patata por la mitad y se raspa con una navaja la superficie del corte, obteniendo un jugo de color blanco amarillento, que se diluye con una gota de agua sobre un porta y se protege con un cubre. Se enfoca con el objetivo de potencia mediana y se pueden ver algunas células de patata que contienen en su interior numerosos corpúsculos incoloros, brillantes y que presentan una forma ovoide.

Repetir la preparación, pero diluyendo el jugo de patata con una gota de *agua yodada* (solución acuosa de yodo) y observando al microscopio.

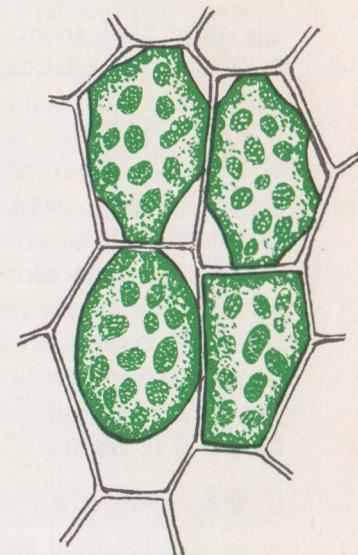


Fig. 4. Cloroplastos en unas células vegetales.

Las células de la patata permanecen incoloras, pero los corpúsculos aparecen teñidos en un color violeta que permite observar muy bien su estructura, que es muy característica. En su interior existe un punto algo excéntrico que se llama *hilo*, y alrededor del cual aparecen capas concéntricas muy patentes, por su distinto comportamiento óptico.

Tales corpúsculos son *amiloplastos* que contienen como sustancia de reserva *almidón*, que se tiñe de color violeta por el yodo y que proporciona su valor nutritivo a la patata.



Fig. 5. Granos de almidón.

5. Observación de los vacúolos

Se prepara un trozo de epidermis de cebolla de algo menos de un centímetro cuadrado. Se fija con alcohol sobre el porta y se tiñe con *verde de metilo* durante dos o tres minutos. Se lava con agua y se monta entre porta y cubre con una gota de este líquido.

El citoplasma celular aparece teñido de verde, pero los *vacúolos* quedan incoloros, mostrando bien su contorno. El núcleo es también muy visible en esta preparación.

LOS TEJIDOS VEGETALES

Como ya hemos visto, todos los seres vivos están formados de células (una o muchas), es más, todos estos seres tienen su origen en una sola célula. Este descubrimiento se conoce como la «*teoría celular*» y fue establecida hacia 1840 por dos biólogos, SCHWANN y SCHLEIDEN, que enunciaron su famoso principio de que «*toda célula procede de otra célula*». Por lo tanto, las células tienen la capacidad de reproducirse, proceso que se realiza de un modo admirable por división de cada célula en otras dos células hijas, mediante un conjunto de fenómenos que recibe el nombre de *mitosis* o *cariocinesis*.

Cuando los seres vivos, en este caso las plantas, constan de una sola célula, el proceso de división celular conduce a la aparición de nuevas plantas unicelulares que van poblando el medio, generalmente líquido, en que habitan.

Si las plantas son pluricelulares, su origen se encuentra siempre (como los demás seres pluricelulares) en una célula de características especiales, denominada *huevo* o *zigoto*. De ésta por división muy activa van produciéndose todas las demás células del organismo vegetal.

En principio todas las células son semejantes en forma y tamaño, pero después se va produciendo una diferenciación muy intensa, adquiriendo formas y tamaños muy diversos, de acuerdo fundamentalmente con la función que realizan en el conjunto del organismo.

De esta manera las células se agrupan según su forma y función dando lugar a los *tejidos*. El estudio de los tejidos vegetales es el objeto de una parte de la Botánica, que es la *Histología Vegetal* (1).

Por todo lo expuesto se puede definir un tejido como «*agrupación de células, unidas entre sí, que tienen la misma forma y estructura, y realizan la misma función*».

CLASES DE TEJIDOS VEGETALES

Como una de las características fundamentales de cada tejido es la función que realizan en el vegetal, haremos una reseña de las que más importancia tienen en la planta describiendo y estudiando mediante algunos experimentos los tejidos que intervienen en su realización.

Ante todo las plantas pluricelulares crecen y se desarrollan, más o menos, según las distintas especies y el crecimiento puede realizarse tanto en longitud como en espesor. Por lo tanto existirán tejidos encargados de facilitar ese desarrollo y que son los llamados formadores o *meristemas*.

Se encuentran en las proximidades del extremo de los tallos y las raíces, originando el crecimiento en longitud y se denominan *meristemas primarios*. También aparecen en los vegetales que presentan crecimiento en grosor, estando situados en el interior de la raíz y del tallo. Se denominan *meristemas secundarios* y reciben el nombre especial de *cambium* y *felógeno*.

EXPERIMENTOS

6. Como crece la raíz en longitud

Para ello debe disponerse de raíces jóvenes y en crecimiento. Puede colocarse un bulbo de cebolla sobre un vaso que contenga agua ligeramente salada y que bañe solamente su parte inferior. También pueden tenerse unas semillas de habas en germinación sobre algodón húmedo durante unos días. En ambos casos aparecen raíces tiernas y adecuadas para el experimento.

(1) También los animales, e incluso el hombre, proceden de una sola célula-huevo de la cual se forman todas las demás células del organismo, que se diferencian según su función en tejidos diversos. Su estudio corresponde a la *Histología Animal*.

Se corta el extremo de una raíz algo gruesa. Se obtiene un corte longitudinal del ápice. El corte (o cortes) se fijan toda la noche en alcohol acético (tres partes de alcohol absoluto y una de ácido acético). Se realiza su tinción empleando un vidrio de reloj, en el cual se colocan los cortes con unas gotas de *orceína* y un centímetro cúbico de *ácido clorhídrico*. Se calienta hasta ebullición suave dos o tres veces. El corte elegido se coloca en el porta con nueva orceína y se aplasta suavemente pasando una varilla de vidrio. Se protege con un cubre y se hace presión con papel de filtro, que absorbe el exceso de colorante (1).

Se hace la observación al microscopio con el objetivo de máximo aumento, apareciendo células pequeñas, de grueso núcleo y sin vacuólas, que están en división activa, por lo que aparecen en diversas fases de la *mitosis*. (Puede consultarse sobre la misma cualquier texto de Biología).

Las células observadas pertenecen al *meristema primario* de la raíz, que produce el crecimiento de la misma, por lo cual sus células están en actividad reproductora.

LA PROTECCION DE LA PLANTA

La planta tiene al exterior su propia «piel» que protege los tejidos interiores del organismo vegetal. En las diversas especies esta protección no tiene el mismo aspecto, e incluso varía en las distintas partes de una misma planta.

En primer lugar, las partes verdes aéreas están cubiertas de una sola capa de células, fina, resistente y de aspecto impermeable. Es la *epidermis* o tejido *epidérmico*.

Por otro lado, los troncos de los grandes árboles, los órganos subterráneos de muchas plantas, tienen una protección exterior mucho más gruesa y resistente, generalmente formada de capas superpuestas de células muertas, cuyas gruesas paredes celulares, dan lugar a una protección espesa y resistente. Es el *súber* o tejido *suberoso*.

EXPERIMENTOS

7. La epidermis del vegetal

Se toma una hoja de lirio, de la cual se arrancan pequeñas tiritas de la capa que la cubre, procurando no arrastrar la masa verde interior. Se

(1) La orceína se prepara disolviendo 1 gr. del colorante en 45 c.c. de ácido acético. Se calienta hasta casi ebullición. Se deja enfriar y se añade agua hasta completar 100 c.c. y se filtra a través de papel.

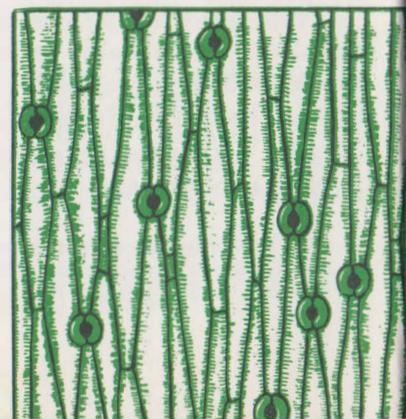


Fig. 6. Epidermis de lirio con estomas.

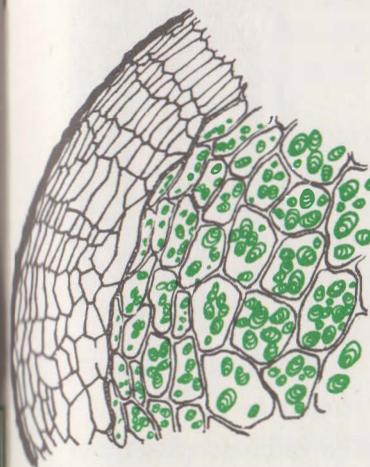


Fig. 7. Corte de un tubérculo de patata, mostrando los granos de almidón.

montan con una gota de agua entre porta y cubre, realizando el enfoque primero con el objetivo de menor potencia y después con el de potencia media.

Aparecen células muy típicas, alargadas, incoloras, con el núcleo muy patente y sin clorosplastos. Son células vivas que forman la epidermis o tejido *epidérmico* del lirio.

8. La corteza

Obsérvese el grueso tronco de un árbol añoso. Tiene una gruesa *corteza* que se resquebraja y desprende. Si se tiene oportunidad, véase la gruesa corteza que protege el tronco del alcornoque. Despréndase un trozo y examínese su naturaleza, espesor y elasticidad. Hágase una preparación como en el experimento número 1 y obsérvese al microscopio.

9. La piel de la patata

Se corta una patata por la mitad. Después se hacen cortes muy finos que comprendan también la parte de la «piel». Colóquense los cortes en un vidrio de reloj que contenga solución de *safranina* al uno por ciento. Lavar y montar con una gota de agua, protegiendo con un cubre.

Para la observación debe enfocarse la zona que corresponda a la «piel» del tubérculo. Aparecen las paredes celulares, teñidas en rojo, aplastadas y hasta rotas al exterior. Después las células están en período de suberificación y más al interior aparecen células vivas, cuya pared no aparece teñida, con sus granos de almidón ya conocidos.

En los experimentos realizados, el tejido suberoso se forma mediante un proceso que sufren las células protectoras, cuyas paredes celulares, de naturaleza celulósica al principio, se van impregnando de una sustancia impermeable, *suberina*, que determina su muerte, no quedando nada más que las paredes suberificadas, como en el caso del corcho. Tanto la corteza de los árboles como la «piel» de la patata son ejemplos de tejido *suberoso*.

EL ESQUELETO DEL VEGETAL

Las plantas necesitan, a semejanza de los animales, un «esqueleto» que contribuya a sostener el conjunto del organismo o algunas de sus partes. De este modo pueden mantener su solidez, conservar la forma y permanecer erguidas.

Pero al mismo tiempo el tejido de sostén de las plantas les permite una gran elasticidad, imprescindible para resistir la fuerte presión del viento sin romperse. Esta propiedad puede ser observada en un campo de trigo batido por el viento. Los tallos se arquean pero no se rompen, recuperando su posición inicial en cuanto el viento cesa.

Las plantas herbáceas, generalmente de pequeño tamaño y corta vida que no suele pasar de unos pocos años, tienen un esqueleto fundamentalmente constituido por células vivas, que no han perdido la facultad de crecer y cuyas paredes celulares están compuestas de *celulosa*, teniendo mucho espesor especialmente en los puntos en que concurren varias células. Tales células constituyen un tejido *mecánico* especial que se llama *colénquima*.

EXPERIMENTO

10. El tallo de ortiga

Cortar un tallo de ortiga y arrancarle las hojas cuidando de no tocar con los dedos la parte superior de las mismas. Se hace un corte transversal del tallo y se observa primero a simple vista o con el auxilio de una lupa. Ver la forma que presenta dicha sección, que es de forma cuadrangular con unos engrosamientos simétricamente distribuidos y situados a modo de refuerzos del tallo.

Hacer un corte de tales refuerzos y observarlos al microscopio, montándolos con una gota de agua. Se ven células con gruesas membranas que en las partes donde confluyen varias de ellas se hacen muy patentes, moviendo levemente el tornillo micrométrico, lo que permite comprobar que son muy gruesas. Tales células pertenecen al *colénquima*.

A continuación hacer una sección longitudinal del tallo y obtener cortes finos que interesen las zonas deformantes del mismo. Montar con agua y observar con el objetivo de aumento mediano. Aparecen células alargadas de gruesa pared celular, como ya sabemos.



Fig. 6. Colénquima.

EL TEJIDO DE SOSTEN O ESQUELETO DE LAS PLANTAS LEÑOSAS

Está formado por diversos tipos de células. Uno de ellos consta de fibras duras y resistentes que aparecen en el tallo de las plantas textiles, como el cáñamo, el lino o el esparto. También hay células durísimas de paredes lignificadas y muy gruesas (*esclereidas*) que se encuentran en algunas partes del vegetal, como el hueso de la aceituna, la ciruela o el melocotón, que tienen por misión proteger la semilla. Este tipo de tejidos de sostén se llama *esclerénquima*.

Por último los grandes árboles y arbustos leñosos tienen un tejido de sostén constituido por infinidad de células muertas, transformadas en finísimos tubitos y cuya misión inicial es el transporte de sustancias líquidas nutritivas a través del vegetal, pero que después pierden su función conductora y se transforman en la madera, dura, resistente y de color oscuro, como podemos observar en el tronco de un árbol recién cortado. Tales células tienen una sustancia llamada *lignina*, muy resistente, y que produce unas estructuras que forman el esqueleto de la planta.

EXPERIMENTOS

11. Observación de células pétreas

De una pera o manzana se hacen cortes finos. Se tiñen con *floroglucina* acidulada con ácido clorhídrico concentrado durante unos diez minutos. Se lava el corte elegido y se monta entre porta y cubre con glicerina diluida.

Se observan esparcidas por el corte, que permanece no coloreado, unas células de pared celular muy gruesa, atravesada por unos canalículos muy finos llamados *puntuaciones*. Las células son *esclereidas* o *células pétreas*, que contribuyen a reforzar el tejido del fruto y cuyas paredes celulares se hacen muy gruesas, transformándose en *lignina*, la cual se tiñe de rojo por la disolución de floroglucina.

12. La madera

Observar el tronco de un árbol recién cortado. Aparece una zona de corteza y a continuación un anillo de madera blanda de color claro (*albura*), que constituye la parte viva del tronco. El interior es una región oscura (*duramen*) de madera compacta y resistente, que es el tejido de sostén fundamental del vegetal y lleva el nombre de *xilema* o *leño*.

LOS TEJIDOS CONDUCTORES

En las plantas existe una *circulación* de sustancias nutritivas que deben ser transportadas a todos los órganos del vegetal. Tales sustancias constituyen un líquido llamado *savia* y cuya misión e importancia veremos más adelante.

La savia debe ser transportada desde las raíces hasta las hojas y luego de importantes transformaciones químicas que tienen lugar en ellas, vuelve a toda la planta incluidas las raíces. Para realizar esta función circulatoria o conductora, las plantas cuentan con dos clases de tejidos: los vasos *leñosos* y los vasos *liberianos*.

Los vasos o tubos *leñosos* son células muertas, alargadas en el sentido de la circulación, cuyas paredes presentan estructuras lignificadas de forma variada, como anillos, espirales, retículos, etc., dando lugar a los vasos titulados *anillados*, *espiralados* o *reticulados*. Los vasos no están aislados sino reunidos en *fascículos* que se conocen con el nombre de haces leñosos y cuyo conjunto da lugar al *leño* o *xilema*. Su misión es transportar la savia desde la raíz a las partes verdes de la planta y en los vegetales de cierto tamaño constituyen además el principal aparato de sostén.

Los vasos *liberianos* están formados de células vivas, dispuestas en series longitudinales y cuyas paredes celulares transversales están perforadas por diminutos orificios en forma de *criba*, que permiten de esta manera el paso de la savia de una célula a la inmediata. Esta disposición de los tabiques de separación hace que tales vasos sean denominados tubos *cribosos* y cuyo conjunto se conoce con los nombres de *líber* o *floema*. Conducen la savia desde las partes verdes a todo el resto del organismo vegetal.

EXPERIMENTOS

13. Observación de vasos leñosos

De un tallo de calabaza o planta semejante se hacen finos cortes longitudinales de un centímetro de longitud y que comprendan la parte leñosa del mismo.

Sobre el mismo porta se tiñe el corte con *floroglucina* (1) durante cinco minutos. Se escurre el colorante, se añaden unas gotas de ácido clorhídrico y se protege con el cubre.

Al enfocar con el objetivo de mayor potencia aparecen tubos leñosos, con su estructura de lignina teñida en rojo. Generalmente los vasos son anillados o espiralados y en ocasiones la navaja arrastra la lignificación al hacer el corte, quedando fuera como una especie de muelle suelto y separado del resto del haz.

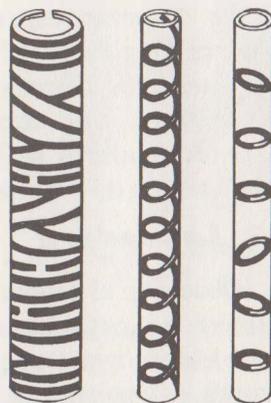


Fig. 9. Diversos tipos de vasos leñosos.

(1) La floroglucina se prepara disolviendo 1 gr. del colorante en 10 c.c. de alcohol absoluto.



Fig. 10. Tubos cribosos con sus células.

14. Los tubos cribosos

Sobre uno de los cortes hechos para el experimento anterior se echan unas gotas de *azul de metileno* o *azul de Hoffmann* (2). Se tiñe durante un par de minutos, se quita el exceso de colorante y se monta con una gota de agua.

Pueden verse al enfocar el objetivo de máximo aumento las cribas características del tejido teñidas de azul. Estas cribas se obturan durante el invierno por una sustancia que se llama *calosa* y que impide la circulación de la savia.

TEJIDOS NUTRICIOS

Los vegetales, como todos los seres vivos, necesitan tomar del medio en que habitan sustancias con las que construyen el protoplasma celular y además obtienen la energía imprescindible para el funcionamiento del organismo.

Como la mayoría de los vegetales son autótrofos; la síntesis de su materia orgánica se realiza en los órganos que contienen células con cloroplastos. Tales células se agrupan en tejidos que reciben el nombre de *parénquimas*, el más importante de los cuales es el *asimilador* o *clorofilico*, que funciona como un amplio laboratorio químico.

Pero además las plantas en ocasiones acumulan sustancias nutritivas que no consumen y con las que constituyen reservas en diversos órganos, tallos, raíces y frutos. Tales reservas se sitúan en parénquimas denominados *reservantes*, un ejemplo de los cuales es el tubérculo de la patata, ya estudiado, o la raíz de la zanahoria y la remolacha. Las sustancias de reserva son fundamentales al almudón y azúcares, como ocurre con la sacarosa tan útil para el hombre.

Los parénquimas sirven además de *relleno* entre los demás tejidos y por consiguiente es frecuente encontrar parénquimas incoloros, semejantes a los reservantes, tanto en el interior de los tallos como de las raíces y que constituyen la *médula*.

Por último algunas plantas de medios especiales forman parénquimas que pueden almacenar agua en grandes cantidades, como las que habitan en los desiertos y que se conocen con el nombre de *suculentas* o *crasas*, cuyo tejido de reserva recibe el nombre de *parénquima acuífero*. También algunas plantas acuáticas cuyas hojas flotan sobre el agua, poseen un parénquima con numerosos canalículos intercelulares denominados *meatos* y que sirven para que la hoja disminuya su peso y pueda flotar sobre el agua. Tales tejidos se denominan parénquimas *aeríferos*.

(2) El azul de metileno se prepara disolviendo 1 gr. en 100 c.c. de agua. Azul de Hoffmann: Anilina azul, 1 gr. Alcohol (50%), 99 c.c. Acido acético glacial, 1 c.c.

EXPERIMENTOS

15. El tejido asimilador de las plantas

En el experimento número 3 se ha indicado cómo se pueden ver las células con cloroplastos y puede ser repetido en esta ocasión. Otro experimento puede realizarse del modo siguiente: Coger hojas verdes, de aligustre por ejemplo, que son resistentes. Hacer un corte transversal y montarlo entre porta y cubre con una gota de agua, enfocando con el objetivo de mediano aumento.

En el corte podemos observar una curiosa estructura de células alargadas, cargadas de cloroplastos y unidas unas a otras como las tablas de una valla. Es el parénquima *clorofílico* o *clorénquima*, llamado también familiarmente parénquima en *empalizada*.

16. Las reservas vegetales

Coger una almendra fresca y hacer unos cortes finos a lo largo de ella. Colocar uno sobre el porta y teñirlo con unas gotas de *Sudán III* en alcohol de 70 %. Dejar obrar al colorante durante unos minutos y quitar el exceso del mismo. Montar la preparación con glicerina y observar con el máximo aumento.

Aparecen unas células gruesas, casi redondas, cuyo contenido aparece teñido de rojo intenso. Son células que contienen como sustancias de reserva aceites que se tiñen específicamente con el *Sudán III*.

Repetir el experimento número 4, observando el tejido reservante de la patata. Hacer cortes finos de la raíz de zanahoria o de remolacha y observar el aspecto de sus células, con citoplasma espeso y sin vacúolos.

17. El agua como reserva

Observar una hoja de chumbera o de pita. Son plantas que crecen en terrenos secos, sin recibir agua en muchas semanas y hasta meses. Ver que, no obstante, tienen un aspecto lozano y no presentan síntomas de sequía. Cortar con cuidado una hoja y aplastarla con una piedra sobre una superficie resistente e impermeable. De la hoja sale una buena cantidad de líquido transparente que tiene un alto contenido en agua.

Ver cómo los tejidos triturados son esponjosos y aparecen empapados en agua. Corresponden al parénquima acuífero, y de esta manera tales plantas pueden resistir los largos períodos de sequía.

SUSTANCIAS QUE PRODUCEN LAS PLANTAS

Hay en toda planta una serie de tejidos muy heterogéneos que se llaman *secretores* y cuya misión es la de producir sustancias que no parecen tener utilidad para el vegetal, por lo que quedan almacenadas en conductos especiales o expulsadas al exterior. Tales tejidos suelen formar órganos llamados *glándulas* que se encargan de la elaboración, almacenamiento o expulsión en su caso, de las sustancias segregadas.

EXPERIMENTOS

18. Glándulas que defienden a la planta

Se coge con cuidado una hoja de ortiga. Se puede observar cómo en su parte superior hay unos pelos blanquecinos, largos, cuya base se hunde en el tejido foliar. Si se mira uno de tales pelos a través del microscopio se verá que su base es una glándula que segrega un líquido irritante (ácido fórmico). El pelo se continúa por un conductillo que termina en una punta frágil, que se rompe al tocarla, penetrando el líquido en la piel, donde produce una fuerte irritación que dura un cierto tiempo.

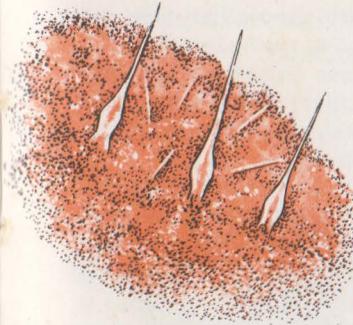


Fig. 11. Pelos urticantes de la hoja de ortiga.

19. Las esencias

Tomar una corteza de naranja o limón. Doblarla rápidamente en la proximidad de una vela encendida. Se observan pequeñas chispas producidas por ciertas sustancias contenidas en aquella y que son *esencias* muy inflamables.

Si se hace un fino corte transversal de la corteza y se tiñe con *Sudán III* durante unos minutos, se puede observar al microscopio cómo existen unas diminutas bolsadas que contienen las esencias producidas por el tejido glandular del fruto y que aparecen teñidas en rojo.

Observar ahora la parte inferior de una hoja de romero con una lupa potente. Aparecen pequeñas gotas de esencia segregadas por glándulas existentes en la hoja y que producen el conocido aroma.

20. Las resinas

Visitar algún pinar resinero. Se ven los troncos de los árboles hendidos por cortes que llegan hasta la zona externa de la madera. Del corte salen lentamente pequeños chorros de una sustancia transparente, amarillenta y de olor característico. Es la *resina*, sustancia segregada por glándulas en forma de diminutos tubitos existentes en el pino y que es recogida en pequeñas vasijas de barro, que se adosan a la incisión producida en el tronco, por tener aplicaciones industriales.

21. El látex

Cortar una hoja de higuera o un tallo de las hierbas llamadas lechetreznas. Diluir rápidamente una parte del líquido blanco que fluye inmediatamente en una gota de agua colocada en un porta. Añadir una gota de agua yodada y cubrir.

Observar con el máximo aumento cómo hay una especie de barritas, algo ensanchadas en sus extremos, y que aparecen teñidas en color violeta, lo que denuncia la presencia del almidón que contienen.

El líquido blanco se llama *látex*. Es una sustancia que se coagula y ennegrece en contacto con el aire y que circula por determinados conductos especiales de ciertas plantas denominados *vasos laticíferos*. Esta sustancia es semejante a la que sirve para fabricar el caucho natural.

Tales son los componentes de las plantas, sus células y sus tejidos. Con ellos se organizan estructuras de categoría superior que son los *órganos* y los *aparatos*, cuyo estudio será objeto del capítulo siguiente.

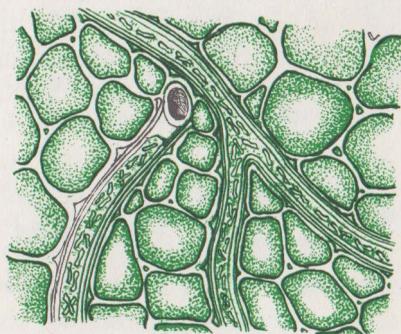


Fig. 12. Tubos laticíferos.

III. LA FORMA Y LA ESTRUCTURA DE LAS PLANTAS

Tras el conocimiento de los componentes más íntimos de las plantas, vamos a pasar a estudiar tanto su *forma* como la *estructura* de sus principales órganos. En la Botánica el estudio de la forma que presentan las plantas es el objeto de la *Morfología vegetal*, y el de su estructura se conoce con el nombre de *Anatomía vegetal*, estando en la mayor parte de los casos íntimamente ligadas y relacionadas, por lo que en nuestro estudio trataremos de exponer conjuntamente como son las plantas «por fuera y por dentro», es decir, su morfología y su anatomía.

ESQUEMA DE LA ORGANIZACION VEGETAL

Esquema de la organización vegetal.

Las plantas en conjunto, al igual que los animales, no responden a un solo tipo de organización con elementos semejantes. Es cierto que si comparamos una buena parte de las plantas que conocemos más de cerca, observaremos que ofrecen un esquema de organización parecido, compuesto por los mismos elementos que sólo varían en ciertos detalles de forma o tamaño.

Pero ya hemos visto en la introducción que el mundo vegetal es amplio y variado en formas y que, por consiguiente, nuestro primer juicio sobre el mundo vegetal queda inmediatamente superado en cuanto se inicie un estudio más profundo de sus formas.

Los científicos que han estudiado el desarrollo de la vida vegetal sobre la Tierra, nos dicen cómo las plantas que conocemos no han aparecido simultáneamente sobre nuestro planeta, sino que a lo largo de sucesivas épocas geológicas, ya muy remotas, las plantas eran muy diferentes de las actuales, sin que en algunas de ellas hubieran aparecido muchas de las especies que ahora conviven con nosotros. Así nos dicen que hubo un tiempo que se remonta a muchos centenares de millones de años, que sólo habitaban sobre la Tierra seres vegetales de organización unicelular y que vivían exclusivamente en los mares. Después, de un modo lento, pero sin descanso, fueron apareciendo plantas pluricelulares cada vez más complejas y siempre habitantes del medio líquido.

Un gran paso en la evolución de los vegetales debió constituirlo la adaptación de ciertas plantas acuáticas a la vida en tierra firme. Todavía eran plantas de organización no muy complicada, que cubrían las extensas zonas de pantanos de aguas templadas o calientes. Estas primeras plantas semiterrestres, casi podríamos decir «anfíbias», fueron desarrollándose paulatinamente y a favor de condiciones climatológicas diferentes de las actuales, en cuanto a humedad, temperatura y cantidad de anhídrido carbónico en el aire. Se formó una flora verdaderamente extraordinaria y gigantesca, cuyos restos orgánicos transformados han llegado hasta nosotros en forma de carbón y al parecer de petróleo.

Durante dicho período, llamado Carbonífero por los geólogos, ya existían plantas pertenecientes a familias existentes en la actualidad, pero cuyos representantes eran especies diferentes y ya extinguidas. Los grandes bosques existentes en tal período debían presentar un aspecto bien diferente de las selvas actuales, porque

todavía no existía ninguna especie de plantas con flores como las que conocemos ahora y aún tuvieron que pasar varios millones de años, casi doscientos, hasta que la flora tomase el aspecto que nos presenta actualmente, con sus bosques y praderas, estepas y tundras. Todo este proceso evolutivo tan impresionante a lo largo de lapsos enormes de tiempo, ha llevado aparejada la aparición de muchas especies vegetales y la desaparición de otras que no conocemos nada más que por sus restos.

La flora actual, por lo tanto, está compuesta por representantes de la mayoría de los grandes grupos vegetales que fueron apareciendo sobre la Tierra a lo largo de su dilatada historia, por lo que forzosamente el Reino Vegetal es muy diverso en cuanto a sus formas, mostrando una evidente transición desde los vegetales más sencillos, unicelulares y acuáticos, hasta los gigantes arbóreos que pueblan nuestras selvas.

LOS TIPOS DE ORGANIZACION DE LAS PLANTAS

Si hacemos un estudio de conjunto de la forma y estructura de las plantas, que los botánicos han realizado para nosotros a lo largo de muchos años, nos encontramos con que los vegetales pueden reducirse a dos tipos esquemáticos de organización, pudiéndose admitir la existencia de algunas formas intermedias entre ambos.

En primer lugar nos encontramos con plantas unicelulares o pluricelulares, pero cuyas células integrantes se unen entre sí longitudinalmente, formando filamentos, o superficialmente, dando lugar a expansiones laminares. Tales plantas son generalmente habitantes de medio líquido o lugares húmedos y la masa celular que las constituye, se considera por los botánicos como un falso tejido, un *seudo-tejido*, por lo que su aparato vegetativo no presenta verdaderos órganos, siendo denominado *talo*. Las plantas cuyo esquema de organización corresponde al tipo talo se llaman *Talófitas* y se comprenden en ellas las *Algas* y los *Hongos*.

El otro esquema de organización nos presenta plantas con verdaderos tejidos, cuyo estudio hicimos en el capítulo anterior. Los tejidos dan lugar a verdaderos órganos cuyo conjunto da origen al aparato vegetativo denominado *cormo*, que consta de dos partes fundamentales: una de crecimiento generalmente subterráneo, la *raíz*, y otra totalmente aérea, el *brote*, que a su vez consta del *tallo*, como eje de crecimiento y las *hojas*. Por lo tanto podemos afirmar que el cormo está formado por *raíz*, *tallo* y *hojas*, siendo el aparato vegetativo de las plantas denominadas *Cormófitas*.

Las cormófitas no son totalmente homogéneas, sino que comprenden una amplia gama de formas más o menos evolucionadas. Así en el extremo de mayor simplicidad aparecen plantas de organización muy sencilla, de tejidos conductores, que carecen prácticamente de tejidos conductores y desde luego, sin flores ni semillas. Son las llamadas *Briófitas*, cuyos representantes más conocidos son los *musgos* (1).

Un grado más de la organización vegetal nos lleva a plantas con cormo bien desarrollado, con tejidos conductores, pero que aún carecen de flores y semillas.

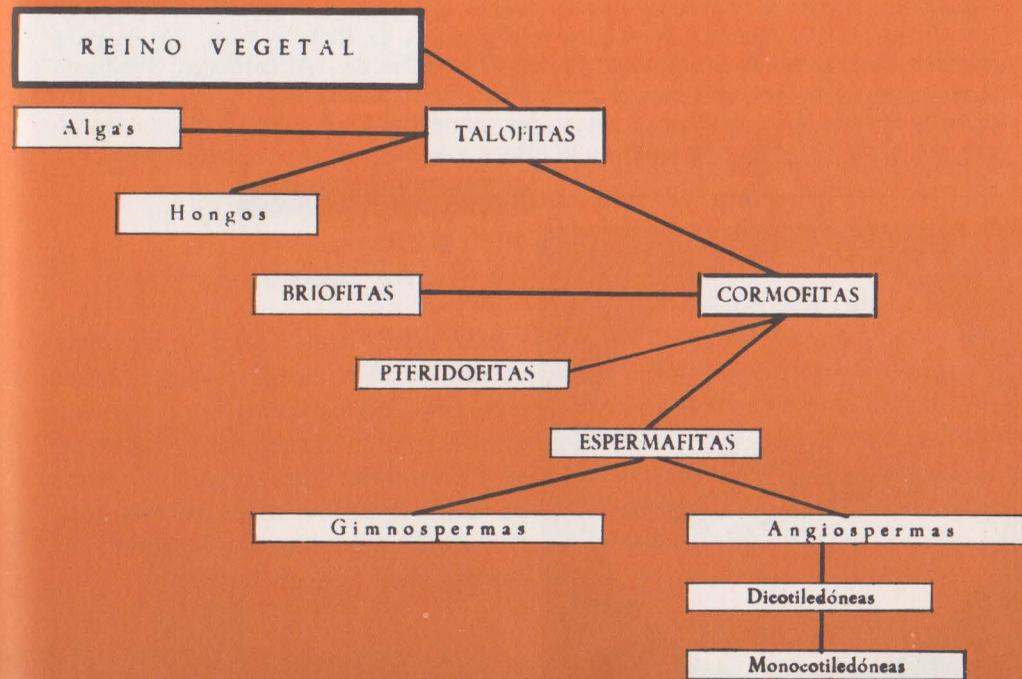
(1) Muchos autores sitúan a las Briófitas en un lugar intermedio entre las Talófitas y las Cormófitas. Entre las propias Briófitas existen plantas, como las Hepáticas, casi taliformes, mientras que los musgos más evolucionados son prácticamente Cormófitas típicas.

Tales plantas tuvieron una enorme importancia en períodos geológicos anteriores, tanto en formas como en tamaño, quedando ahora representantes más modestos que apenas alcanzan algunos metros en los de mayor tamaño. Las más conocidas son los *helechos* y son llamadas científicamente *Pteridófitas*.

El último paso en la evolución vegetal nos presenta las plantas con flores y por consiguiente con semillas. Son las llamadas *Antófitas* (de fitón, planta y antos, flor) o *Espermáfitas* (de fitón, planta y sperma, semilla) y que comprenden la mayor parte de las plantas que nos rodean. Aún, sin embargo, hay que diferenciar aquellos vegetales que forman sus semillas al descubierto, sin que queden encerradas en ninguna cavidad especial, teniendo además flores insignificantes y rudimentarias. Por tal propiedad se llaman *Gimnospermas* (de gymnos, desnudo y sperma, semilla) y entre ellas están los pinos, abetos y cipreses, tan conocidos de todos. Las restantes plantas forman sus semillas encerradas en una cavidad especial, llamada *ovario*, por lo cual se llaman *Angiospermas* (de angeion, vaso o receptáculo y sperma, semilla).

Las Angiospermas tienen flores muy vistosas en su mayoría y a ellas pertenecen plantas tan conocidas como el rosal, el geranio, el lirio, el álamo, el cerezo, el maíz, etc. Se diferencian aún por el modo de germinar de la semilla. Si en tal momento aparecen dos hojitas iniciales que se llaman *cotilédones*, las plantas son denominadas *Dicotiledóneas* y si por el contrario, es una sola hojita la que inicia la vida de las plantas, tenemos las llamadas *Monocotiledóneas*. Entre las primeras podemos encontrar el guisante, el haba, el almendro o el avellano. Entre las últimas, todos los cereales, la palmera, el tulipán o la pita.

Con ello hemos dado una vista panorámica a la organización del mundo vegetal que puede resumirse así:



LAS TALOFITAS

Las Algas.—Son plantas uni o pluricelulares que pueblan todas las aguas e incluso ciertos lugares húmedos. Ellas forman el «verdín» de los troncos de los árboles o de algunas paredes sombrías. Su tamaño va desde el microscópico de las algas unicelulares, hasta más de 150 metros de longitud, como algunas grandes algas que habitan en el Mar del Norte.

Aunque ya hemos dicho que habitan en todas las aguas, su lugar preferido es el mar donde se encuentran grandes cantidades de algas de todas clases. En el centro del Atlántico se encuentra el llamado mar de los Sargazos, enorme pradera flotante formada por una enorme cantidad de algas, algunas muy grandes y que poseen una especie de vejigas flotadoras para no hundirse en el agua. Esta enorme pradera era temida por los navegantes en tiempos de la navegación a vela, ya que las embarcaciones tropezaban con grandes dificultades para moverse en medio de la masa vegetal flotante.

Las algas son plantas *autótrofas*, presentando siempre clorofila que en ocasiones aparece enmascarada por otros pigmentos pardos, azules o rojos. Parece ser que la diferente coloración está relacionada con la profundidad a que viven estas plantas, ya que la luz solar que llega a las distintas capas de agua, va disminuyendo con la profundidad y la coloración de las algas permite que puedan absorber aquellas radiaciones luminosas más penetrantes. Así por ejemplo, las algas más superficiales son siempre las que tienen pigmentos azules y las que viven a mayor profundidad, cerca de 200 metros, son algas rojas (*Rodofíceas*).

Las algas son muy interesantes porque ellas representan el 90 por 100 de toda la materia orgánica sintetizada por las plantas verdes y son la fuente de los alimentos que toman los habitantes de los mares. Las algas han contribuido a la formación de los yacimientos de abonos nitrogenados de Chile y Perú. Sirven para alimento del hombre en algunos países y también de los animales. Producen numerosos productos químicos o medicinales y actualmente se están realizando ensayos encaminados a obtener sustancias alimenticias en gran escala de las algas, con el fin de poder alimentar en el futuro a la creciente población humana.

Fig. 13. *Euglena*, Alga unicelular móvil.



EXPERIMENTOS

22. Observación de algas unicelulares

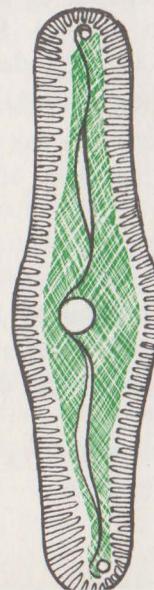
De agua estancada que presente color verdoso acentuado se toma una pequeña cantidad en un frasco que se puede transportar fácilmente y conservar durante mucho tiempo. Colocar sobre un porta una gota del agua recogida, protegiendo la preparación con un cubre.

Se debe enfocar con el objetivo de menos potencia y después con el más potente que se posea. Aparece entonces un mundo maravilloso y extraordinariamente sugestivo, formado por una multitud de diminutos seres animales o vegetales que se mueven o permanecen quietos en el campo del microscopio. Prescindiendo de los animales, dirigir la atención hacia las algas unicelulares, que distinguiremos perfectamente por sus cloroplastos verdes.

Algunas son móviles y podremos ver cómo su movimiento es producido por el giro de uno o más «pelitos», llamados *flagelos*. Veremos algunas algas de aspecto fusiforme que se mueven velozmente, y si observamos bien distinguiremos su núcleo en la parte central, sus cloroplastos, su flagelo bastante largo y una curiosa mancha rojiza situada en su parte anterior, que parece ser un ojo rudimentario, rasgos todos ellos insospechados en un vegetal. Estos extraordinarios seres se llaman *Euglenas* y pertenecen a un grupo de algas, siempre unicelulares, llamadas *Flageladas*.

Siguiendo nuestra observación veremos otras algas de organización muy sencilla y que presentan una coloración azulada. No tienen núcleo visible y en general no se mueven, siendo las algas más sencillas que se conocen. Pueden ser esféricas y filamentosas. Son las algas azules o *Cianofíceas*.

Fig. 14. Una diatomea.



Por último encontramos unos extraños seres, de forma alargada y extremos puntiagudos o redondeados, de color pardo-amarillento y que parecen tener una especie de cápsula en la que se pueden observar con un microscopio adecuado una serie de relieves muy delicados y curiosos. Estos diminutos seres, muy frecuentes en las aguas dulces y en los mares, son algas *Diatomeas*, cuya célula está recubierta por una especie de estuche silíceo llamado *frústulo*, formado por dos valvas que ajustan entre sí como una caja y su tapa. Abundan tanto en los mares que sus restos silíceos, depositados a lo largo de muchos años, forman una especie de roca llamada *trípoli* y que se emplea en la fabricación de la dinamita.

23. El «verdín» de los árboles

Raspar con cuidado un poco del «verdín» que cubre el tronco de los árboles. Colocar una pequeña cantidad sobre un porta con una gota de agua y separarlo cuidadosamente con una aguja enmangada. Una vez hecha la preparación, protegerla con un cubre y observar con el objetivo de mediano aumento, después de haber enfocado con el menos potente.

Se pueden ver algas unicelulares con una gruesa pared celular y con numerosos cloroplastos. Algunas algas se encuentran en división o se han dividido ya, pero quedan unidas, formando una especie de colonia compuesta de unas pocas células. El «verdín» de árboles y paredes está formado por algas pertenecientes generalmente al género *Pleurococcus* y forman parte de la gran división de las *Cloroficeas*, caracterizadas por su color verde, y en la que se agrupan tanto algas unicelulares como pluricelulares, de aguas dulces y del medio marino. Entre ellas se encuentra la llamada «lechuga de mar» (*Ulva lactuca*), frecuente en las costas.

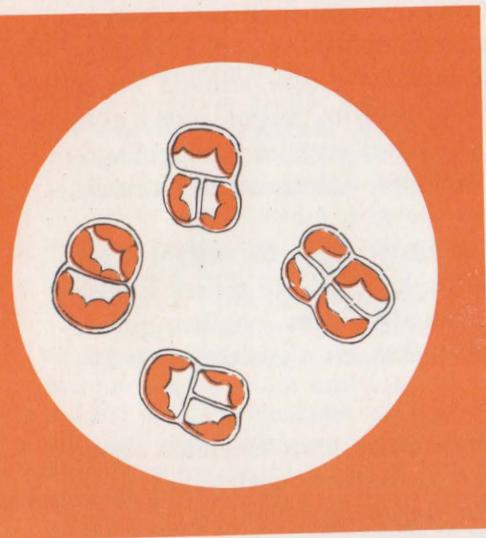


Fig. 15. Algas unicelulares del «verdín».

24. Un alga filamentosa

De un estanque o corriente de agua tranquila recoger una parte de la maraña de algas filamentosas que se encuentran frecuentemente y que pueden conservarse durante mucho tiempo en un recipiente de cristal, siempre que se renueve el agua de vez en cuando y se mantenga en un lugar iluminado.

Escoger unos cuantos filamentos, montarlos entre porta y cubre con una gota de agua.



Fig. 16. La *Spirogyra*.

25. El fuco

En muchas costas (1) puede encontrarse sobre las rocas, en el mismo nivel de las mareas, el fuco o encina de mar, alga perteneciente al género *Fucus*, muy extendido por todos los mares.

Obsérvese primero en el agua. Es un alga bastante grande, que puede alcanzar varios decímetros de longitud y que flota en el agua. Sobre la roca a la que se fija presenta una especie de disco aplastado y ramificado, que le sirve para adherirse al soporte rocoso. A partir del disco fijador existe una expansión laminar alargada, reforzada en su parte central, que se va ramificando de dos en dos (ramificación dicotómica), hasta terminar en unas expansiones laminares casi redondeadas a modo de falsas hojas.

(1) En España, preferentemente en la costa cantábrica.

Enfocar primero con el objetivo de menor potencia, recorriendo cada filamento en toda su longitud, para lo cual se mueve la preparación suavemente en la dirección conveniente. Los buenos microscopios tienen una platina móvil que permite seguir el filamento mediante el giro de un par de tornillos.

Observar que el filamento está formado por células rectangulares, situadas una a continuación de otra. El filamento, observado después con mayor aumento, presenta un grueso núcleo y una cubierta externa mucilaginosa, que hace que estas algas sean tan resbaladizas. Pero lo que llama la atención es que la clorofila está reunida en una especie de banda arrollada en espiral, verde y continua, que recorre todo el filamento de célula a célula. Esta disposición, llamada *cromatóforo*, es particular de estas algas, que por tal razón se llaman *Spirogyra*.

Estas algas filamentosas pertenecen en su mayoría a un grupo que se caracteriza por su especial modo de reproducir y sobre el cual volveremos más adelante. Se llaman *Conjugadas*.

Fig. 17. El fuco, un alga parda.



Llama la atención el color pardo oscuro del fuco, que además de la clorofila lleva otros pigmentos, como la *fucoxantina*, a los que debe su color. Si se arranca de la roca y se observa detenidamente con la ayuda de una lupa se verá que en la base de las ramificaciones lleva unos abultamientos que sirven para la flotación, llamados *aerocistos*, y que contienen gases en su interior.

También en los extremos de algunas de las últimas ramificaciones aparecen unos engrosamientos, mayores que los anteriores, de forma ovoide, y cuya superficie presenta a la lupa un aspecto áspero. En ellos se encuentran los órganos de la reproducción, que en el fuco es muy interesante y sobre la cual hablaremos en un capítulo posterior.

El fuco, los sargazos, las laminarias y otras muchas algas pardas pertenecen a la clase de las *Feoficeas*, extensamente repartidas y que tienen muchas de ellas aprovechamiento industrial. Así, del fuco se extrae yodo y en grandes cantidades se emplea como abono.

Además de las clases mencionadas existe otro grupo de algas, las *Rodoficeas* o algas rojas, cuyo pigmento se llama *ficoeritrina*. Viven a ciertas profundidades y algunas de ellas presentan curiosas incrustaciones calizas, que les da aspecto de coral, conviviendo con las madreporas en la formación de los arrecifes.

LOS HONGOS

Son talófitas uni o pluricelulares que carecen de clorofila. Este es uno de los muchos misterios de la Naturaleza y los científicos todavía no han llegado a explicar satisfactoriamente, tanto el origen de los hongos como el por qué son los únicos vegetales que carecen de pigmentos fotosintéticos. Algunos botánicos dicen que los hongos son algas que han perdido su clorofila por adaptación a otros modos de vida, pero esto no pasa de ser una hipótesis.

Tal carencia obliga a estos seres, que no pueden tener nutrición autótrofa, a tomar su alimento en forma semejante a los animales, es decir, directamente en forma orgánica, por lo que su nutrición es heterótrofa. Por consiguiente los hongos se ven obligados a vivir sobre sustancias orgánicas, una vez en descomposición como ocurre con los innumerables hongos que viven sobre los restos vegetales que cubren el suelo de los bosques. Otras veces son ellos mismos los que producen la descomposición de materias orgánicas, sólidas o líquidas, como hacen los *mohos* y *levaduras*, siendo algunas de las citadas descomposiciones, las *fermentaciones*, aprovechadas industrialmente por el hombre. Este modo de vida se denomina *saprotitismo* y los hongos que viven así se llaman *saprófitos*.

Otros hongos viven sobre organismos vivos, vegetales, animales e incluso el hombre, a los cuales pueden producir enfermedades. Tal forma de vivir se llama *parasitismo*, siendo el hongo el *parásito* y el vegetal o animal del cual se nutre

el *huésped*. Entre las enfermedades *fúngicas* que puede padecer el hombre se encuentran el pie de atleta y las tiñas.

Sin embargo, las enfermedades que producen los hongos parásitos tienen enorme importancia en los vegetales. Así las pérdidas producidas anualmente en las cosechas de cereales por el ataque de las llamadas *royas*, se evalúan en el mundo entero en muchos millones de pesetas y lo mismo puede decirse de las pérdidas que se producen en las vides por el *oidio* y el *mildiú*. A mediados del siglo XIX, entre 1843 y 1847, se produjo en Irlanda la destrucción de sus patatales por la invasión del hongo conocido como *podredumbre de la patata* (*Phytophthora infestans*). Como entonces la base de la alimentación en dicho país era el citado tubérculo, la pérdida de las cosechas determinó un hambre pavorosa, que motivó la muerte de millares de personas y la emigración de casi un millón de irlandeses a los Estados Unidos.

Algunos hongos para poder vivir se asocian con algas, de las que reciben su alimento orgánico y a su vez les suministran la humedad que requieren tales organismos. En esas condiciones pueden vivir en lugares donde no resisten otras plantas, sobre las rocas peladas, adheridos a los troncos de los árboles y formando casi exclusivamente la vegetación que llega al límite de los hielos polares. Estas curiosas asociaciones no son las únicas en la Naturaleza y se conocen con el nombre de *simbiosis*. Las asociaciones *simbióticas* entre algas y hongos se han estudiado en la Botánica como plantas independientes con el nombre de *Líquenes*.

Los hongos pueden ser unicelulares, como las levaduras o pluricelulares, estando entonces formado su aparato vegetativo por una especie de filamentos que se llaman *hifas* y que se agrupan dando lugar a una masa que se denomina *micelio*. Este, en ocasiones, tiene aspecto *algodonoso* o afieltrado, otras presenta aglomeraciones de hifas que se llaman *estromas* que, por último, pueden ser muy compactas, dando lugar a unos cuerpos duros denominados *esclerocios*.

Entre los hongos se encuentran los numerosos mohos que viven sobre materias orgánicas, algunos de los cuales producen sustancias tan extraordinarias como son los *antibióticos*, el primero de los cuales, la *penicilina*, fue descubierto en 1929 por el sabio inglés SIR ALEXANDER FLEMING y que fue el comienzo de una auténtica revolución en el tratamiento de las enfermedades, hasta el punto de que nuestro tiempo puede ser llamado la «Era de los antibióticos». De ellos se conocen actualmente más de 5.000, aunque no todos, sino sólo unos cuantos, se emplean en medicina.

Conocidas de todos son las llamadas «setas» que constituyen el aparato reproductor de un determinado tipo de hongos, que viven saprofiticamente en la materia vegetal en descomposición que cubre el suelo de los bosques y que se llama *humus*. Entre las «setas» las hay comestibles, siendo profusamente cultivado el champiñón (*Psalliota campestris*), pero también las hay venenosas, llegando algunas, como la *Amanita phalloides*, a producir la muerte. Por ello es conveniente siempre tener mucho cuidado con las «setas», evitando comer todas aquellas que no ofrezcan garantías aunque tengan aspecto inocente y hasta atractivo, ya que fácilmente se confunden las especies comestibles con las venenosas, incluso para los «expertos locales» que tanto abundan, pudiendo producirse accidentes irreversibles.

EXPERIMENTOS

26. La levadura de cerveza

Tomar una pequeña cantidad de levadura de cerveza y hacer una suspensión en una gota de agua sobre un porta. Proteger con el cubre y enfocar el objetivo de mayor potencia.

Se ven células redondeadas o elípticas generalmente aisladas y algunas unidas en corto número, formando cadenas de células de tamaño decreciente, que están en división mediante un curioso proceso llamado *gemación*. Las células tienen bien patente la pared celular, un citoplasma granuloso y un gran vacúolo central, al que está unido el núcleo.

Si se añade a la suspensión un poco de agua yodada, aparecen granulaciones de color pardo-rojizo en el citoplasma, que están constituidas por *glucógeno*, sustancia semejante al almidón desde el punto de vista químico.

Las levaduras son prácticamente los únicos hongos unicelulares y componen un grupo bastante homogéneo en formas y comportamiento bioquímico. Muchas de ellas producen *fermentaciones* que el hombre aprovecha para la obtención de alimentos y bebidas, como el pan, el vino y la cerveza. La levadura de cerveza se llama científicamente *Saccharomyces cerevisiae*.

27. El moho blanco

Se expone al aire un trozo de pan humedecido durante una hora. En este tiempo se depositan sobre su superficie ciertos gérmenes, llamados *esporas*, del moho blanco del pan. Después se cubre con una campana o un simple vaso de cristal para preservarlo del polvo y mantener al mismo tiempo la humedad necesaria. A los pocos días observar lo ocurrido con la ayuda de una lupa.

El pan aparece cubierto por una especie de pelusa de color blanco. Es el aparato vegetativo de un hongo, el moho blanco del pan (*Mucor mucedo*), formado por unos filamentos llamados *hifas* y cuyo conjunto

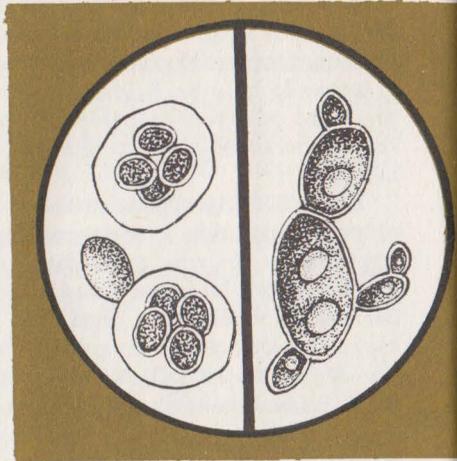


Fig. 18. Diversos tipos de levaduras.

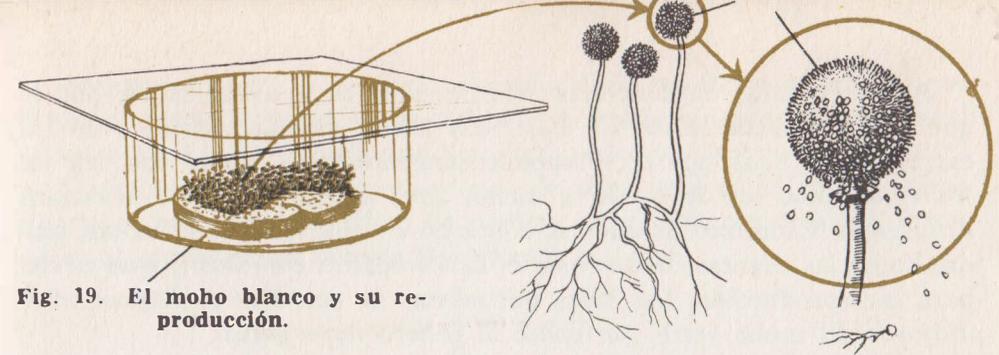


Fig. 19. El moho blanco y su reproducción.

forma el *micelio*. Las hifas más viejas presentan en sus extremos unas bolitas muy negras, que son los aparatos reproductores, llamados *esporangios*, y en cuyo interior se encuentran las *esporas*.

Tomar una pequeña parte del micelio y montarla entre porta y cubre con una gota de agua, o mejor con glicerina diluida. Se observan las hifas a modo de pequeños tubos, sin tabiques de separación y con numerosos núcleos esparcidos en el citoplasma común. Tal disposición es específica de este tipo de hongos y sus hifas se llaman *sifonadas*. En el extremo de algunas hifas aparece un engrosamiento llamado *columnilla*, rodeado del esporangio, en cuyo interior se ven numerosas bolitas, que son las esporas.

El moho del pan pertenece a los hongos *Ficomycetos*, entre los cuales hay especies parásitas, como el que produce la podredumbre de la patata (*Phytophthora infestans*).

28. El moho verde

Hacer la misma operación con el pan humedecido descrito en el experimento anterior. Después del moho blanco aparece el moho verde, que recubre el pan de un modo continuo y compacto. Dejar que crezca bien durante unos cuantos días.

Tomar una pequeña cantidad del moho con unas pinzas, extenderla sobre un porta con una gota de agua, separando bien sus partes con la aguja enmangada. Proteger con el cubre y observar con el objetivo de máxima potencia.

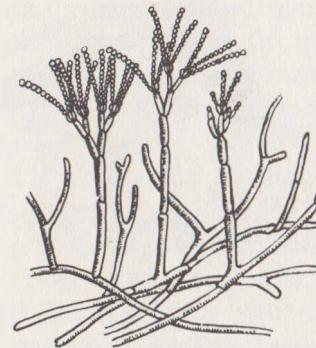


Fig. 20. Observación al microscopio de un moho.

Aparecen hifas cuya células están separadas unas de otras, por lo que se denominan *tabicadas*. Las hifas tienen ramificaciones, y en los extremos de ellas aparecen unos ensanchamientos, sobre los que se insertan, como los dedos de la mano, unos apéndices cortos, llamados *esterigmas*. Cada uno de ellos se continúa en una serie de esferitas, unidas como las cuentas de un rosario, denominadas *conidios*, y que sirven para la reproducción. Las hifas portadoras de conidios se llaman *conidióforos*. El moho verde pertenece al género *Aspergillus*.

29. El moho del queso

De una pequeña cantidad de queso de Roquefort tomar un poco de la parte verde que aparece en su interior. Hacer con ella una suspensión sobre un porta con una gota de agua. Protegerla con un cubre y observar con el máximo aumento.

Aparecen unas hifas tabicadas y conidióforos semejantes a los del moho verde. El moho del queso se llama científicamente *Penicillium roqueforti*, y de un hongo de este mismo género, el *P. notatum*, extrajo FLEMING la *penicilina*.

Las levaduras, el moho verde, los *Penicillium* y otros muchos hongos, algunos de ellos parásitos de plantas, animales o del hombre, pertenecen a un importante grupo llamada *Ascomycetos*.

30. El hongo campestre o champiñón

En un cultivo de champiñón (1) coger una de las «setas», pero separando con ella, por medio de una espátula, la parte de estiércol que hay en su base. Separar con cuidado el estiércol y observar que aparece el micelio blanco del hongo, masa filamentosa que es el verdadero aparato vegetativo, y del cual se forman las «setas». Observar cómo una de ellas se encuentra fija a una de las hifas, como si fuera su raíz. Lavar las hifas y montar unas cuantas entre porta y cubre con una gota de agua.



Fig. 21. El hongo campestre.

(1) Puede hacerse también este experimento con una «seta» silvestre de las que se encuentran en el suelo del bosque.

Observando con el máximo aumento aparecen hifas tabicadas que presentan varios núcleos entre cada dos tabiques o *septos*. (Del aparato reproductor [seta] se hará una detallada observación en el Capítulo V.)

Todas las «setas» y otros hongos de aspecto muy diferente, como las *royas*, que viven parásitos de plantas, especialmente cereales, pertenecen al grupo de los hongos *Basidiomicetos*.

LAS BRIOFITAS

Musgos.—En el bosque, sobre el tronco de los árboles, sobre algunos muros sombríos y húmedos, crecen unas plantas pequeñas que forman una especie de pequeño tapiz de color verde intenso. Son los *musgos*, pequeñas plantas que forman la división de las *Briófitas* y que por su forma y estructura están situadas entre los dos grandes grupos vegetales, *Talófitas* y *Cormófitas*.

EXPERIMENTO

31. Estudio de un musgo

Coger una pequeña parte del musgo de las paredes. Con las pinzas separar una de las plantitas y observarla con la lupa. Parece ya una planta como las que conocemos más familiarmente, pero aún existen diferencias notables. En su parte inferior, para sujetarse al suelo y tomar el alimento líquido, existen unas especies de raíces, llamadas *rizoides*, y son muy sencillas, faltando la estructura, que después estudiaremos en una raíz típica.

La planta está formada por un eje de unos pocos milímetros, generalmente no ramificado, y a su alrededor se disponen en espiral unas pequeñas expansiones laminares a modo de hojas. En su parte superior o apical está inserto una especie de filamento liso, que termina en una capsulita de color amarillento. Este conjunto de filamento y capsula no forma realmente parte de la planta; se llama *esporogonio*, y en él se producen las esporas que intervienen en el curioso ciclo biológico de los musgos. (Ver Capítulo V.)

Quitar las hojitas y observar el eje central, que representa una especie de tallo elemental. Observarlo al microscopio entre porta y cubre con una gota de agua y el menor aumento. Aparecen células con cloroplastos hacia la parte externa y otras alargadas, que constituyen un elemento conductor de agua hasta las hojas.

Arrancar las hojitas y observarlas al microscopio. Presentan una sola capa de células con cloroplastos y una especie de *vena central* con elementos conductores.

Como puede verse, los musgos ya no tienen la organización tan simple como las Talófitas. Hay ya una diferenciación más acusada de sus elementos estructurales y una forma semejante a las Cormófitas, con rizoides y un brote sencillo. Pero hay Briófitas más elementales que los musgos, las *Hepáticas*, que son casi taliformes y recuerdan en muchos rasgos a las algas verdes, de las cuales se supone que proceden.

En ciertos lugares húmedos y fríos aparecen unos grandes musgos, de hasta medio metro de altura, llamados *esfaños* (*Sphagnum*), que crecen abundantemente en zonas pantanosas, formando grandes masas de vegetación y creciendo sobre sus propios restos muertos; originan depósitos abombados y de paso peligroso, que se llaman *turberas*. De ellas se extrae un combustible de baja calidad, denominado *turba*.



Fig. 22. El musgo.

LAS CORMOFITAS

Estudio del helecho.—Los helechos son Cormófitas típicas y pertenecen a un grupo llamado *Pteridófitas*. En ellas ya se encuentran los elementos fundamentales del aparato vegetativo del tipo *cormo*, la *raíz* y el *brote*. La raíz sirve de sostén al vegetal en el suelo y por ella absorbe el agua y sales minerales en disolución, que forman una parte importante de su nutrición. El brote es la parte aérea y consta del *tallo* como eje central de crecimiento y las *hojas*, donde se realiza la fotosíntesis de las sustancias orgánicas.

Las Pteridófitas actuales comprenden plantas de no muy gran tamaño, aunque algunos helechos arborescentes tropicales pueden llegar a los 5 metros de altura. Entre ellas se encuentran actualmente los helechos (*Filicales*), equisetos o colas de caballo (*Equisetales*) y selaginelas (*Licopodiales*), que en épocas geológicas anteriores tuvieron representantes formidables y que ahora son modestas plantas herbáceas en su mayoría.

Carecen siempre de flores y de semillas. Su reproducción y consiguiente ciclo biológico es muy interesante y será estudiado más adelante. (Cap. V).

EXPERIMENTO

32. El helecho común (*Polypodium vulgare*)

En nuestros montes se encuentra en gran abundancia el helecho común formando aglomeraciones, llamadas *helechales*. En la primavera es posible observar cómo aparecen sobre el suelo unas hojas arrolladas sobre sí mismas y que poco a poco se van extendiendo. Si alrededor de algunas de ellas se cava con cuidado, es posible observar una especie de grueso tallo subterráneo, que puede parecerse a una raíz, y que se llama *rizoma*, del cual brotan las hojas y las raíces. El rizoma ha permanecido durante todo el invierno en estado de reposo en el interior de la tierra.



Fig. 23. El helecho común.

Si arrancamos el rizoma con la tierra que rodea las raíces y lo trasladamos a una maceta, llenándola con la misma clase de suelo vegetal del helechal, podremos cultivar el polipodio y seguir su crecimiento. La maceta debe mantenerse en lugar bien ventilado y no expuesto directamente a la luz solar, regándola, además, abundantemente.

Poco a poco las hojas se van extendiendo y crecen, alcanzando un gran tamaño, siendo muy ornamentales con su forma recortada delicadamente y su color verde claro. Tales hojas se llaman *frondes*, siendo su parte superior el *haz* y la inferior el *envés*. Pues bien: en el envés de los frondes pueden verse a simple vista unos abultamientos redondeados y que toman un color oscuro, denominados *soros*. Estos, exami-

nados con una lupa potente, aparecen como una especie de sombrilla achatada, que se llama *indusio*, y que protege unos organitos que son *esporangios*, en los que se forman las esporas que intervienen en la reproducción y en el ciclo biológico del helecho. (Ver Capítulo V.)

Como hemos podido comprobar, el helecho consta de raíz, tallo (en este caso, subterráneo) y hojas, órganos todos bien desarrollados y que corresponden al tipo de organización de las Cormófitas; pero, sin embargo, carecen de flores y de semillas.

ESTUDIO DE LA RAIZ

Ya sabemos que la raíz es el órgano subterráneo de las Cormófitas. Crece siempre en dirección al centro de la Tierra, fenómeno que se llama *geotropismo positivo*. La raíz, cuya doble misión de soporte y órgano nutricio ya conocemos, tiene una morfología y una estructura que podremos conocer mediante unos cuantos experimentos que se explican a continuación.

EXPERIMENTOS

33. La forma de la raíz

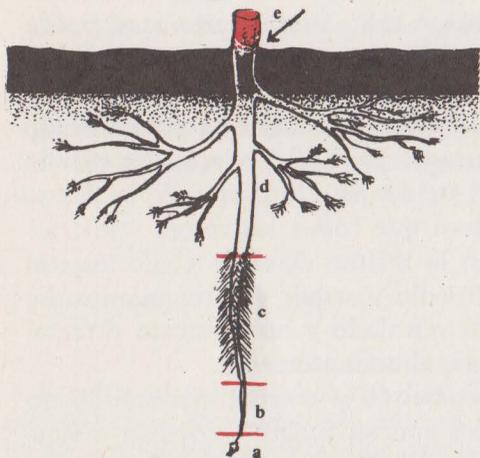


Fig. 24. Esquema de una raíz típica: a) cofia; b) zona de crecimiento; c) zona pilifera; d) región lisa; e) cuello.

Se toman unas cuantas habichuelas, garbanzos o guisantes. Se colocan entre algodón en un plato o fuente pequeña, manteniéndolo constantemente húmedo. Obsérvese a diario y se verá cómo *germinan*, es decir, se desarrolla en las semillas el *embrión*, que dará lugar a una nueva planta. Lo primero que se observa es la aparición de una raicilla de color blanquecino, que trata de hundirse en el algodón. Posteriormente aparece un tallito, cuyas primeras hojas son los *cotiledones*, en este caso dos, por lo que las semillas que hemos tomado son *Dicotiledóneas*.

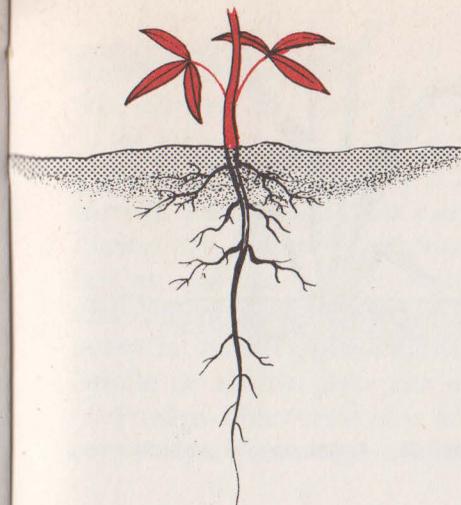


Fig. 25. Raíz axonomorfa.

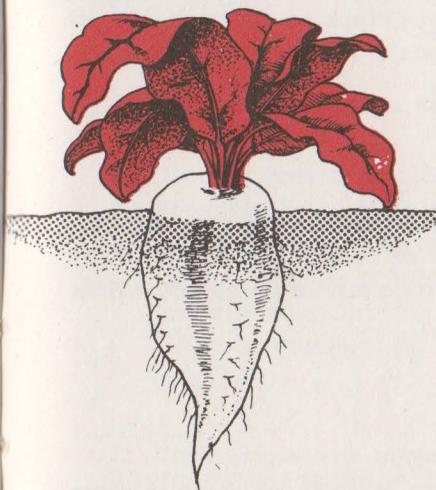


Fig. 26. Raíz pivotante.

Al cabo de varios días podemos hacer un estudio detallado de la morfología de la raíz, que para entonces se habrá ramificado, emitiendo unas raicillas laterales, que crecen oblicuamente respecto a la primera. La raíz *principal* presenta en su extremidad una especie de capuchón, que se llama *cofia* o *pilorriza* y tiene la misión de proteger los delicados tejidos internos del roce de los granos de tierra cuando la raíz va creciendo y penetrando en el suelo.

Encima de la cofia hay una corta zona, llamada *región de crecimiento*, única por la cual se produce el alargamiento de la raíz, y en cuyo interior se encuentra el meristema primario que ya conocemos. Siguiendo hacia arriba, se encuentra una región enteramente cubierta de abundantes pelitos blancos, que se llaman *pelos absorbentes*, a través de los cuales se produce la absorción del agua con sales disueltas.

La última parte de la raíz se llama *región lisa*, siendo impermeable al agua, y en ella aparecen las raíces laterales o *secundarias*, que crecen en dirección oblicua a la raíz principal. Esta termina en las plantas al nivel del terreno, uniéndose al tallo por una zona algo estrechada, denominada *cuello*.

El tipo de sistema radical que hemos descrito, que consta de una raíz principal y de numerosas raíces secundarias, se llama *axonomorfo*. Si la raíz principal se carga de sustancias de reserva, engrosando extraordinariamente, tenemos la raíz *napiforme* o *pivotante*. Observando una zanahoria, remolacha o rábano podremos tener un ejemplo de este tipo de raíz.

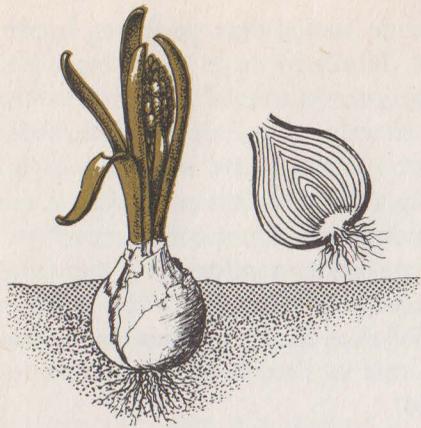


Fig. 27. Raíz fasciculada.

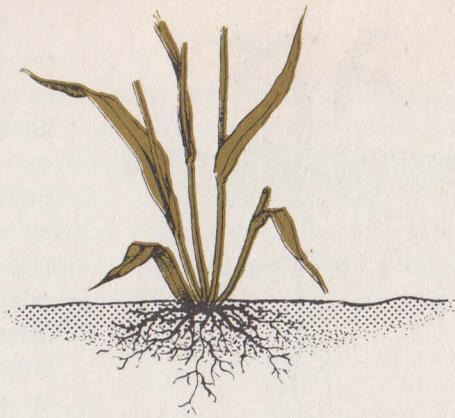


Fig. 28. Igual que el anterior

35. La raíz fasciculada

Póngase un bulbo de cebolla, jacinto o tulipán suspendido en un frasco de boca ancha, lleno de agua ligeramente salada, de manera que la parte inferior de aquél quede ligeramente bañada por el líquido. Al cabo de varios días se ven aparecer en esa parte numerosas raíces del mismo tamaño e idéntica forma, que no se ramifican y que forman una especie de cabellera.

Este tipo de raíz, en el que no hay una principal, se llama *fasciculada* y es propia de las plantas *Monocotiledóneas*, a las que pertenecen los bulbos citados.

34. Raíces adventicias

Observar los tallos de hiedra que crecen trepando por las paredes. Ver cómo en muchos puntos salen penachos de raíces cortas, que sujetan la planta, agarrándose a la pared. Este tipo de raíz se llama *adventicia* y aparece en lugares anómalos de la planta.

LA ESTRUCTURA DE LA RAÍZ

Podrá estudiarse dando cortes transversales para observar las distintas capas de tejidos que aparecen. Aunque formada por elementos semejantes, no es totalmente idéntica la estructura de la raíz en las dicotiledóneas (haba, guisante) y en las monocotiledóneas (maíz, cebolla). Tales diferencias quedan muy patentes en los experimentos siguientes.

EXPERIMENTOS

36. Corte de la raíz de haba

Se hacen cortes transversales de la raíz de haba que hemos puesto a germinar, a la altura de la región de los pozos absorbentes. Para favorecer la observación de la estructura se hace con todo cuidado una doble tinción con *safranina* y *hematoxilina* (1), que diferencia las zonas lignificadas, que aparecen en *rojo*, de las zonas celulósicas, que aparecen en *azul violeta*. La preparación se observa primero con objetivo de menor potencia, para ver el conjunto de la estructura, y después se precisa el detalle de alguna parte con el objetivo de máxima potencia.

Pueden observarse *dos zonas concéntricas*: una exterior o *cilindro cortical* y otra interna o *cilindro central*.

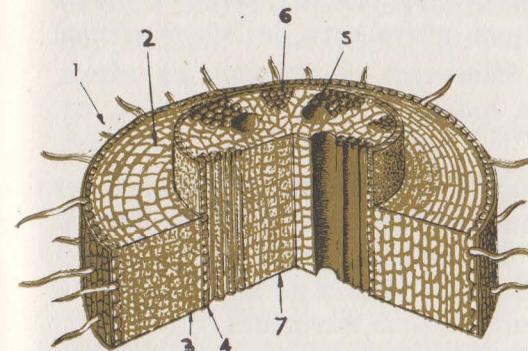


Fig. 29. Estructura primaria de la raíz.

Al cilindro cortical pertenecen:

- La *epidermis*. Una sola capa de células, algunas muy alargadas, y que son los pelos absorbentes. (1)
- *Parénquima cortical*, con células coloreadas de azul violeta. (2)
- *Endodermis*, una sola capa de células lignificadas parcialmente en forma de U, que aparece en color rojo, con las ramas hacia el exterior. (3)

El cilindro central consta de:

- *Periciclo*, una sola o a veces dos capas de células pequeñas, de las cuales arrancan las raíces secundarias. (4)
- *Haces leñosas*, teñidos en rojo, bastante grandes en diámetro, y que alternan con los: (5)
- *Haces liberianos*, de color azul, más finos, y que presentan sus cribas. (6)

(1) Doble tinción con *safranina* y *hematoxilina*.

Al corte fijado y lavado en alcohol de 50 % se le aplica *safranina* durante cinco a diez minutos para teñir la lignina. Se elimina el exceso de colorante con alcohol de la misma graduación. Se aplica la *hematoxilina* durante unos tres minutos que tiñe la celulosa. Diferenciar con alcohol ácido durante tres minutos y aplicar agua durante dos minutos que sirve para azulear la *hematoxilina*. Deshidratar con la serie de alcoholes, cada uno de ellos durante dos minutos. Clarificar hasta transparencia con aceite de clavo y montar en bálamo del Canadá.

— *Parénquima medular*, con grandes células, a veces con almidón en su citoplasma, que forman el centro de la raíz y que se intercalan entre los haces conductores. (7)

Este tipo de estructura corresponde a la raíz de plantas que no suelen pasar de un año de vida. Es la que se llama estructura *primaria* de la raíz. Cuando las plantas viven más de un año, la raíz presenta crecimiento en espesor, que se realiza a expensas de los *meristemas secundarios*, que son dos capas de células que se reproducen activamente. Una capa se sitúa debajo de la epidermis; se llama *felógeno* y produce la corteza de la raíz. La otra capa se intercala entre los haces conductores, teniendo un perfil sinuoso y dejando siempre los vasos leñosos hacia el interior y los haces liberianos hacia el exterior. Dicha capa se denomina *cambium* y cada año puede formar una nueva capa de leño o xilema, que produce el engrosamiento de la raíz.

37. Corte de la raíz de maíz

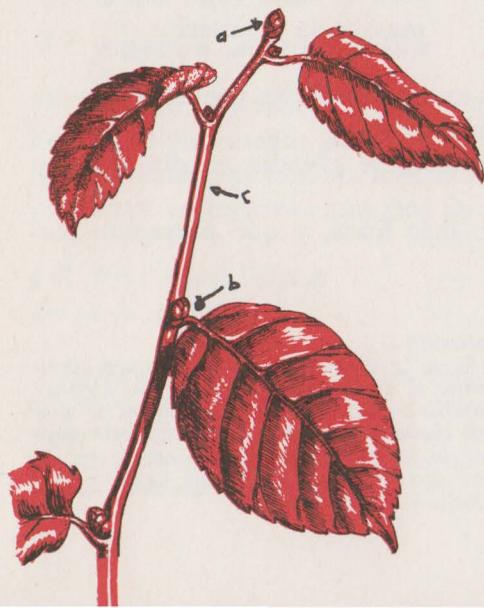
Se coge una plantita joven de maíz y se hacen cortes transversales en cualquiera de sus raíces, sometiéndolas a la doble tinción con safranina y hematoxilina. Observados al microscopio, llama la atención el gran número de haces conductores. En estas plantas no hay crecimiento secundario, por lo que siempre tienen la misma estructura.

EL TALLO

Es la parte aérea de las Cormófitas. Se compone de un eje principal de muy variada forma y consistencia que se continúa en la raíz, a la que se une por el cuello y que puede ramificarse profusamente. Sobre él se encuentran las hojas, que componen con el tallo el llamado *brote*.

El tallo tiene muy variada morfología que podremos estudiar mediante los siguientes:

Fig. 30. El tallo: a) yema terminal; b) nudo con yema axilar; c) entrenudo.



EXPERIMENTOS

38. Tallo herbáceo

En una maceta con tierra vegetal se siembran unas semillas de girasol, regándolas con cuidado. Seguir el desarrollo de las plantas hasta que tengan unos cuantos centímetros de altura.

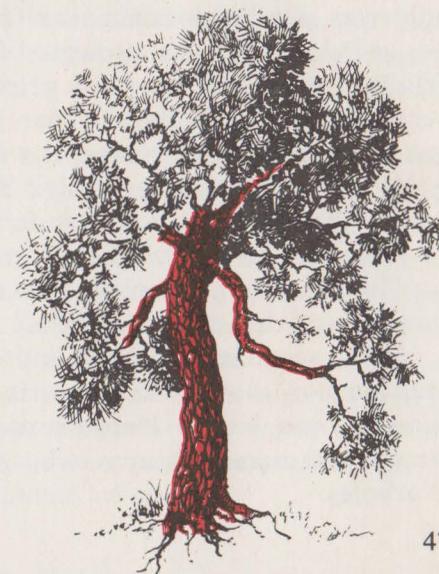
Observar el tallo, que es blando, aunque no le falta cierta consistencia. Es de color verde, porque sus células contienen clorofila. En su ápice o extremo superior se ve un engrosamiento, que es la *yema terminal*. Está formada por unas hojitas rudimentarias, que poco a poco se desarrollan normalmente según va creciendo la planta en longitud. Inmediatamente debajo de la yema terminal está la zona de crecimiento del tallo, que contiene el meristema primario. A lo largo del tallo aparecen de trecho en trecho zonas engrosadas, denominadas *nudos*, y donde se insertan las hojas. Entre cada dos nudos hay siempre una región lisa y desnuda, llamada *entrenudo*.

El tipo estudiado corresponde a un tallo *herbáceo*, no ramificado, y que no dura más que un año. Tales plantas se llaman *anuales*, y a veces *bianuales*, por la duración de su vida. También hay tallos herbáceos ramificados, como el guisante, el haba o la malva real. Entonces en la zona de los nudos, en la base de las hojas y protegidas por ellas, se encuentran unas yemas semejantes a la terminal, y que se llaman *yemas axilares*, que son el origen de las *ramas* o tallos secundarios.

39. El tallo leñoso

Observar un pino o un abeto de Navidad y un nogal o un castaño. Ver lo que ocurre en verano y en el invierno.

Fig. 31. Tallo leñoso.



El tallo de todos ellos es muy grueso, resistente, cubierto de corteza formada por tejido muerto, suberoso. Examinar la corteza con una lupa y veréis diminutas estructuras de aspecto crateriforme, que se llaman *lenticelas* y sirven para airear el tallo. En estos vegetales, el tallo recibe el nombre de *tronco* y tiene numerosas ramificaciones laterales, las *ramas*, de tamaño cada vez menor. En las ramas están implantadas las hojas, que en los pinos o abetos son finas, delgadas, como agujas, mientras que en el castaño o el nogal son grandes y de aspecto laminar.

Si observamos ahora estos árboles durante el invierno, se comprueba que el pino y el abeto conservan sus hojas (follaje), mientras que el castaño o el nogal lo pierden, quedando sólo las ramas, en las que pueden verse las *yemas invernantes* cubiertas por hojas escamosas (*hojas pérulas*), que las protegen del frío invernal, hasta que en la primavera pueden desarrollarse y dar lugar a nuevas hojas y ramas. Los árboles que conservan sus hojas durante el invierno se llaman de follaje *perenne* (*perennifolia*), mientras que los que las pierden se denominan de hoja *caduca* (*caducifolia*).

Estos vegetales son leñosos y viven muchos años. Alcanzan variado tamaño, que les da diversos nombres, como matas, matojos, arbustos y árboles.

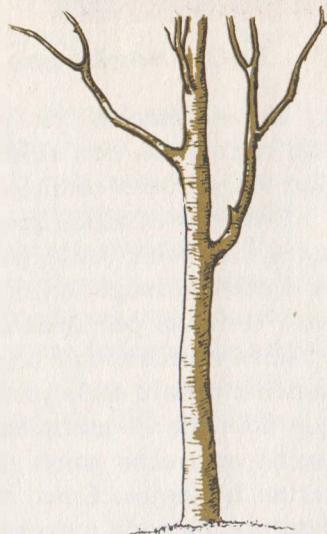


Fig. 32 a). Tronco



Fig. 32 b). Estipe.



Fig. 32 c). Caña.



Fig. 32 d). Caña.



Fig. 32 e). Calamos.



Fig. 32 f). Tallo voluble.

40. Las clases de tallos

En un paseo por el bosque, por un parque o por algún jardín botánico es fácil distinguir distintas clases de tallos. Observarlos y tomar nota de ellos, haciendo algún esquema de todos ellos.

En primer lugar distinguiremos los *leñosos*, fuertes y consistentes, que pueden ser *troncos*, como el pino, el chopo, el eucalipto, la acacia, etc. Si se encuentra una palmera, ver cómo su tallo es liso, no ramificado, y termina en un penacho de enormes hojas. Este tallo leñoso se llama *estipe*.

Ahora veamos los diversos tallos *herbáceos*, entre los cuales hay una gran mayoría que podemos denominar normales y que no reciben nombre especial. Son los tallos de la inmensa mayoría de plantas herbáceas que conocemos, como el geranio, el clavel, la margarita, etc. Si examinamos un triguero, los tallos flexibles que observamos se llaman *cañas* y tienen entrenudos huecos y nudos macizos. Los juncos que crecen junto a alguna corriente de agua tienen tallos lisos, cilíndricos y sin nudos: se llaman *cálamos*.

También hay tallos que pueden girar alrededor de un soporte cualquiera, como las madreselvas o las judías. Son tallos *volubles*. Otros pueden agarrarse a los obstáculos por medio de una especie de hilos que se arrollan fuertemente, y que se llaman *zarcillos*. Tales tallos se denominan *trepadores*, como los de la vid. Por último, hay tallos rastreros, que crecen sobre la superficie del suelo, como los del fresal, que se llaman *estolones* y carecen de ramificaciones laterales.

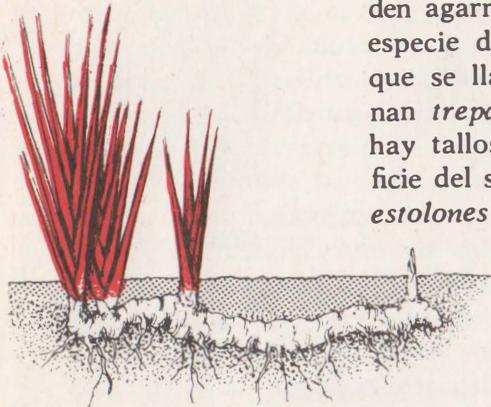


Fig. 33 a). Rizoma de lirio.

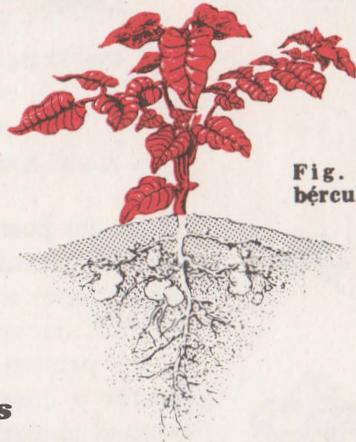


Fig. 33 b). Tubérculos de la patata.

41. Los tallos modificados

Observar el tallo subterráneo que forma el lirio, creciendo paralelamente a la superficie del terreno, y de cuyos nudos salen las hojas aéreas. Es un *rizoma*.

Tomar una cebolla o un tulipán, darle un corte transversal y observar que es en realidad una gruesa yema terminal. Si se pone en agua o sobre algodón húmedo, aparecen unas hojas que en seguida se coloran de verde. La cebolla o el tulipán son *bulbos*, tallos transformados y cargados de sustancias de reserva.

Coger una patata, examinarla con cuidado, preferentemente con el auxilio de una lupa. Se observan los llamados vulgarmente «ojos», y que son realmente yemas. En condiciones favorables de humedad y temperatura, tales yemas se desarrollan a expensas de las sustancias de reserva de la patata y dan lugar a tallos y raíces, que separadas producen nuevas plantas. La patata es otro tallo modificado, que se denomina *tubérculo*.

Rizomas, tubérculos y bulbos son tallos realmente, como lo demuestra el hecho de que presentan yemas. Pueden permanecer mucho tiempo en estado de *vida latente*, y de ellos se aprovecha el hombre para la reproducción de las plantas que presentan tales modificaciones.

ESTRUCTURA DEL TALLO

El tallo presenta una estructura que tiene notables analogías y diferencias con la raíz. Haremos su estudio, por lo tanto, de un modo semejante, distinguiendo la estructura del tallo de las Dicotiledóneas del de las Monocotiledóneas, mediante los siguientes:

EXPERIMENTOS

42. Sección del tallo de girasol

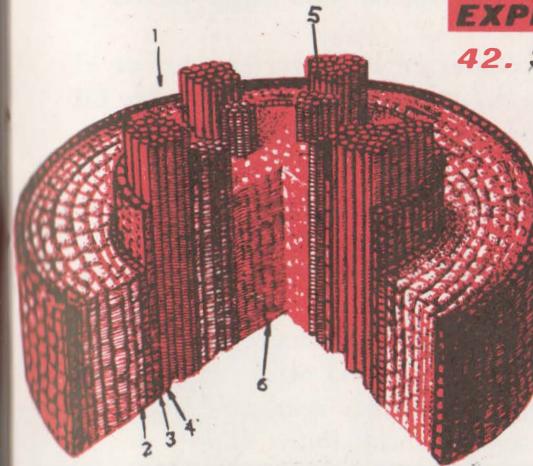


Fig. 34. Sección del tallo mostrando las diversas capas que lo forman.

Hacer una sección transversal del tallo de una planta joven de girasol y teñirla con safranina y hematoxilina. Debe observarse en conjunto con el objetivo de menor potencia y en detalle con el más potente.

Aparecen dos zonas patentes: el *cilindro cortical* y el *cilindro central*.

El *cilindro cortical* nos muestra la estructura siguiente:

- *Epidermis* de células vivas con *estomas* (1).
 - *Parénquima cortical*, con células que presentan cloroplastos. 2
 - *Endodermis*, con células semejantes a las de la raíz. 3
- A continuación se encuentra el cilindro central, con:
- *Periciclo*, que en este caso no es continuo, sino unido a los haces conductores. 4
 - *Haces conductores*, llamados *libero-leñosos*, que presentan vasos leñosos hacia la parte interna y vasos liberianos hacia el exterior separados por el *cambium fascicular*.
 - *Parénquima medular*, con radios medulares intercalados entre los haces conductores. 6

(1) Véase la estructura de la hoja. Experimento número 46.

La estructura descrita es la del tallo *primario*. Cuando crece en grosor lo hace a expensas de los *meristemas secundarios*, que son: el *felógeno*, capa de células situadas debajo de la epidermis, y que da lugar a la corteza. En los tallos leñosos de vida superior a un año se desarrolla tanto el tejido suberoso, que la epidermis desaparece y en su lugar aparecen gruesas capas de células muertas, que dan lugar al *felema* o corcho. También desaparece el tejido subyacente con células que tienen cloroplastos. El *cambium* es la otra capa de tejido formador, que se intercala entre la parte leñosa y la liberiana de los haces conductores, siendo como un anillo meristemático, que forma leño hacia dentro y líber hacia afuera.

Las capas de leño son más desarrolladas en la primavera que en el otoño, debido al diferente crecimiento del vegetal, produciéndose de tal manera la típica estructura en anillos concéntricos del tronco de las plantas leñosas. Ello permite saber la edad de un árbol cuyo tronco se haya cortado, contando el número de anillos de leño, que corresponden a años de vida. Algunas coníferas gigantes (*Sequoia*) de la Sierra Nevada de California tienen más de tres mil años, y algunos se calcula que sobrepasan los cinco mil.

Con el tiempo, los vasos leñosos dejan de ser conductores y el leño se oscurece, formando el *duramen* o corazón. La zona periférica de color más claro está formada por los haces leñosos más recientes, que conservan su función conductora y que constituyen la *albura*



43. El tallo del maíz

Prepárese una sección transversal de tallo de maíz, con tinción doble de safranina y hematoxilina. Obsérvese con los objetivos de menor y de máxima potencia.

El tallo presenta ahora la siguiente estructura:

- *Epidermis* de células vivas con estomas.
- *Parénquima cortical*, con células llenas de cloroplastos. Es bastante estrecho.
- Una capa de células que corresponde al *periciclo*.
- Un grueso *parénquima medular*.
- Numerosos haces *libero-leñosos* esparcidos por el parénquima medular en círculos concéntricos. La parte leñosa aparece de color rojo, mientras que los vasos liberianos muestran sus cribas de color azul.

LA HOJA

Es muy variada en forma y dimensiones. El fronde recortado de los helechos, la hoja escamosa o acicular de las coníferas o las de las plantas más corrientes que conocemos, son todos órganos homólogos que desempeñan la misma función: la de elaborar en sus células las materias orgánicas que la planta necesita para su vida. De ahí que las hojas siempre presentan color verde, porque sus células están cargadas de cloroplastos, participantes en el fotosíntesis.

Las hojas, como veremos en el capítulo siguiente, son también los órganos de la *respiración* y los que regulan la cantidad de agua existente en el interior del vegetal mediante el fenómeno de la *transpiración*. Para ello las hojas cuentan con millares de pequeños orificios que ponen en comunicación los tejidos internos con el medio exterior. Tales orificios se llaman *estomas* y están formados por dos células en forma de riñón, de gruesas paredes celulósicas. Entre ambas células forman un orificio a modo de ojal denominado *ostíolo*, que puede abrirse o cerrarse más o menos, según la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera.

En los climas templados los estomas generalmente se encuentran en el *envés* de las hojas, pero en los bosques ecuatoriales con gran humedad atmosférica, puede haber estomas, tanto en el *haz* como en el envés, siendo las hojas muy grandes para aumentar la superficie de evaporación.

La forma y estructura de la hoja podemos estudiarla mediante unos sencillos experimentos.



Fig. 36. Una hoja típica: a) limbo; b) peciolo; c) vaina; d) haz; e) envés.

EXPERIMENTOS

44. Partes de la hoja típica

Examinar la hoja del guisante de jardín observando que presenta varias partes: una expansión laminar llamada *limbo*, con borde entero y recorrida por las *nerviaciones*, que son las prolongaciones en la hoja del sistema conductor del vegetal; la hoja se une al tallo por una prolongación denominada *pecíolo*, que termina en su inserción con el tallo en una zona ensanchada que se llama *vaina*. En el guisante hay además en la base del pecíolo unas pequeñas expansiones laminares llamadas *estípulas*.

Si observamos ahora la hoja del girasol, veremos que tiene las mismas partes que la del guisante, pero carece de estípulas.

Estudiar la hoja del plátano de sombra y ver que presenta unos entranques o lóbulos en el limbo, pero que no llegan a dividirlo. Todas las hojas estudiadas son hojas *simples*.

Observar ahora la hoja de la acacia, que tiene un eje central a lo largo del cual se disponen unas hojitas que se llaman *folíolos*. Tal tipo de hoja se llama *compuesta*.

Examinar la hoja del castaño de Indias y que presenta los folíolos naciendo del mismo extremo del pecíolo, como los dedos de la mano. También es una hoja compuesta, pero la de la acacia es *pinnaticompuesta*, mientras que la del castaño de Indias es *palmaticompuesta*.

Las hojas tienen su clasificación que es muy compleja, pudiendo servir de base para establecerla diversos criterios, como la forma del limbo, su borde, el tipo de nerviación que presentan y también la distribución de los folíolos en las hojas compuestas.

45. Estructura de la hoja

Hacer cortes transversales de una hoja de girasol o de aligustre. Montar un par de ellos con una gota de agua entre porta y cubre, observando primero en conjunto con el objetivo de menor potencia y después en detalle con el más potente.



Fig. 37. Sección transversal de una hoja.

Puede observarse la epidermis superior o *cutícula*, formada por células vivas, cuya pared celular externa es muy gruesa, por impregnación de una sustancia impermeable llamada *cutina*. Estas células no presentan cloroplastos.

A continuación aparecen una o más capas de células prismáticas, con numerosos cloroplastos y que constituyen el *parénquima en empalizada* que ya conocemos. Debajo de éste se encuentra el llamado *parénquima lagunar*, formado por células algo redondeadas, con cloroplastos en menor número que las anteriores, dispuestas holgadamente y que dejan entre sí numerosos espacios o *lagunas*.

Entre estas capas pueden observarse los *haces conductores* que forman las *nerviaciones*, que presentan hacia la parte inferior los vasos liberianos, mientras que hacia arriba se encuentran los leñosos. Esta estructura puede demostrarse tiñendo el corte con safranina, apareciendo entonces los vasos leñosos teñidos de rojo.

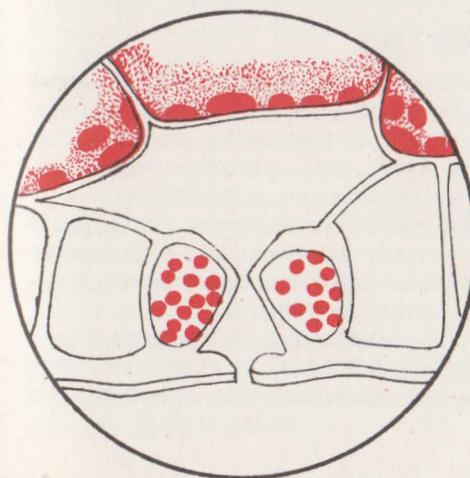
Por último, se encuentra la cutícula inferior, capa única de células que generalmente no se presentan cutinizadas. En ella se encuentran los *estomas*, que en sección transversal muestran el *ostíolo* en comunicación con un espacio llamado *cámara substomática*, que a su vez conecta con los espacios del parénquima lagunar.

46. Los estomas

Arrancar con cuidado la epidermis de la hoja de un lirio, como se hizo en el experimento número 2. Se monta entre porta y cubre con una gota de agua. Enfocar el objetivo de pequeño aumento y a continuación el de mayor potencia, para observar con detalle.

Se ven numerosos estomas, formados por parejas de células en forma arriñonada, que dejan entre sí el ostíolo. Las células son de gruesa pared celular, presentan algunos cloroplastos, a diferencia del resto de las células cuticulares, y se denominan células *oclusivas* o de *guarda*.

Fig. 38. Corte transversal de un estoma.



IV. COMO SE NUTREN LAS PLANTAS

La *nutrición* consiste esquemáticamente en un intercambio de sustancias que realizan los seres vivos con el medio en que habitan.

El objeto de tal intercambio consiste en proporcionar a las células las sustancias que necesitan para formar su materia fundamental, el protoplasma, y al mismo tiempo la energía necesaria para que puedan realizar su correspondiente trabajo fisiológico. En definitiva, son las células las que exigen para su funcionamiento del complejo mecanismo de la nutrición.

En el proceso se señalan *dos* fases claramente diferenciadas. La primera tiene por finalidad la elaboración de la materia viviente; es de tipo constructivo, consistiendo en la síntesis de las complejas sustancias que forman el protoplasma celular. Se llama *asimilación* o *anabolismo*. La segunda fase la constituye la destrucción de la materia viviente y en ella se produce la *oxidación* o combustión biológica de diversas sustancias que desprenden una buena cantidad de energía, imprescindible para la actividad vital de la célula. Además tiene lugar la destrucción del protoplasma, que a causa del propio funcionamiento celular se va desgastando. Esta segunda fase se denomina *desasimilación* o *catabolismo*.

Como puede verse, asimilación y desasimilación son dos procesos antagónicos, extraordinariamente complejos, constituidos por reacciones químicas que tienen lugar simultánea y permanentemente y cuyo conjunto recibe el nombre de *metabolismo*, que es un fenómeno eminentemente celular.

Los seres vivos, por lo tanto, necesitan tomar del medio sustancias imprescindibles para los procesos metabólicos. Pero unos, como las plantas verdes, toman sustancias puramente minerales o inorgánicas, con las que construyen los materiales del protoplasma, siendo llamados *autótrofos*. Por el contrario, los hongos, los animales y el hombre, deben tomar del medio sustancias orgánicas (vegetales o animales) para su nutrición y por ello son denominados *heterótrofos*.

LOS ALIMENTOS DE LAS PLANTAS

Las plantas verdes necesitan para su nutrición de unos cuantos *elementos químicos* llamados *biogénicos*, con los cuales sintetizan toda su sustancia orgánica. Estos elementos penetran en las plantas en forma de *compuestos* muy sencillos, transformándose en las células en compuestos orgánicos tan variados y complejos, que la mayor parte de ellos no pueden ser sintetizados por el hombre.

Los compuestos químicos, alimentos de las plantas, se encuentran en el suelo y en el aire. Del suelo toman *agua* y *sales minerales* en disolución, fundamentalmente *nitratos*, *fosfatos* y *sulfatos* de ciertos metales. Así toman *hidrógeno*, *oxígeno*, *nitrógeno*, *fósforo*, *azufre*, *calcio*, *potasio*, *magnesio* y *hierro*.

Del aire toman *anhídrido carbónico*, con el que adquieren un elemento fundamental, el *carbono*, eje de toda la química orgánica. Además de la atmósfera toman el *oxígeno* en forma libre, que necesitan para la respiración y que es una fase del metabolismo.

Por consiguiente las plantas necesitan imprescindiblemente DIEZ elementos biogénicos fundamentales, para sintetizar su materia viva y que están presentes en ella. Además precisan pequeñísimas cantidades de otros varios elementos que reciben el nombre de *oligoelementos*.

COMO SE REALIZA LA NUTRICION

En las algas unicelulares, todo el aparato vegetativo se reduce a una sola célula, por lo que ella tiene que realizar todas las etapas de la nutrición, aunque ésta en esquema no se diferencia de la de los vegetales pluricelulares.

Cuanto mayor va siendo la complicación estructural de las plantas, sus células integrantes van adquiriendo una cierta *especialización*, participando solamente en una determinada *etapa* de la nutrición.

En las Cormófitas la nutrición puede decirse que necesita de las siguientes *operaciones*: *Absorción*, *circulación*, *fotosíntesis*, *transpiración* y *respiración*. En todo el conjunto de este mecanismo intervienen los distintos tejidos que forman los principales órganos vegetales: raíz, tallo y hojas. En el presente capítulo estudiaremos, valiéndonos de experimentos sencillos, el desarrollo de todo el proceso.

A) ABSORCION

Las plantas encuentran en el suelo agua y sales minerales, necesarias para su nutrición. El agua es fundamental en la materia viva y forma parte del protoplasma celular en cantidad muy elevada. Cuando el agua falta los seres vivos mueren. Pero, además, las plantas verdes necesitan el agua como uno de los materiales fundamentales de la fotosíntesis, con la cual forman su propia materia viva.

El agua con las sales minerales (nitratos, sulfatos y fosfatos) forma una disolución en el suelo, de escasa concentración que puede penetrar en las plantas únicamente por la vía de los *pelos absorbentes*. Estos son células de gran tamaño, de forma alargada, cuya base ensanchada se inserta en la epidermis de la raíz. Tales células tienen una pared celular que permite el paso a su través del agua y las sales minerales que lleva disueltas. Este fenómeno de paso a través de una membrana se llama *ósmosis*.

Parece que las paredes celulares de los pelos absorbentes, tienen un poder selectivo sobre las sales minerales del suelo, permitiendo el paso de unas y rechazando a otras. Esto explica, entre otras cosas, el por qué las plantas no toman del suelo sustancias orgánicas allí presentes, que están formadas por moléculas muy gruesas que no pueden atravesar las paredes celulares de los pelos absorbentes.

También es factor importante la concentración que alcanzan las sales minerales en el agua del suelo. Ya hemos visto que aquélla debe ser débil, ya que en caso contrario se producirían graves trastornos en las células como se verá en el experimento número 48.

Es fácil demostrar que las plantas sólo necesitan agua y sales minerales para su vida, pues desde hace muchos años se ha conseguido cultivarlas fuera del suelo en disoluciones salinas adecuadas, llamadas *soluciones nutritivas*, de las cuales existen muchas perfectamente estudiadas. Esta realidad ha hecho que en algunos países (el Japón entre ellos) se haya pensado en cultivar las plantas en gran escala en soluciones nutritivas. Estos cultivos, llamados *hidropónicos*, dan unos rendimientos extraordinarios, produciéndose frutos en cantidad extraordinaria, pero que tienen el inconveniente de ser de inferior calidad en sabor o aroma a los producidos en condiciones ordinarias sobre el terreno.

EXPERIMENTOS

47. Demostración de la absorción radical

Se ponen a germinar en algodón húmedo semillas de haba, guisantes o judías. Se toman dos plantitas bien desarrolladas en las que estén bien patentes sus pelos absorbentes.

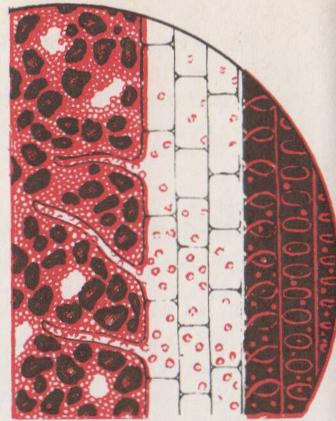
Preparar dos vasos corrientes, llenando de agua sus dos terceras partes y completando su contenido con aceite común. En el primer vaso se coloca una de las plantitas, curvando su raíz de manera que sólo quede sumergida en el agua la región de los pelos absorbentes. Tanto la cofia como la región lisa quedan sumergidas en el aceite sobrenadante. La plantita puede sujetarse por medio de un corcho perforado, por el cual se hace pasar la raíz.



Fig. 40. La absorción sólo tiene lugar en la zona pilífera.



Fig. 39. El agua con sales minerales penetra en la planta por los pelos absorbentes.



En el segundo vaso se introduce la plantita correspondiente de manera que sólo la cofia se introduzca en el agua, mientras que la zona absorbente queda embebida en el aceite. Sujetar la planta del mismo modo que la anterior y dejar así los vasos, observando lo que ocurre al cabo de unas horas.

Se ve que la planta del primer vaso permanece lozana, porque absorbe el agua por sus pelos radicales, mientras que la del segundo aparece totalmente lacia y llega a morir, porque no puede tomar el agua, tan necesaria, por su región absorbente cubierta por el aceite.

48. La concentración salina y las células

Hacer varios cortes finos de la raíz de remolacha corriente. Preparar dos vidrios de reloj o platillos pequeños, uno con agua destilada, a ser posible, y el otro con agua salada (5 gr. de sal común disueltos en 100 c. c. de agua). Colocar un corte en el primer vaso y otro en el segundo, dejándoles allí durante cinco a diez minutos.

Montar el primer corte con una gota de agua de su propio recipiente entre porta y cubre y observar con el objetivo de mediana potencia. Se observan células cuyo protoplasma de color rojo oscuro parece llenar todo el espacio dentro de sus paredes celulares respectivas, como si estuvieran hinchadas. Tal estado se llama *turgencia* y se produce porque el agua destilada penetra fácilmente en el protoplasma celular, de mayor concentración que ella, para equilibrar ambos líquidos, el protoplasma y el agua.

Ahora observemos del mismo modo el segundo corte, montado con una gota de agua salada. Notaremos que el citoplasma se ha contraído, separándose de las paredes celulares y quedando reducido a una especie de globulito interior arrugado. Este fenómeno se denomina *plasmólisis* y es debido a que ahora el agua salada tiene una concentración mayor que el protoplasma, que pierde agua saliendo al exterior de la célula.

Este fenómeno de paso a través de una membrana situada entre líquidos de diferente concentración se llama *ósmosis*. El líquido de mayor concentración se llama *hipertónico*, y el de menor, *hipotónico*. Cuando ambos líquidos se encuentran en equilibrio osmótico se dice que son *isotónicos*.

Ello explica por qué las sales disueltas en el agua del suelo están en una concentración pequeña, aproximadamente 0,3 gramos de sales por litro de agua, pudiendo así penetrar al interior de los pelos absorbentes.

Las plantas mueren cuando se riegan con agua de mar, que contiene sales en fuerte concentración, y en los terrenos salinos sólo pueden vivir escasas plantas, adaptadas a la elevada concentración salina del suelo.

49. Cultivo sin suelo

Preparar tarros de cristal de boca ancha como los que se emplean en las conservas de frutas. Dichos tarros deben ser de medio litro de capacidad. Lavarlos bien y dejarlos secarse en posición invertida.

A continuación preparar la disolución nutritiva siguiente, que se debe a KNOP:

Agua destilada	1.000 c. c.
Nitrato cálcico	1 gr.
Sulfato magnésico	0,5 gr.
Fosfato monopotásico	0,25 gr.
Sulfato de hierro	vestigios

Según el número de tarros que se tengan se preparará la solución nutritiva, pero siempre en las proporciones indicadas. Los tarros se llenan hasta el cuello con la disolución preparada.

Introducir en los tarros diversas plantas jóvenes, guisantes, trébol, maíz, tomate, etc., procurando que todas sean plantas herbáceas anuales de no excesivo crecimiento, que pueden ser obtenidas haciendo germinar sus semillas previamente en algodón humedecido.

Las plantas se sujetan al frasco mediante un disco de cartón resistente del mismo diámetro de la boca del recipiente, al cual se le practica un orificio central y un corte radial para introducir la planta hasta el orificio, que puede hacerse cada vez más grande según lo exija el crecimiento de la planta. En caso necesario el disco puede asegurarse a la boca del frasco por medio de unas anillas de gomas.

Las raíces de las plantas deben quedar bien bañadas en la disolución nutritiva, que se renueva periódicamente para compensar la evaporación del agua y la cantidad absorbida por la propia planta.

Los tarros deben colocarse en lugares de buena iluminación, cuidando de envolverlos en un cilindro de papel negro, para evitar que la luz del sol perjudique a las raíces y para que no se desarrollen algas en el líquido.

De esta manera las plantas se desarrollarán perfectamente, teniendo un aspecto lozano, llegando a producir flores y hasta frutos en su caso. Este sistema es el fundamento de los llamados *cultivos hidropónicos*.

Con el experimento se demuestra: a) que las plantas verdes son autótrofas, no necesitando nada más que agua y sales minerales, además del anhídrido carbónico atmosférico para su vida; b) que además del H y el O del agua, las plantas necesitan los siguientes elementos: N, P, S, Ca, K, Mg y Fe, que son imprescindibles.

Los elementos químicos más importantes son, sin embargo, el C, H, O y N, que forman la base de los compuestos orgánicos del protoplasma y que se denominan *albuminoides* o *proteínas*.

50. Carencia de algún elemento fundamental

Preparar dos tarros iguales y cultivar en ellos sendas plantas de maíz. El primer tarro se llena con la disolución nutritiva de KNOP. El segundo debe contener la misma disolución, pero sin *sulfato magnésico*, aumentando algo la cantidad de sulfato de hierro.

Al poco tiempo se observará que la primera planta crece normalmente con buen desarrollo. La segunda crece al principio, pero en seguida toma un color amarillo pálido y puede llegar a morir.

El experimento sirve para demostrar que la disolución nutritiva debe ser completa y que la carencia de alguno de los elementos fundamentales acarrea anomalías en el desarrollo de las plantas y llegar incluso a su muerte. Eliminando uno u otro de los componentes de la disolución nutritiva, los investigadores han llegado a determinar cuáles eran los imprescindibles y en qué proporciones deben entrar en la disolución para que las plantas se desarrollen con normalidad. Este es también el origen de los *abonos* minerales empleados en la agricultura.



Fig. 41. La planta: a) está cultivada sin un elemento fundamental; la b) en disolución completa.

En el experimento realizado el Mg suprimido es fundamental, porque forma parte de la clorofila. Su ausencia de la disolución (o en el suelo) impide la formación de tan importante sustancia verde de las plantas, que sufren una enfermedad (*clorosis*) que puede ser fatal.

51. El extraño comportamiento del nitrógeno atmosférico

Se preparan dos tarros de cristal, llenándolos con una solución nutritiva en la cual se ha sustituido el *nitrate cálcico* por el *sulfato* del mismo metal, lo que elimina el *nitrógeno* que debe contener.

A continuación se introduce en el primer tarro una planta de maíz y en el segundo una de guisante. Se cultivan normalmente, observando lo que sucede.

La planta de maíz prácticamente no se desarrolla y puede llegar a morir, porque la disolución nutritiva carece de *N*, componente fundamental de las proteínas, es decir, de la propia sustancia protoplasmática. Si antes de que muera cambiamos la planta a otro tarro con solución nutritiva completa, se reemprende su desarrollo con normalidad.

La planta de guisante, sin embargo, crece normalmente, sin que le afecte la carencia de *N* de la disolución. Observando con cuidado sus raíces veremos unas nudosidades muy abundantes que no presenta la planta de maíz. Tales nudosidades están habitadas por millones de seres microscópicos que se llaman *bacterias* y que viven en simbiosis con el guisante. Las bacterias proporcionan a la planta el *N* que no tiene el medio y que ellas excepcionalmente pueden tomar directamente del aire.

El *N* recorre en la Naturaleza un *ciclo* muy complicado, pasando de la atmósfera al suelo, de éste a las plantas y de ellas a los animales. Cuando tanto vegetales como animales mueren, el *N* contenido en su materia orgánica, que se descompone, vuelve otra vez al suelo, donde se transforma en *N mineral*, que puede ser absorbido nuevamente por las plantas o regresar a la atmósfera.

La atmósfera es el más grande almacén de *N* que hay en la Tierra, pues ya sabemos que las cuatro quintas partes del aire son precisamente de dicho gas. Pero esa abundante fuente de *N* es totalmente inasequible para las plantas, que no disponen de mecanismo alguno para asimilarlo directamente. Sólo ciertas bacterias que viven en simbiosis

en las raíces de las plantas de la familia de las *leguminosas* (haba, guisante, acacia, trébol, retama, etc.) pueden tomar el *N* atmosférico y transformarlo en su propia materia orgánica, que posteriormente es asimilada por la leguminosa. Todas las demás plantas tienen que tomar forzosamente el *N* en forma mineral como se encuentra en el suelo, y de ahí la importancia que tienen en la agricultura los abonos nitrogenados.

B) CIRCULACION

El conjunto de agua con sales disueltas que penetra por el sistema absorbente de las plantas, pasa por *difusión* de célula a célula hasta llegar a los *vasos leñosos* de la raíz. La disolución salina recibe el nombre de *savia bruta*, de composición eminentemente inorgánica.

La savia bruta asciende por los *vasos leñosos* hasta llegar a las hojas, que son laboratorios celulares extraordinarios en los que por medio de la *fotosíntesis* y la *transpiración* se produce la *elaboración* de la savia, que ahora contiene sustancias orgánicas y menor cantidad de agua, llamándose entonces *savia elaborada*.

Ahora dicha sustancia se va distribuyendo por toda la planta mediante los *vasos liberianos*, nutriendo de ese modo las células de todo el organismo vegetal, que reciben sustancias nitrogenadas para su protoplasma y glúcidos (azúcares, almidón) como sustancias energéticas o de reserva.

En las Talófitas la circulación se realiza por simple difusión de célula a célula, ya que como sabemos carecen de vasos conductores.

EXPERIMENTOS

52. Circulación de la savia bruta

Una plantita de las que han servido para anteriores experimentos (maíz y girasol, por ejemplo) se introduce en una disolución muy diluida de eosina, hasta que las raíces queden bien bañadas, dejándolas así durante unas horas.

Después se coge la planta y se hacen cortes del tallo a diversas alturas, así como de las hojas finales, procurando interesar las nerviaciones. Montar con glicerina diluida y observar al microscopio.

Los vasos leñosos aparecen teñidos en rojo por el colorante, que ha subido hasta las hojas acompañando a la savia bruta. Si el corte de las hojas se prepara demasiado pronto, puede ocurrir que aún no haya llegado hasta ellas el colorante, que penetra por las raíces, por lo cual no aparecerán teñidos.

53. La presión radical

Para este experimento debe disponerse de una planta con cierta consistencia, una vid joven, por ejemplo, cultivada en una maceta. Los resultados se pueden ver de un modo patente en el principio de la primavera.

Se corta la planta totalmente a unos cinco centímetros de la superficie de la tierra de la maceta. El corte se despoja de la corteza en una anchura de un centímetro y en esta zona se enchufa un trozo de tubo de goma de unos cinco centímetros, que a su vez se une a un tubo de vidrio acodado en ángulo recto, de modo que una de sus ramas, que se une al tubo de goma, tenga unos 15 centímetros, y la otra, que debe colocarse en posición vertical por medio de algún soporte, tenga unos 20 centímetros. Las uniones deben afirmarse bien con bramante y a ser posible parafinarse, para evitar cualquier pérdida de líquido.

El tubo se llena cuidadosamente de agua coloreada con azul de metileno por medio de una jeringa de inyecciones, procurando que no quede en su interior ninguna burbuja de aire.

Este dispositivo es un *manómetro* de rama abierta, aparato que sirve para medir la presión de cualquier recipiente. El manómetro se sujeta a una regla de madera colocada de pie sobre un soporte de igual sustancia, de forma que el tubo de cristal quede con su extremo libre adosado a la regla. Puede ponerse una gotita de aceite al final de la columna de agua, para evitar la más pequeña evaporación.

Leer la altura que alcanza el agua coloreada en la regla. Regar bien la planta y hacer lecturas frecuentes de las variaciones en la columna líquida, anotando los resultados.

El agua coloreada sube poco a poco hasta alcanzar un nivel máximo. Tal fenómeno se produce a causa de la llamada *presión radical*, y explica en parte el hecho de la ascensión de la savia bruta por el tronco de los grandes árboles. Dicho fenómeno ha sido objeto de muchas teorías, ninguna hasta ahora plenamente satisfactoria, ya que ninguna por sí

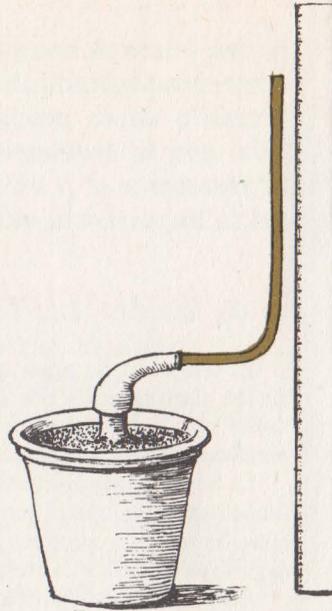


Fig. 42. Aparato para medir la presión radical.

sola es capaz de explicar la elevación de la savia más allá de ciertos límites. Parece que la explicación está en el conjunto de fuerzas formado por la *presión radical*, la *capilaridad* de los vasos leñosos, las fuerzas de *succión* existentes en las hojas con motivo de la transpiración y una cierta *actividad pulsátil*, efectuada por ciertas células próximas a los vasos leñosos y descubiertas por el fisiólogo indio BOSE.

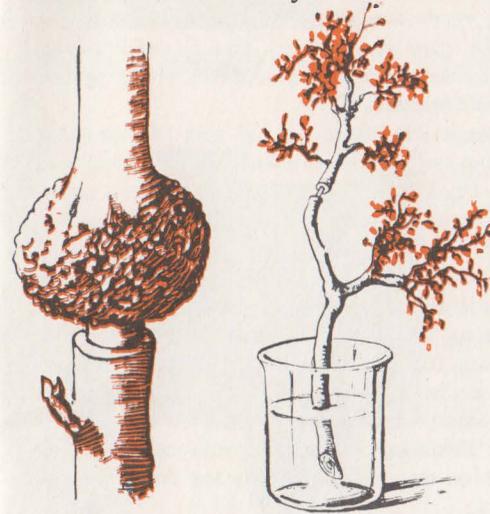


Fig. 43 (2). Observación de la circulación de la savia elaborada.

54. Circulación de la savia elaborada

El presente experimento se debe a HALE. Para su realización se practica en la rama de un árbol una decortización anular de un centímetro de ancho, procurando despojar la rama del anillo liberiano. Entonces la savia bruta puede llegar hasta la rama por los vasos leñosos, continuando la fotosíntesis en sus hojas; pero la savia elaborada no puede pasar de la decortización porque circula por los vasos liberianos que hemos quitado.

De ese modo se produce una hipertrofia del tejido inmediatamente superior a la parte privada de su corteza, que se traduce en una gruesa tumefacción en la misma. Además, la rama se desarrolla más intensamente que las otras, por disponer de un exceso de sustancias nutritivas a su disposición, con producción de flores o frutos superabundantes.

C) FOTOSINTESIS

Es, sin duda alguna, uno de los fenómenos más extraordinarios de la Naturaleza y desde luego el que tiene una influencia más directa en la existencia de la vida sobre la Tierra. Si no fuera por la posibilidad que tienen las plantas verdes de sintetizar su materia orgánica partiendo de compuestos minerales, la vida de los vegetales y especialmente la de los animales, no podría tener lugar, ya que no existe otra fuente de materia orgánica capaz de servir de alimento a los seres vivientes. En caso de que las plantas verdes desaparecieran, todos los animales y hasta el hombre, quedarían condenados a desaparecer en un plazo más o menos largo.

Por todo ello la fotosíntesis ha sido estudiada con auténtico interés por los hombres de ciencia, con el fin de desentrañar sus secretos y en su día poder llegar a reproducir el fenómeno en el laboratorio, con vistas a obtener fotosintéticamente las sustancias orgánicas necesarias para alimentar a la creciente población humana.

La fotosíntesis la realizan las plantas verdes en presencia de la luz, manantial inmeso de energía que es captado por la *clorofila* presente en los cloroplastos. Dicha sustancia no es realmente un compuesto químico, sino un complejo formado por las *clorofilas a* y *b*, pigmentos de color verde azulado; la *xantofila*, una sustancia de color amarillo y la *carotina*, de color rojo anaranjado. Las clorofilas están formadas por *C*, *H*, *O*, *N* y *Mg*, siendo los pigmentos más importantes y que pueden ser separados con facilidad de los otros compuestos.

La clorofila se forma en las hojas en presencia de la luz. Si una planta verde se coloca en la oscuridad durante unos días, sus hojas quedan amarillentas, perdiendo su característico color verde. Si al final de ese período se vuelve a poner en un lugar bien soleado, poco a poco irá recuperando su color normal.

El fenómeno de la fotosíntesis, que tiene numerosas etapas muy complicadas desde un punto de vista bioquímico, consiste en esquema en tomar *agua* a través de las raíces y *anhídrido carbónico* por medio de los estomas, y elaborar con estas dos sustancias tan sencillas, los compuestos orgánicos necesarios para la vida de la planta. Tales compuestos orgánicos son fundamentalmente *glúcidos* o hidratos de carbono de mayor o menor complicación molecular. El primero que al parecer se forma de un modo estable es la *glucosa*, un azúcar presente en las plantas, que puede polimerizarse para dar lugar al *almidón*, que se acumula como sustancia de reserva orgánica en el vegetal y que es uno de los productos finales elaborados como consecuencia de la fotosíntesis.

La fotosíntesis, como se demostrará en varios experimentos, se produce únicamente en presencia de la *luz*, absorbiendo las plantas anhídrido carbónico (CO_2) y desprendiendo oxígeno (O_2) que contribuye a purificar el aire, enriqueciendo la atmósfera en este último gas y contribuyendo a mantener el equilibrio gaseoso de aire, que quedaría gravemente alterado por la respiración de los seres vivos.

La luz proporciona la energía necesaria para romper la molécula del agua (H_2O) activando el hidrógeno que pasa al estado de ión (H^+) siendo captado por las moléculas de clorofila igualmente activadas fotoquímicamente. Los iones restantes al romperse las moléculas de agua, oxidrilos (OH^-) se unen entre sí para dar lugar a *agua oxigenada* (H_2O_2) que es descompuesta a su vez por la acción de un enzima presente en las células, la *catalasa*, dando lugar a *agua* y *oxígeno libre* (O_2) que se desprende a la atmósfera.

El hidrógeno activado recogido por la clorofila es transferido al *anhídrido carbónico* (CO_2) que se reduce y llega a transformarse en glúcidos, como la *glucosa*, *sacarosa*, *maltosa*, *almidón* y *celulosa*, cuerpos todos ellos que contienen un alto nivel de energía. Todo este proceso ha podido ser seguido y estudiado mediante el empleo de *trazadores radiactivos*.

Como resultado de todo el proceso el carbono inorgánico del anhídrido carbónico, pasa a ser carbono orgánico, que se encuentra en glúcidos, grasas y otras sustancias vegetales. El último eslabón del proceso es la unión a tales sustancias de elementos que están presentes en la savia bruta como el *N*, *P*, *S*, *Mg*, *Fe*, etc., que mediante

procesos bioquímicos dan lugar a las sustancias presentes en los vegetales. El más importante de ellos es sin duda el nitrógeno que participa, como ya sabemos, en la síntesis de las *proteínas* o *prótidos*, sustancias fundamentales del protoplasma (1).

EXPERIMENTOS

55. La clorofila

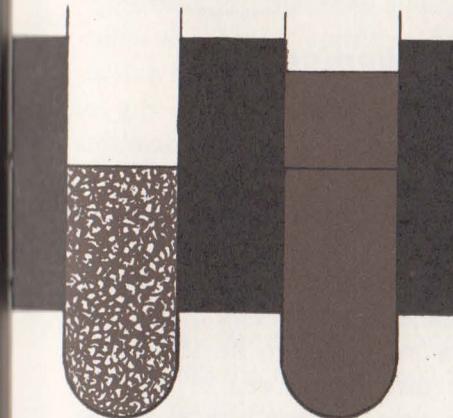


Fig. 44. Obtención de clorofila y sus componentes.

Se toman unas hojas de espinaca y se hierven en alcohol etílico al baño maría durante unos minutos. Las hojas quedan decoloradas y presentan un color blanquecino, mientras que el alcohol disuelve la clorofila y toma un hermoso color verde.

Si se pone una cierta cantidad de la disolución en un tubo de ensayo y se añaden unos cuantos centímetros cúbicos de bencina, agitando a continuación, se observa que la disolución de clorofila se separa en dos capas: una superior, de color verde azulado, que contiene las *clorofilas a* y *b*, y otra inferior, de color anaranjado claro, que contiene la *xantofila* y la *carotina*.

56. La clorofila y la luz

Poner a germinar unas semillas de guisante o de haba sobre algodón húmedo, colocando el recipiente en la oscuridad.

Observar que las hojas de estas plantas no son verdes, sino de un amarillo descolorido. Colóquense ahora a la luz y se verá cómo poco a poco se vuelven verdes. Con ello se demuestra que la clorofila se forma en los vegetales únicamente en presencia de la luz.

Los horticultores atan con un bramante las hojas de ciertas plantas, lechugas o escarolas, para impedir la formación de la clorofila en las hojas interiores y conseguir plantas de un color amarillento, que son más apreciadas. Observar este ejemplo en lechugas o escarolas adquiridas en el mercado.

(1) En marzo de 1964 el investigador español Losada Villasante ha demostrado que la asimilación del nitrógeno en las plantas verdes se produce mediante un mecanismo fotosintético.

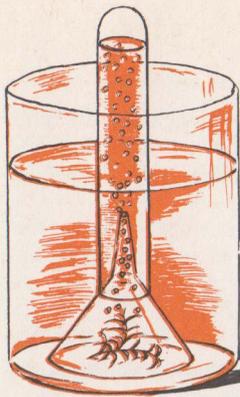


Fig. 45. La planta absorbe el anhídrido carbónico y desprende oxígeno.

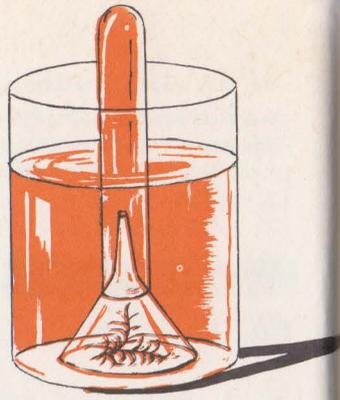


Fig. 46. No se produce la fotosíntesis por falta de anhídrido carbónico.

57. La necesidad de anhídrido carbónico en la fotosíntesis

Para esta experiencia se necesita disponer de una planta acuática llamada *elodea*, que puede adquirirse en algún establecimiento de material para acuarios. También hay que tener un recipiente grande de vidrio, un embudo del mismo material y un tubo de ensayo grande.

En el recipiente se coloca la *elodea* debajo de la campana del embudo y se echa agua hasta casi llenarlo, de manera que el embudo quede cubierto en su totalidad. Añadir al agua un buen chorro de sifón, que contiene anhídrido carbónico disuelto. Por último se llena el tubo de ensayo con agua hasta el mismo borde. Se tapa la boca con el pulgar y se invierte, cuidando de que no se pierda agua. En esta posición se introduce en el recipiente, no retirando el dedo hasta que no llegue a tocar el extremo del embudo. Entonces se retira el dedo y se introduce rápidamente el vástago del embudo en el tubo de ensayo, hasta que quede descansando totalmente y lleno de agua, ya que la presión atmosférica que se ejerce sobre la superficie libre del recipiente equilibra la altura a que llega en el interior del tubo de ensayo.

El dispositivo así preparado se coloca durante un día a la luz, observando lo que ocurre. Se verá de esta manera cómo en el embudo aparecen burbujas de gas producidas por la planta iluminada y que se van depositando en el tubo de ensayo, desplazando paulatinamente el agua que lo llena. La planta realiza la fotosíntesis, utilizando para ello el anhídrido carbónico disuelto en el agua.

Repetir el experimento, pero ahora se llena el recipiente de agua hervida, que no contiene gases en disolución. Se observará que no se desprenden burbujas de la planta, que al no disponer del anhídrido carbónico no puede realizar la fotosíntesis.

58. Demostración de que en la fotosíntesis se desprende oxígeno

Repetir el experimento anterior con agua que contenga anhídrido carbónico en disolución. Observar cómo se desprenden las burbujas de gas en el embudo y que se recogen en el tubo de ensayo.

Cuando haya una cierta cantidad se retira el tubo de ensayo y se invierte rápidamente. Introducir una astilla fina con un punto en ignición en un extremo, sin que arda con llama. Observar cómo inmediatamente se produce una llamarada muy viva de color blanco brillante. El tubo de ensayo contiene oxígeno desprendido en la fotosíntesis y que activa la combustión, no escapando al retirar el tubo e invertirlo, porque el gas es más pesado que el aire y se deposita en el fondo del tubo.

59. La luz y la fotosíntesis

Una vez más se repite la experiencia, llenando el recipiente de agua carbónica. Colocar, una vez montado, durante toda una noche o durante el día en la oscuridad.

Se observará que aunque las condiciones del experimento sean idénticas al anterior, no se ha producido desprendimiento alguno de gas en el tubo de ensayo, lo que demuestra que la fotosíntesis no tiene lugar en ausencia de la luz.



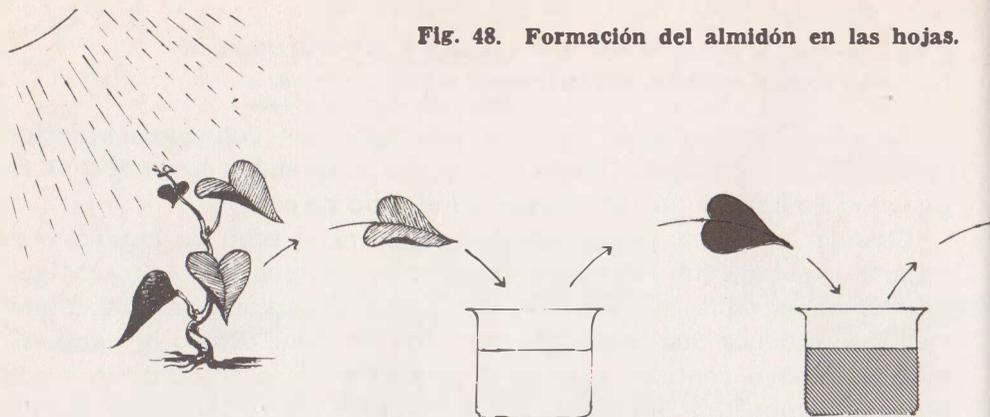
Fig. 47. La fotosíntesis no tiene lugar en la oscuridad.

60. Formación del almidón en las plantas

Ya sabemos que una de las etapas finales de la fotosíntesis es la formación del almidón, que ya es una sustancia de reserva. Por consiguiente, si en la fotosíntesis se forma esta sustancia, podrá ser detectada su presencia en las hojas.

Para demostrarlo se coge una maceta de geranio de hojas bien grandes. Dejarla todo un día expuesta a la luz solar. A continuación arrancar una hoja, hervirla unos minutos en alcohol calentado al baño maría, para hacer desaparecer la clorofila, y la hoja tomará un color blanquecino.

Fig. 48. Formación del almidón en las hojas.



Introducir la hoja así preparada en un recipiente con agua yodada, y se observará que se colorea intensamente de violeta, reacción característica del almidón que ya conocemos. En la hoja hay, por lo tanto, almidón.

Ahora, tener la planta en la más completa oscuridad durante veinticuatro horas. Después arrancar una hoja y repetir la investigación de la presencia de almidón. La hoja permanece incolora, lo cual demuestra que la planta forma almidón como consecuencia de la acción de la luz, es decir, de la fotosíntesis.

61. El almidón y la clorofila

Arrancar una hoja de un geranio o hiedra de especie *variegada* (sus hojas tienen zonas blancas desprovistas de clorofila) que hayan estado expuestas al sol. Colocar sobre ella un papel de copia y dibujar un esquema de la hoja con las zonas blancas que presenta.

Hacer la prueba del almidón como en el experimento anterior y observar que la hoja se tiñe de color violeta únicamente en las zonas que eran verdes, mientras que las zonas blancas, que coinciden con el esquema dibujado, no toman la citada coloración.

La planta realiza la fotosíntesis únicamente en las partes donde hay clorofila, por lo que sólo aparece almidón en las zonas verdes, mientras que las blancas carentes del pigmento son incapaces de realizarla y en consecuencia no presentan almidón. Así queda demostrado que la clorofila es imprescindible para la formación del almidón.

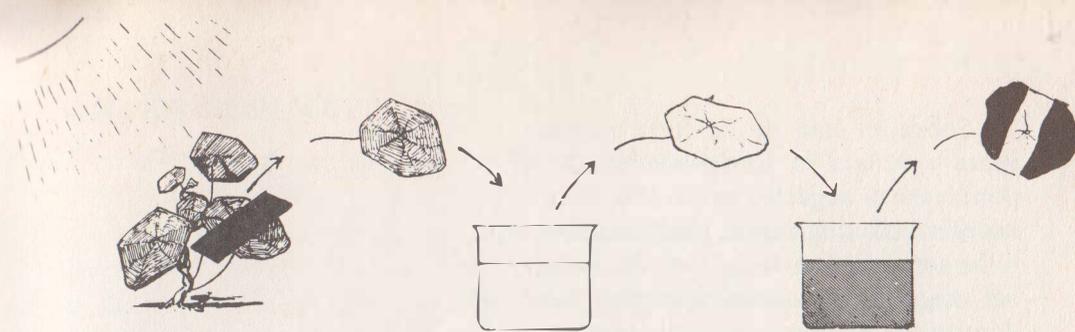


Fig. 50. Influencia de la luz en la fotosíntesis.

62. La luz, el almidón y la clorofila

En una planta de geranio cultivada en maceta se tapa una de sus hojas, sin quitarla de su tallo, con un papel negro, en el que pueden recortarse figuras geométricas, por las que podrá pasar la luz a la superficie foliar.

Dejar la planta durante un par de días en el lugar adecuado. Al cabo de ese tiempo, arrancar la hoja, quitar el papel que la cubre, decolorarla en alcohol hirviendo y someterla a la acción del agua yodada.

Aparece la hoja incolora en todas las zonas que han permanecido tapadas por el papel negro, que no han recibido la luz solar y en consecuencia no han podido realizar la fotosíntesis y carecen de almidón. Por el contrario, el contorno de las figuras sometidas a la luz aparece de color violeta, porque han podido sintetizar el correspondiente almidón.

63. Una fotografía en una hoja

Para este experimento, que fue ideado por el fisiólogo alemán MOLISCH, debe disponerse de una planta cuyas hojas sean muy lisas, como ocurre con la llamada *capuchina* (*Tropaeolum maius*), que es muy frecuente en los jardines y tiendas de flores.

Sobre el haz de una de sus hojas se aplica un negativo fotográfico, recubriendo el envés con un papel negro y sujetando todo a la hoja por medio de unos sujetapapeles o clips.

Dejar así la hoja durante un par de días. Se arranca a continuación, se quitan el negativo y el papel negro, se decolora con alcohol hirviendo y se somete al agua yodada.

Sobre el haz de la hoja puede verse *revelada* la fotografía correspondiente al negativo empleado. Este experimento demuestra perfectamente la sensibilidad de la clorofila a la luz, cuya mayor o menor intensidad determina asimismo diversa producción de almidón, como consecuencia de la variable actividad fotosintética.



Fig. 51. Una fotografía en una hoja.

D) TRANSPIRACION

Sabemos que la savia bruta es una disolución de muy pequeña concentración para que pueda penetrar osmóticamente por los pelos radicales. Pero la planta necesita concentrar en las hojas la disolución para formar con sus sales minerales los compuestos orgánicos más diversos. Para lograrlo, la planta elimina grandes cantidades de agua, prácticamente la mayor parte de la que no emplea en la fotosíntesis.

El fenómeno de eliminación del agua se llama *transpiración* y se produce en forma de vapor de agua expulsado al exterior por los *estomas*.

Cuando el ambiente es muy húmedo la eliminación del agua puede realizarse en forma de gotitas, que aparecen en las hojas dando lugar a un fenómeno llamado *exudación* o *gutación*.

La intensidad de la transpiración varía con la *temperatura*, como el viento o con la *humedad* atmosférica, pero muy especialmente con la *intensidad de la luz*, pues parte de la energía captada por la clorofila se emplea en producir la evaporación del agua en las hojas. Este fenómeno va ligado a la fotosíntesis y es llamado *clorovaporización*, siendo entre diez y veinte veces más intensa que la transpiración realizada en la oscuridad.

La transpiración se realiza siempre regulada por la mayor o menor apertura de los estomas. Si el tiempo es húmedo los estomas están abiertos totalmente y la transpiración se hace muy intensa. Por el contrario, cuando el aire es seco o hace mucho viento, los estomas permanecen prácticamente cerrados, lo que contribuye al ahorro de agua en la planta. Por último, la luz produce la apertura de los estomas contribuyendo a la clorovaporización.

La cantidad de agua transpirada por las plantas es enorme. Un árbol de buen tamaño puede evaporar de 200 a 400 litros diarios y una hectárea de bosque puede llegar a 30.000 litros por día. Estos datos demuestran la importancia que tienen los árboles en relación con el régimen de lluvias y el clima de una región, lo que hace que las zonas desboscadas sufran un proceso de desertización que se debe impedir con la debida *replantación forestal*.

EXPERIMENTOS

64. Demostración de la transpiración

Se necesita una planta de pequeño tamaño y hojas grandes cultivada en una maceta, que se cubre totalmente de papel impermeabilizado o de una bolsa de plástico fino. Sólo debe quedar al aire el tallo de la planta.



Fig. 52. El agua formada en la campana procede de las hojas.

Cúbrase el conjunto con una campana de vidrio y déjese durante unas horas en un lugar iluminado. Se podrá observar cómo la campana de vidrio se va *empañando* en su parte interna por el vapor de agua que se deposita en su superficie y que no puede proceder nada más que de la transpiración de la planta.

65. Como se comprueba la transpiración en la hoja

Para este experimento deben prepararse dos cuadrados de vidrio fino de diez centímetros de lado cada uno, cuatro pinzas de tender la ropa y una maceta de geranio o capuchina, cuyas hojas tienen un limbo bastante grande.

Aparte se prepara un papel indicador de humedad del modo siguiente: en un vaso se hace una disolución acuosa de *cloruro de cobalto* al cinco por ciento. Se cortan dos cuadrados de papel de filtro de diez centímetros de lado, que se empapan bien en la disolución preparada, dejándolos secar al aire hasta que toman un color azul.

Ahora se toma la planta y una de sus hojas se cubre por el haz y el envés de sendos cuadrados de papel indicador, poniendo a su vez encima de los papeles los cuadrados de vidrio y sujetando todo el conjunto con las pinzas, que se colocan debidamente. El conjunto debe apoyarse

sobre algún soporte, unos cuantos libros, por ejemplo, para que la hoja no sea arrancada de la planta.

Observar que el papel de cloruro de cobalto, según queda humedecido por la transpiración de la hoja, va tomando color rojo. El situado sobre el haz de la hoja se enrojece muy poco, porque ya sabemos que no hay estomas, por lo que la débil transpiración cuticular apenas produce vapor de agua. Por el contrario, el situado junto al envés se enrojece intensamente a causa de la fuerte transpiración de los estomas.

Como las hojas del papel indicador no pueden haberse humedecido por el vapor de agua de la atmósfera, debido a la protección de las láminas de vidrio, la humedad que motiva el viraje en el color sólo es debida a la transpiración de la hoja.

66. El potómetro

Es un aparato que sirve para conocer la cantidad de agua transpirada por un vegetal o una de sus partes. Es fácil fabricar uno del modo siguiente: se toma un tarro de boca ancha de medio litro de capacidad, al que se ajusta un tapón de goma atravesado por tres perforaciones (1).

En la primera se coloca bien ajustada una rama verde con sus hojas correspondientes. A la perforación opuesta se acomoda un tubo de vidrio fino acodado en ángulo recto y cuyo lado libre debe estar en posición horizontal, quedar abierto y tener una longitud de unos 20 centímetros. Por último, en el orificio central se ajusta un tubo de vidrio corto, que se eleve unos pocos centímetros por encima del tubo en ángulo.

Una vez montado el aparato, su funcionamiento se inicia llenando el tarro de agua, de manera que llegue a penetrar en la rama libre del tubo angular después de que haya sido ajustado el tapón de goma fuertemente. Para completar de llenar el tubo se echa un poco de agua por el tubito central, de manera que se elimine el aire en el interior del aparato. Por último, se cierra perfectamente el tubo central.

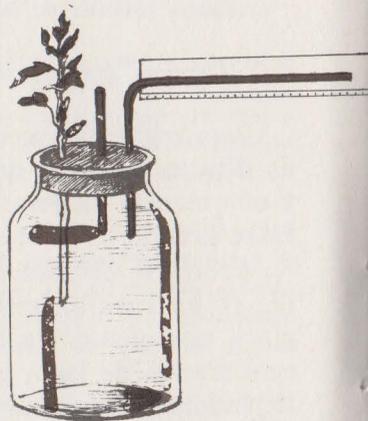


Fig. 53. Potómetro.

(1) Puede adquirirse fácilmente en un comercio especializado en suministros a laboratorios, donde además harán las perforaciones deseadas.

La rama verde, cuyo extremo inferior está introducido en el agua del tarro, producirá una cierta transpiración, que irá haciendo disminuir el líquido contenido en el aparato, y en consecuencia el agua de la rama libre del tubo angular irá disminuyendo, acortándose la columna líquida. Si a esta rama se ajusta una regla graduada y se conoce el diámetro interior del tubo, puede calcularse exactamente la cantidad de agua transpirada por la rama verde en la unidad de tiempo.

67. Peso del agua transpirada

Se puede utilizar una balanza de cierta precisión de las empleadas en la cocina, o en su defecto un peso de platillos.

Se prepara una planta en maceta como en el experimento número 64. Se coloca sobre la balanza y se toma nota de su peso, o también puede colocarse en un platillo del peso equilibrando éste con las pesas necesarias.

Al cabo de un cierto tiempo, que puede medirse, se observará que la balanza marca menos peso que al iniciar la experiencia o que el peso ha quedado desequilibrado a favor del platillo que contiene las pesas.

La diferencia de peso en la balanza entre la lectura inicial y cualquiera otra que se realice en tiempos determinados, o el valor de las pesas que hay que ir añadiendo al platillo que tiene la planta para restablecer el equilibrio, nos indican el peso del agua evaporada por la planta en cada unidad de tiempo.

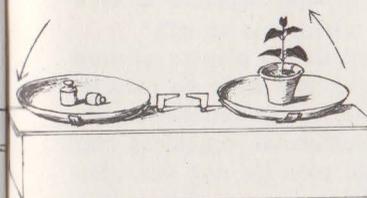


Fig. 54. La balanza se desnivela.

E) RESPIRACION

Durante un cierto tiempo se creyó que las plantas tenían un tipo de respiración *inverso* al de los animales, y que mientras éstos tomaban *oxígeno* y expulsaban *anhídrido carbónico*, las plantas hacían exactamente lo contrario, es decir, tomaban gas carbónico para desprender *oxígeno*.

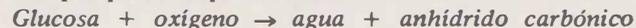
En efecto, las plantas verdes realizan tal operación pero en la fotosíntesis y no en la respiración. Lo que ocurre es que el fenómeno fotosintético es tan intenso que enmascara totalmente la respiración.

En 1779 un médico holandés, JAN INGENHOUSZ, demostró que las plantas tomaban durante el día anhídrido carbónico y expulsaban oxígeno, pero durante la noche realizaban el proceso inverso. Actualmente se sabe, sin lugar a dudas, que las plantas, al igual que los animales, *respiran*, tomando constantemente *oxígeno* del aire y expulsando *anhídrido carbónico*.

La *respiración* es un fenómeno metabólico de signo negativo, motivado por la ineludible exigencia de todas las células, sin excepción alguna, de tomar energía imprescindible para su trabajo fisiológico. La célula, como una compleja máquina en funcionamiento constante, consume energía y por consiguiente, necesita como nuestras máquinas de alguna sustancia capaz de proporcionársela, es decir, de algún *combustible*.

El combustible celular, que procede de los alimentos, es fundamentalmente la *glucosa* (glúcido de fórmula $C_6H_{12}O_6$) que se «quema» en el interior de las células. Toda combustión necesita *oxígeno* para poder tener lugar y desprende *anhídrido carbónico*. Por ello los seres vivos, plantas y animales, necesitan tomar oxígeno que reclaman imperiosamente sus células y desprenden gas carbónico.

El proceso de la respiración es muy esquemáticamente representado, una reacción química que puede expresarse así:



Tal reacción parece ser exactamente la inversa de la fotosíntesis y así es en gran parte, pero en la fotosíntesis se absorbe gran cantidad de energía, que se acumula en los productos orgánicos de la misma, como la glucosa. Esta energía se libera en la respiración para contribuir al trabajo celular. He aquí como las células consumen de modo directo la energía solar, de la cual depende la vida sobre la Tierra.

El proceso respiratorio de los seres vivos y por lo tanto de las plantas es muy complicado. El esquema citado se descompone realmente en una serie de reacciones bioquímicas que se realizan escalonadamente, mediante la intervención de numerosos *enzimas* que facilitan la «combustión» de las sustancias orgánicas con toda suavidad, de manera que la energía no se desprende toda de una vez, sino que poco a poco va siendo puesta a disposición de las células.

Las plantas respiran por todos sus órganos, raíces, tallos, hojas, flores y hasta las semillas en estado de reposo. Naturalmente la mayor intensidad del proceso tiene lugar en las hojas, penetrando el oxígeno a través de los estomas, por los que a su vez se expulsa el gas carbónico resultante.

Como hemos visto, el material combustible en la respiración es la glucosa, pero ésta no abunda en la planta que dispone de sustancias de reserva, generalmente en forma de almidón y grasas, que pueden ser transformadas por enzimas específicos en glucosa o sustancias afines, que forman ya el sustrato respiratorio. Tales sustancias de reserva resultantes de la actividad fotosintética, pueden almacenarse en las raíces, como la zanahoria o la remolacha que contienen azúcares y almidón; en ciertos tallos aéreos, como la caña de azúcar que contiene sacarosa; en los tallos subterráneos, rizomas, bulbos y tubérculos, que poseen fundamentalmente almidón; por último, en los frutos y semillas, en forma de almidón, azúcares y grasas.



Fig. 55. El gas carbónico desprendido enturbia el agua de cal.

EXPERIMENTOS

68. Demostración de la respiración de las plantas verdes

Se toma una planta cultivada en una maceta. Se introduce en una campana de vidrio que descanse bien sobre una superficie lisa. Se prepara un vasito que contenga una disolución de agua de cal o de barita que aparece totalmente incolora y transparente. Se introduce igualmente debajo de la campana de vidrio y se tapa el conjunto con un gran cúcurucho de papel negro, para impedir la fotosíntesis durante algún tiempo.

Observar que ahora el vaso contiene una disolución de color blanco lechoso y se deposita en el fondo del vaso un precipitado blanco insoluble.

El fenómeno se explica porque la planta, al respirar, produce anhídrido carbónico que reacciona con el agua de cal o barita, formando carbonato cálcico o bórico, según los casos, que son insolubles en el agua y que precipitan al fondo del vaso.

69. Respiración de las semillas

Tomar 100 gramos de guisantes secos; ponerlos en agua durante una noche. Después se lavan bien con agua fresca, y así mojados se introducen en un frasco de boca ancha, que se tapa cuidadosamente y se deja cerrado durante veinticuatro horas.

Al cabo de ese tiempo se destapa el frasco, se introduce en su interior una cerilla encendida y se comprobará que se apaga inmediatamente. Si se introduce otra cerilla encendida en otro frasco vacío semejante, que sirve de control, se observará que continúa ardiendo.

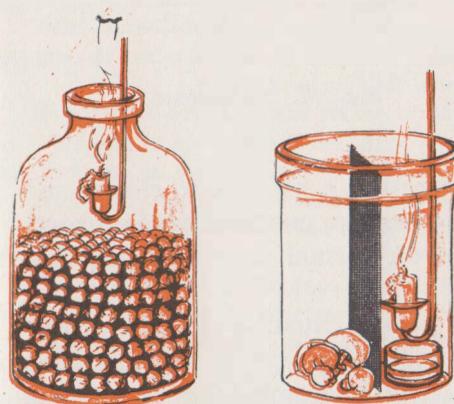


Fig. 56. Las semillas o las setas en su respiración producen anhídrido carbónico.

Las semillas respiran intensamente al comenzar su germinación por efecto de la humedad. Con ello consumen el oxígeno del frasco y lo sustituyen por anhídrido carbónico, que impide la combustión.

Se puede repetir este experimento con unas setas frescas, con raíces reservantes o con cebollas o patatas. El resultado siempre es el mismo. Las células vivas de los vegetales respiran, agotando el oxígeno y desprendiendo gas carbónico.

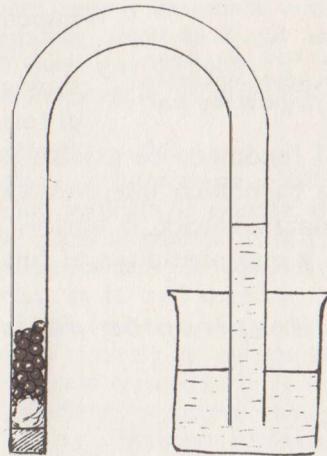


Fig. 57. RespiroscoPIO.

70. El respiroscoPIO

Para esta experiencia se necesita un tubo de vidrio de un par de centímetros de diámetro y 30 centímetros de longitud, acodado en forma de U. En uno de sus extremos se ponen unas cuantas semillas de guisantes, se ajusta a la boca un algodón humedecido y se tapa el extremo del tubo con un tapón de goma o corcho bien ajustado.

Colocar el tubo en posición de U invertida e introducir el extremo opuesto al que están las semillas en un vaso que contiene *ácido pirogálico*, al cual se añade un poco de disolución normal de *potasa cáustica*, una vez el tubo dentro del vaso.

La disolución de ácido pirogálico y potasa cáustica absorbe el oxígeno del interior del tubo, lo que se conoce porque el líquido del vaso asciende por la rama correspondiente de la U. Como falta el oxígeno, las semillas no germinan por no poder respirar, lo que demuestra que el citado gas es imprescindible para la germinación y que las semillas respiran.

71. Desprendimiento de calor en la respiración



Fig. 58. Calor en la respiración.

En un termo de los que se emplean para conservar bebidas calientes se introducen semillas de guisante humedecidas hasta cerca de la boca del recipiente. Se toma un termómetro de varilla y se hace pasar por un tapón de goma o corcho perforado que cierra herméticamente el termo, de manera que el depósito de mercurio se introduzca levemente en las semillas.

Al cabo de unas cuantas horas de germinación se observa una elevación de temperatura de varios grados, demostrativa de que en la respiración se produce un desprendimiento de energía térmica.

LA RESPIRACION ANAEROBIA

Todo lo expuesto anteriormente se refiere a la llamada *respiración aerobia*, o sea, la que se produce en presencia de oxígeno. Pero en algunos vegetales no verdes, como las levaduras, y en seres microscópicos, como las bacterias, existe otro tipo de respiración denominada *anaerobia*, es decir, en ausencia de oxígeno.

Tales seres toman su energía descomponiendo la glucosa sin necesidad del citado gas, de acuerdo con la reacción siguiente:



Este tipo de respiración recibe el nombre de *fermentación*, y es la que tiene lugar durante la elaboración del vino, la cerveza e incluso del pan (aquí el alcohol se elimina con la cocción).

Existen otros tipos de fermentaciones, como la acética, butírica, láctica, etc., en las que se producen diversos ácidos orgánicos, muchos de los cuales tienen interés industrial.

Por último, ciertos órganos vegetales, como las raíces y semillas, pueden realizar accidentalmente y durante un cierto período la respiración anaerobia en ausencia de oxígeno, descomponiendo la glucosa en alcohol etílico y gas carbónico. Así las raíces de las plantas que se encuentran en terrenos encharcados con escasez de oxígeno, respiran anaeróticamente produciendo alcohol etílico, que puede llegar a dañar las células e incluso matarlas si se realiza el proceso durante mucho tiempo. De ahí la importancia que tiene para la agricultura el airear bien el terreno mediante las labores oportunas.

EXPERIMENTO

72. La fermentación alcohólica

En un frasco bien limpio se pone una disolución de glucosa al 1 % en agua. Se añade un poco de levadura de cerveza y se deja bien tapado en un lugar de temperatura mediana y uniforme durante dos o tres días.

Después de ese tiempo la actividad respiratoria de las levaduras debe haber producido alcohol etílico, cuya presencia se pone de manifiesto mediante la prueba siguiente:

En un tubo de ensayo se echan unos centímetros cúbicos del contenido del frasco de fermentación. Se añaden unas gotas de disolución normal de *sosa cáustica* y a continuación un poco de disolución de *yodo*, hasta que el líquido tome color amarillo. Calentar suavemente el tubo de ensayo a la llama de un mechero de gas o alcohol sin que llegue a hervir y se obtendrá un precipitado de cristales amarillos de *yodoformo*, que desprenden un fuerte olor característico.

V. COMO SE REPRODUCEN LAS PLANTAS

Los seres vivos tienen un ciclo vital más o menos prolongado, a lo largo del cual van tomando del medio en que habitan sustancias que contribuyen a la *conservación* del individuo, animal o vegetal, mientras dura su vida. Esta conservación del individuo está, por lo tanto, fundamentada en la *nutrición*.

Todos los seres vivos se agrupan, según sus peculiares características, en *especies*, concepto biológico que ha sido muy discutido y que CUVIER definió como «conjunto de individuos que descienden unos de otros o de antepasados comunes y se parecen entre sí tanto como a sus padres». En esta definición predomina la idea de *reproducción*, que es a la conservación de la especie lo que la nutrición para el individuo.

La reproducción de los seres vivos es ineludible para la conservación de cada especie. Si los individuos de una especie dejan de reproducirse, dando lugar a otros semejantes que les sustituyan al terminar cada ciclo vital particular, la especie se extingue, como seguramente habrá ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra con muchas de las especies desaparecidas.

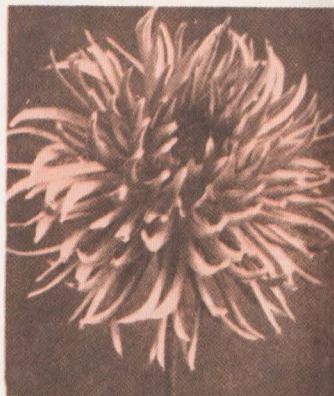
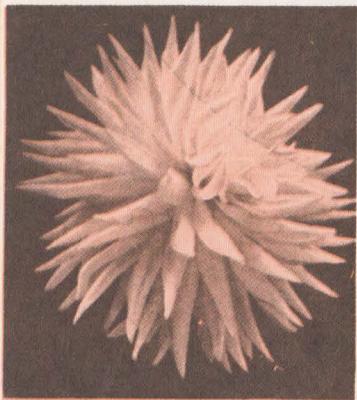
La *reproducción* de los seres vivos se ajusta a esquemas semejantes, tanto en los animales como en los vegetales. Naturalmente, varían notablemente los mecanismos que la realizan y los órganos que intervienen en la misma. En las líneas que siguen intentaremos mostrar cómo se reproducen las plantas, según sus distintos grados de organización, y qué posibilidades tienen de perpetuarse en nuevos descendientes.

REPRODUCCION DE LAS PLANTAS UNICELULARES

Nuevamente encontramos el problema funcional de que la célula única que forma el aparato vegetativo de este tipo de plantas también está encargada de realizar las funciones de reproducción.

Para ello la planta no tiene otro camino que dividirse en otras dos *células hijas*, generalmente mediante un proceso de escisión que se llama *mitosis* o *cariocinesis* y que es el mecanismo de reproducción más extendido entre las células. El resultado es que de una célula *madre* se producen dos células *hijas* que alcanzan el mismo tamaño y caracteres idénticos a su antecesora.

Algunas plantas unicelulares presentan un mecanismo de división binaria muy interesante, en el cual la célula madre produce una especie de protuberancia o *yema* a la que penetra la mitad del contenido nuclear de aquella. Después, la yema se aísla del protoplasma de la célula madre y puede comenzar a reproducirse de nuevo por el mismo mecanismo sin separarse de su antecesora. Este proceso se llama *gemación* y es frecuente entre las levaduras observar cadenas de células de tamaño decreciente que representan otras tantas generaciones.



EXPERIMENTOS

73. La reproducción de las algas unicelulares

Se coge un poco de «verdín» del tronco de un árbol. Se separa con cuidado sobre un porta con una gota de agua y se protege con un cubre. Observar con el objetivo de máximo aumento.

Aparecen células que están en período de división, unidas aún bajo la misma envuelta celular. Como sabemos, se trata de un alga clorofícea unicelular denominada *Pleurococcus*.

74. La gemación

Sobre un porta con una gota de agua se pone un poco de levadura de cerveza y se extiende bien. Proteger con un cubre y observar con el objetivo de máximo aumento.

Se ven células unidas en forma de cadenas cortas en *gemación*. Con un poco de paciencia puede seguirse perfectamente todo el proceso de aparición de la *yema* y la formación de la célula hija procedente de ella.

LA REPRODUCCION DE LAS PLANTAS PLURICELULARES

Las plantas pluricelulares tienen variadísimos mecanismos para su reproducción, pero todos pueden reducirse a dos tipos: la reproducción *vegetativa* y la reproducción *sexual*.

LA REPRODUCCION VEGETATIVA

Se llama también *asexual* y consiste en que una parte más o menos diferenciada del aparato vegetativo de la planta se separa de ésta y puede, en determinadas condiciones, dar lugar a un nuevo individuo.

Este tipo de reproducción puede consistir en la *escisión* o separación de una parte de la planta madre, tanto Talófito como Cormófito. En este segundo caso suele tratarse de una rama, una simple yema y hasta una hoja. En un grado de mayor complicación en este proceso pueden formarse órganos especializados para la reproducción, como son los ya conocidos rizomas, bulbos o tubérculos, los cuales, sin embargo, no dejan de ser parte del aparato vegetativo.

De esta particularidad que la Naturaleza presenta espontáneamente, el hombre puede aprovecharse para obtener procedimientos de reproducción vegetativa en gran escala, obteniendo plantas que son exactamente iguales que sus antecesoras. Tales procedimientos de reproducción vegetativa artificial son el *esqueje* o *estaca*, el *acodo* y el *injerto*. La explicación de estos procedimientos la haremos mediante los correspondientes experimentos.

EXPERIMENTOS

75. Los órganos de la reproducción vegetativa

Se llena un tiesto grande con arena o aserrín humedecido. Sobre la superficie se colocan trozos del rizoma de lirio o de helecho, unos cuantos dientes de ajo o unos bulbos de tulipán y una patata. Se entierran parcialmente y se conservan en un lugar iluminado, manteniendo la maceta bien regada, pero no con exceso, durante unos días.

Se podrá ver cómo de los rizomas salen hojas y raíces que pueden dar origen a nuevas plantas. Lo mismo ocurre con los bulbos y con el tubérculo, el cual produce uno o más tallos, que cortados con un trozo de la patata y transplantados a nuevas macetas pueden dar lugar a otras plantas.

Ante nosotros tenemos órganos vegetativos, tallos transformados, que en determinadas condiciones dan lugar a plantas iguales que sus antecesoras.



Fig. 59. Reproducción por tubérculos.

76. La escisión

Con cuidado, cortar una «pala» de chumbera y plantarla en un tiesto con tierra vegetal o arena. Cortar una rama de geranio y enterrar su extremo inferior en una maceta. Adquirir en una tienda de flores una begonia de hojas decorativas (*Begonia Rex*), una de las cuales se corta con unas tijeras en varios trozos, que contengan nerviaciones importantes, y se colocan sobre un tiesto con serrín humedecido, situándolo a la sombra en ambiente húmedo.

Al cabo de un cierto tiempo la chumbera comienza a producir nuevas «palas» y forma una nueva planta. Las «palas» son realmente tallos aplastados con clorofila y carentes de verdaderas hojas, que pueden reproducir el vegetal.

La rama de geranio se desarrolla y produce raíces, transformándose de esta manera en una planta independiente que florecerá profusamente.

Por último, en algunos de los trozos de hojas de begonia aparecerán unas pequeñas yemas, después unas raicillas y poco a poco se desarrolla una planta, al mismo tiempo que el resto de hoja muere y se destruye.

Todos los experimentos realizados nos demuestran cómo se pueden reproducir las plantas por *escisión* de alguna parte aérea de su aparato vegetativo.

77. El esqueje y la estaca

Cortar pequeños tallos de una planta de clave; cortar limpiamente su extremidad inferior y quitar las hojas cercanas a esa parte. Estos tallitos son *esquejes*, que pueden clavarse un par de centímetros en una maceta con tierra vegetal o arena.

Hacer trozos de tallos de rosal antes de que comience el desarrollo de las yemas en la primavera. Los trozos o *estacas* deben tener unos 15 centímetros, y se cortarán por debajo y por encima de yemas axilares separadas. Clavar las estacas en tierra, enterrando un par de centímetros el nudo inferior.

Se podrá observar que tanto los esquejes como algunas estacas brotan y se desarrollan, produciendo nuevos claveles o rosales. Muchas plantas de jardín o de huerta se reproducen mediante estos procedimientos.

78. El acodo

Si se tiene una planta de vid, puede hacerse en ella el siguiente experimento: Antes de la primavera se toma una de sus ramas y se entierra en parte sin separarla del tronco, sujetando el extremo libre a un soporte de madera que lo mantenga en posición vertical. Se riega frecuentemente la parte enterrada si es necesario.

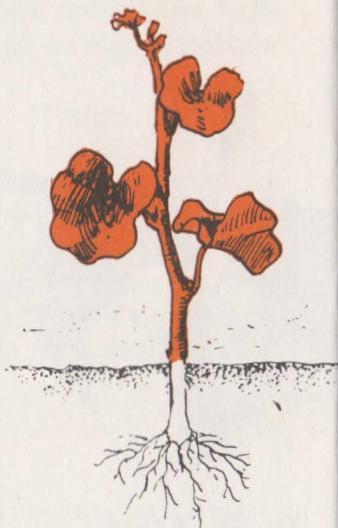


Fig. 60. El esqueje.

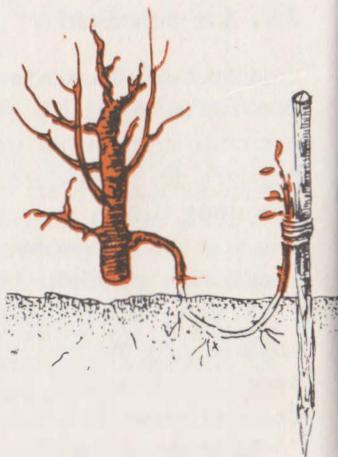


Fig. 61. El acodo.

Después de unas cuantas semanas, cuando brote la planta también brotará la rama semienterrada. Entonces se va cortando poco a poco durante varios días, hasta que quede separada totalmente. Entonces crece ya con total independencia, formando una nueva vida.

Este tipo de reproducción se llama *acodo* y es poco empleado en jardinería u horticultura, pero tiene el interés de su gran seguridad para la obtención de una nueva planta.

79. El injerto

Consiste en cortar el tallo de una planta llamada *patrón*, mediante una determinada sección o incisión, y adaptar en el corte una parte de tallo o simplemente una yema de otro vegetal de su mismo género. De este modo se pueden obtener plantas cuya parte inferior o *patrón* pertenece a especies o razas silvestres, generalmente fuertes y resistentes a las enfermedades, mientras que su parte superior o *injerto* pertenece a otra especie o raza muy afín, pero que produce hermosos frutos o flores. Hay dos tipos principales de injertos: el de *púa* y el de *escudete*.

El de *púa* consiste, generalmente, en una ramita debidamente aguzada que se adapta al tronco del patrón. Puede lograrse un curioso *árbol compuesto* del modo siguiente: Un tronco joven de almendro silvestre de unos tres centímetros de diámetro se corta con una sierra a metro y medio del suelo. Sobre la sección se hacen incisiones, en las que se introducen ramitas de 15 a 20 centímetros cortadas inferiormente en doble bisel (*púas*), cuidando de que la parte de los tejidos conductores del patrón y de la *púa* queden unidos. Las ramitas pueden ser de melocotonero, almendro y albaricoquero. Se atan con cuerda, o mejor rafia humedecida, y se embadurna la ligadura con betún de injertar.

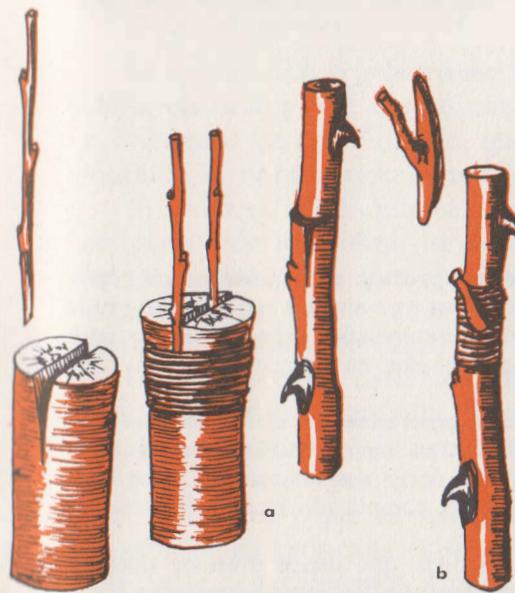


Fig. 62. a) Injerto de púa; b) de escudete.

Al llegar la primavera las púas brotan y poco a poco se irán desarrollando ramas distintas, que darán lugar a un extraordinario árbol que será capaz de producir tres clases de frutos diferentes.

El injerto de escudete se hace del siguiente modo: se necesita un patrón de rosal silvestre (escaramujo), se corta a una altura de un metro y se quitan todas sus ramas y yemas laterales. En la corteza se hace una incisión en forma de T, que llegue hasta el leño, separando los labios de la incisión.

A continuación se toma un tallo joven del rosal que se desee injertar. Se separa una parte del cilindro cortical de manera que contenga un nudo con su yema axilar. Se recorta con unas tijeras, de manera que forme una especie de escudete, de un par de centímetros de largo por uno de ancho, y se introduce en la incisión, atándolo a continuación fuertemente con rafia humedecida. Conviene realizar el injerto antes de que se inicie la primavera.

De esta manera se logran esos rosales llamados de *vara* o tallo alto que aparecen como un pequeño árbol. Injertando dos o tres variedades distintas sobre el mismo patrón se producen flores diferentes de gran efecto decorativo.

LA REPRODUCCION

POR ESPORAS

Tiene lugar solamente en las plantas Talófitas y es un procedimiento de reproducción vegetativa muy extendido en tales plantas, que alcanza un máximo grado de especialización, ya que se producen órganos diferenciados específicamente para esta misión reproductora que son llamados *esporangios*, en los que se forman unos gérmenes asexuales denominados *esporas*.

Las esporas son células o grupos de células generalmente recubiertas por una envuelta muy resistente y que cuando germinan dan lugar a nuevas plantas. Algunas plantas más evolucionadas que las Talófitas, como son los musgos y los helechos, también presentan esporas en una fase del complicado ciclo biológico que siguen y que ya estudiaremos.

Las esporas están muy extendidas en los hongos, que tienen diversos tipos de tales gérmenes a los que se dan distintos nombres. En las «setas» aparecen como una especie de polvillo negruzco situado en la parte inferior del sombrerillo y que en las debidas condiciones germinan dando lugar al micelio del vegetal.

EXPERIMENTO

80. El aparato reproductor del champiñón

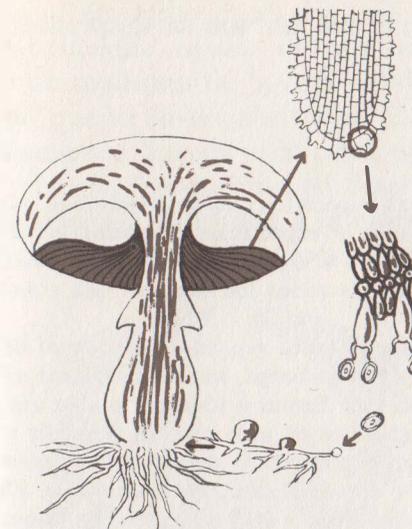


Fig. 63. Reproducción del hongo campestre.

En el experimento número 30 estudiamos la estructura del aparato vegetativo del hongo campestre o champiñón. Ahora examinaremos su órgano reproductor o seta.

Para ello debe cogerse una «seta» plenamente desarrollada, con el sombrerillo bien abierto. Se observa primero a simple vista, comprobando su forma de paraguas, con un eje o vástago central que es la *columnilla*, cuya parte inferior, redondeada, se une al micelio y la superior se expande, dando lugar al *sombrerillo*.

El sombrerillo o *píleo* tiene una superficie externa de color tostado claro, convexa y lisa. Por su parte inferior existen numerosas *laminillas* o *branquias* de color oscuro, que se disponen radialmente desde la columna al borde del sombrerillo.

Si se corta la columna a ras del sombrerillo y se coloca éste con su parte inferior sobre un papel blanco, dejándolo así durante unas horas, se observará que aparecen sobre éste unas hileras de gránulos negruzcos, que son esporas desprendidas de las laminillas y que conservan la posición de éstas.

Hacer ahora un corte muy fino del sombrerillo que pase transversalmente por una laminilla. Montarlo con glicerina diluida entre porta y cubre, observando al microscopio con gran aumento.

Se puede distinguir una masa celular interior llamada *capa subhimenial*, compacta y que es semejante a un conjunto de hifas del micelio. Al exterior de esta capa existe un estrato de células alargadas que constituyen la *capa himenial*. Algunas de tales células tienen forma mazuda y son llamadas *basidios*, específicas de este grupo de hongos y a las que deben su nombre de *Basidiomicetos*.

Sobre los basidios aparecen unas prolongaciones, que se denominan *esterigmas*, y que aparecen engrosadas en su extremo por unas esporas especiales, que son las *basidiosporas*. Estas son las que se desprenden al llegar a la madurez.

LA REPRODUCCION SEXUAL

Consiste en esencia en la fusión de dos células especiales que se denominan *gámetas* o *gametos*, formadas en órganos adecuados y específicos llamados *gametangios* para dar lugar a una célula inicial, el *huevo* o *zigoto*, que producirá, mediante sucesivas divisiones celulares, la formación de todos los órganos que constituirán el vegetal correspondiente.

Cuando los gametos son iguales entre sí, se dice que la reproducción sexual es *isógama*, existiendo algunos casos entre las algas. Sin embargo, lo más frecuente es que los gametos o células sexuales sean diferentes en forma y función, por lo que se llama reproducción *heterógama*. Uno de los gametos en este caso es pequeño y móvil por medio de flagelos, apareciendo en gran número y siendo considerado como gameto *masculino*, recibiendo el nombre de *anterozoide* o *espermatozoide*. El otro es grande e inmóvil, siendo siempre poco numeroso e incluso único. Se llama *cosfera* u *ovocélula*, y es la célula sexual *femenina*.

Los gametangios que forman anterozooides reciben el nombre de *anteridios*, mientras que los formadores de los gametos femeninos se denominan *arquegonios*. En las Espermatófitas el proceso es muy complicado, dando lugar a una profusa terminología, de la cual más adelante daremos a conocer los términos más importantes.

La célula-huevo o cigoto da lugar, por mitosis, al *embrión*, cuyo desarrollo produce la nueva planta. Es un proceso muy complejo y que se realiza de diferente forma en los distintos grupos de plantas, por lo que aquí daremos una ligera explicación de los casos más sobresalientes en cada grupo valiéndonos de algunos experimentos.

EXPERIMENTOS

81. La reproducción isógama de la *Spirogyra*

Prepárense unos filamentos de *Spirogyra* como se explicó en el experimento número 24. Enfóquese el objetivo de menor potencia hasta que se encuentren parejas de filamentos en *conjugación*. Entonces enfocar el objetivo más potente y observar el fenómeno con todo detalle en sus distintas fases.

Se verá cómo algunos filamentos están muy cerca el uno del otro y colocados paralelamente. Algunas de sus células presentan una especie de prolongación de su pared celular y parece que van al encuentro

una de otra, como en efecto ocurre en algunas parejas de células que ya han formado una especie de tubo, que va desde una de las células de un filamento hasta otra del situado paralelamente. Por el tubo pasa el contenido celular de una de las conjugantes, hasta fusionarse con el protoplasma de la otra célula, dando lugar a una célula-huevo especial que se llama *zigóspora*. El paso de la materia citoplasmática deja filamentos huecos y muertos que después se destruyen.

Las zigósporas pueden desprenderse de su filamento formando otros nuevos que dan lugar a la extensión de las madejas verdes de la *Spirogyra*. Este tipo de reproducción estudiado es típicamente una *isogamia*.

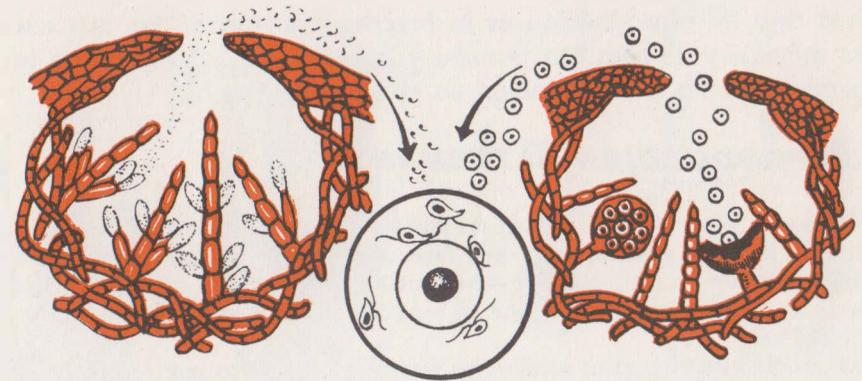


Fig. 64. Reproducción del *Fucus*.

82. La heterogamia del *Fucus*

El *fucus* ha sido descrito en el experimento número 25. Observemos ahora con detalle los extremos de algunas de sus expansiones laminares, en las que aparecen unos engrosamientos que contienen los *gametangios* y que se llaman *conceptáculos*. Se preparan cortes de varios *conceptáculos* montados en agua o en glicerina diluida.

Hay especies de *fucus* que producen en el mismo *conceptáculo* gametangios masculinos (*anteridios*) y femeninos (*oogonios*). En otros casos los *conceptáculos* sólo producen gametangios de un solo sexo. Por eso hay que observar varios para saber cómo son.

Los *conceptáculos* son unas cavidades incrustadas en el talo del vegetal. Tienen forma de pequeñas vasijas que se abren al exterior por un poro llamado *ostíolo*. Sus paredes están cubiertas de unos pelos estériles denominados *paráfisis*, que incluso salen por el ostíolo al exterior.

Los gametangios masculinos son pequeños y aparecen como unos corpúsculos alargados sobre algunos pelos ramificados. Los femeninos se ven como unos cuerpos más gruesos y menos numerosos, de color oscuro, que están colocados sobre una especie de pie.

Los anterozoides cuando llegan a su madurez salen del anteridio, y lo mismo ocurre en los oogonios con las oosferas, que quedan flotando en el agua del mar. A veces en la preparación puede ser vista una oosfera redonda y gruesa, rodeada de diminutos anterozoides dotados de un par de flagelos, con los cuales pueden nadar y acercarse a la oosfera para fecundarla.

Este tipo de reproducción es la *heterogamia* típica, con sus anterozoides móviles y de pequeño tamaño y la oosfera mucho mayor e inmóvil, produciéndose la fecundación en el agua marina.

LA REPRODUCCION ALTERNANTE

Los musgos y los helechos tienen un curioso ciclo biológico que consta de una fase sexual llamada *gametófito* y otra fase asexual que se denomina *esporófito*. Lo curioso es que tanto uno como otro constituyen aparatos vegetativos independientes y de desarrollo variable que se suceden alternativamente a lo largo del ciclo biológico.

Este proceso en el cual el gametófito forma el esporófito por reproducción sexual, y a su vez procede del segundo mediante reproducción asexual (por esporas), se conoce con el nombre de *metagénesis* o *reproducción alternante*.

EXPERIMENTOS

83. Ciclo del musgo

La plantita del musgo estudiada en el experimento número 31 constituye una parte del *gametófito*. Examinando la zona apical con el auxilio del microscopio puede verse que presenta unos pequeños macitos verdes, que son los *anteridios*, separados por expansiones laminares, de una especie de «botella», que es el *arquegonio*, el cual contiene una sola oosfera.

Al llegar la madurez de los gametos se produce la rotura del anteridio, y los anterozoides salen, nadan en el agua que siempre recubre el musgo y penetran por el cuello del arquegonio, fecundando la oosfera. Aquí puede decirse que termina el *gametófito*.

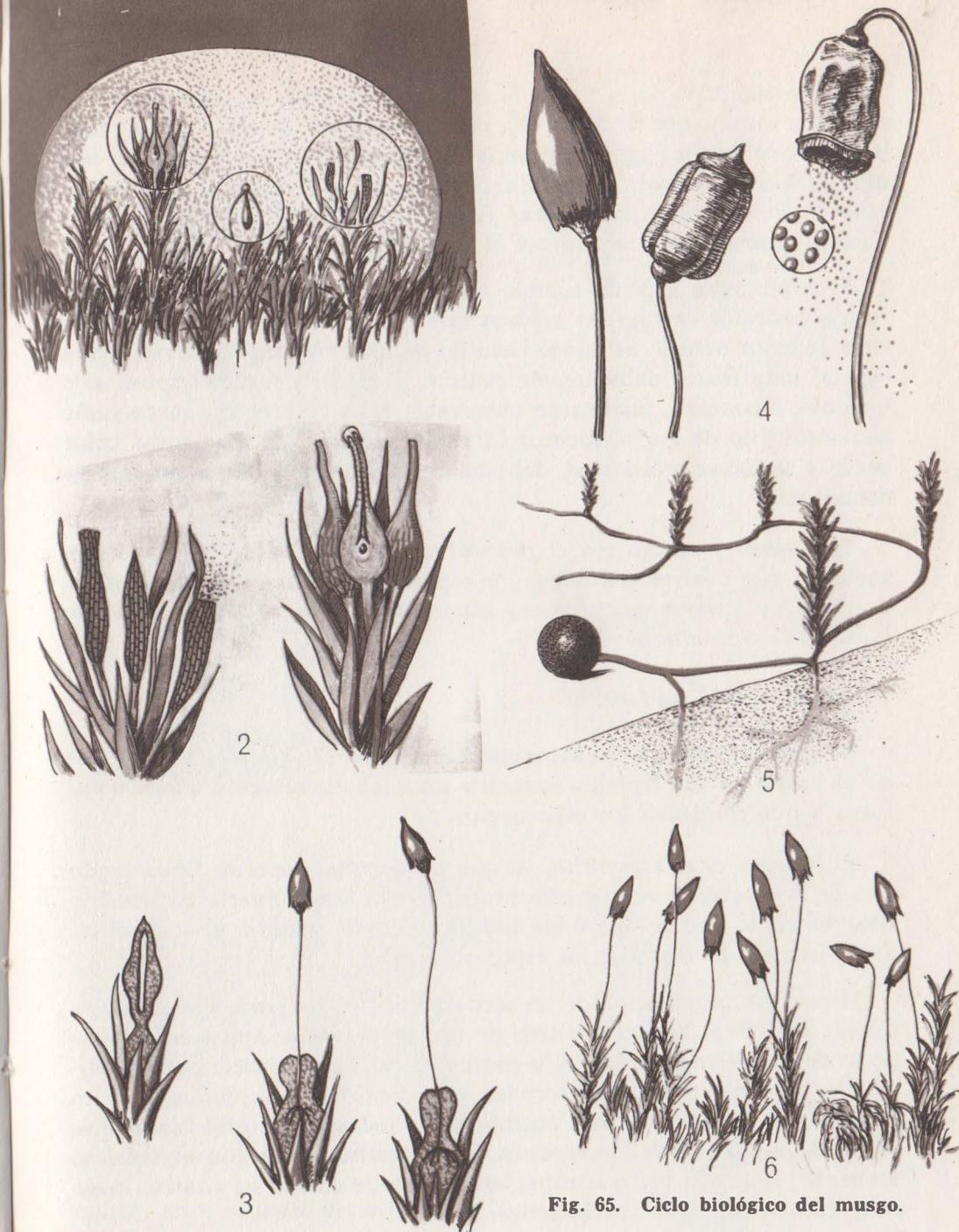


Fig. 65. Ciclo biológico del musgo.

Como resultado de la citada fecundación se forma un *embrión* sobre el mismo musgo, que se desarrolla produciendo un filamento largo y liso, la *seta*, que termina en una especie de cápsula o *caliptra*, cubierta por una envoltura llamada *cofia*. En el interior de la cápsula, que es un *esporangio*, se forman las *esporas*. El conjunto de seta y cápsula es denominado *esporogonio* y constituye el *esporófito*.

Si cogemos la cápsula cuando madura, que se conoce por su color rojizo, podemos extraer las esporas que aparecen como diminutas esferitas de color oscuro. Se puede hacerlas germinar en un tiesto con tierra vegetal muy fina y debidamente regada. Entonces de cada espора sale un doble filamento, fácilmente observable al microscopio con pequeño aumento. Uno de los filamentos forma el *rizoide* y el otro toma color verde y se llama *protonema*, del cual brota la planta de musgo que ya conocemos.

Protonema y musgo son el *gametófito* que procede de gérmenes asexuales, y que a su vez da lugar por reproducción sexual al esporogonio o *esporófito*. Ambos, gametófito y esporófito, son dos fases distintas de la *reproducción alternante*.

84. Ciclo del helecho

Se toma el helecho del experimento número 32. Ya hemos visto que en el envés de sus frondes aparecen unos abultamientos, que son los soros y que contienen los esporangios.

El helecho es el *esporófito*, ya que produce las esporas. Observando uno de los soros se ve que está protegido por una cubierta de sombrerillo achatado que se denomina *indusio*. Cuando madura el soro, el indusio permite la salida de las esporas.

Hacer una preparación de un soro maduro en un porta con glicerina diluida. Observar con el objetivo de menor potencia. Aparecen una especie de discos engrosados en la parte central, que contienen unos cuerpecillos oscuros que se desprenden con facilidad. Los discos son los esporangios, unidos a la base engrosada del indusio por unos filamentos, y los corpúsculos son las esporas. Si enfocamos éstas con el máximo aumento, se puede ver que están agrupadas de cuatro en cuatro, rasgo muy característico de los helechos.

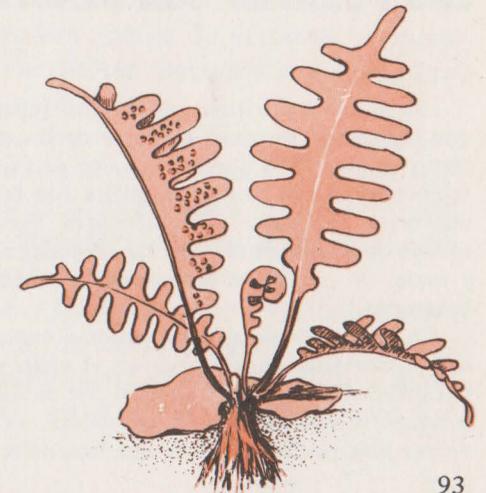
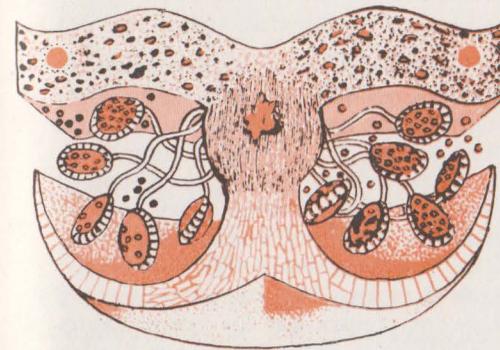
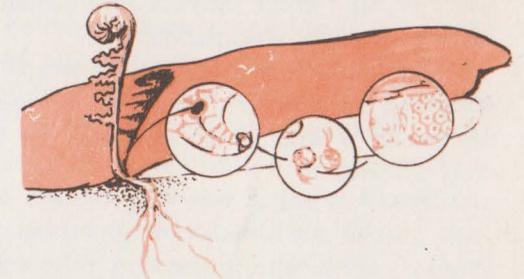
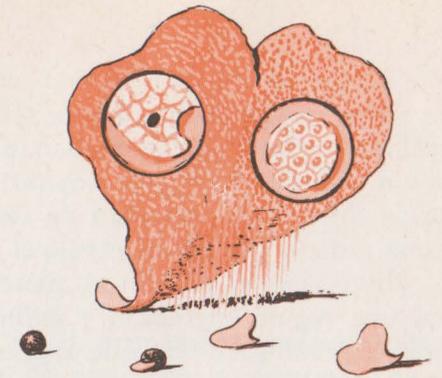


Fig. 66. Ciclo biológico del helecho.

Si las esporas caen a tierra y encuentran buenas condiciones de humedad y temperatura, germinan, pero no dan lugar a un nuevo helecho, sino a un pequeño órgano vegetativo de aspecto taliforme y laminar en forma de corazón, provisto de unos rizoides que le fijan al suelo. Se llama *prótalo* y es precisamente el gametófito.

Observando el prótalo al microscopio se puede ver en su parte central una región engrosada o *cojín* que presenta en el centro unas pequeñas prolongaciones, que representan los *arquegonios*, cada uno de los cuales contiene una oosfera. En la región próxima a los rizoides aparecen unos abultamientos casi esféricos, que son los *anteridios*, y que contienen los anterozoides.

Cuando los gametos maduran, los anterozoides nadan sobre el agua que puede recubrir el prótalo y fecundan a la oosfera. En el mismo arquegonio se forma el embrión, que se desarrolla sobre el prótalo, dando un tallo y una raíz que se introduce en el suelo. Es el nuevo helecho, que crece extraordinariamente, mientras el prótalo, de mucho menor tamaño, desaparece.

El helecho representa al *esporófito*, mientras que el prótalo constituye el *gametófito*. Como se ve representan dos órganos vegetativos diferentes y que viven aislados. Es un segundo ejemplo de reproducción alternante.

LAS PLANTAS CON SEMILLAS

Las flores constituyen el órgano reproductor de las *Antófitas* o *Espermáfitas*, que forman la inmensa mayoría de las plantas que nos rodean. Claro que el concepto vulgar de lo que es una flor es muy diferente del que tiene el botánico. Corrientemente una flor se identifica con la belleza llamativa y colorista de una rosa, un clavel, una dalia o una orquídea. Pero hay otras muchas plantas que tienen el mismo procedimiento para su reproducción, como son los cereales, trigo, centeno y maíz, sin que nadie las considere como portadoras de flores, a excepción de los botánicos.

En las líneas siguientes vamos a estudiar cómo es una flor, qué partes tiene y qué importante papel juega en el ciclo vital de las plantas que las poseen. Esto, naturalmente, es perfectamente compatible con la admiración y deleite que pueden producir a nuestro espíritu su belleza, su forma o su color, que en conjunto es una de las más perfectas obras que nos ofrece la Naturaleza.

EXPERIMENTOS

85. Partes de una flor

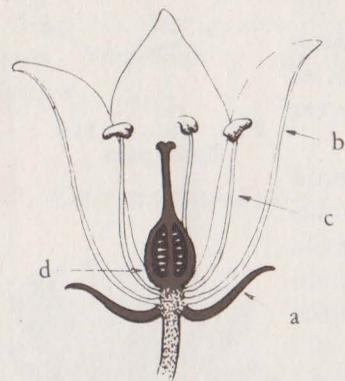


Fig. 67. La flor típica: a) cáliz; b) corola; c) androceo; d) gineceo.

En la primavera, coger unas flores de almendro o manzano, muy útiles para nuestro estudio. Son de color blanco o rosado, de aspecto delicado, y duran poco tiempo. Observar cómo la flor se inserta en el tallo por medio de una prolongación, que se llama *pedúnculo*. La parte superior del pedúnculo aparece ensanchada y engrosada y forma el *tálamo* o *receptáculo*.

Sobre el tálamo se observan cinco expansiones verdes, de aspecto foliáceo, que parecen la continuación de aquél. Se llaman *sépalos* y constituyen el *cáliz* de la flor. A continuación, más al interior, se encuentran otras cinco piezas de color blanco o rosado, que son la parte llamativa de la flor. Se llaman *pétalos* y en conjunto forman la *corola*. Cáliz y corola son las envueltas externas o *verticilos* protectores de la flor, constituyendo el *perianto*, que envuelve a los verticilos fértiles, que son la verdadera flor. En muchas ocasiones la flor carece de perianto, en cuyo caso se llama *desnuda* o *aclamídea*, siendo tan poco vistosa que pasa inadvertida, como ocurre en el chopo o en el trigo.

Arrancar los sépalos y los pétalos con unas pinzas. Aparecen los verticilos reproductores o fértiles, estando el más externo formado por numerosos *estambres*, en forma de macitos terminados en unas expansiones de color amarillo o rojo que manchan los dedos. El conjunto de estambres constituye el verticilo masculino o *androceo*.

Arrancar los estambres por su base y quedará sólo el verticilo femenino, que tiene una forma de botellita, de cuello largo y ensanchado levemente en su extremo superior. Recibe el nombre de *pistilo* o *gineceo* y en él se formarán las *semillas*, y en su caso tendrán origen los *frutos*.

86. Observación de diversas clases de flores

La flor descrita en el experimento anterior puede ser considerada como típica, porque está compuesta por todos los verticilos. Es una flor completa, cuyos sépalos y pétalos están separados entre sí. En tal caso se dice que el cáliz es *dialisépalo*, y la corola, *dialipétala*. Observar otras flores que tengan estas características.

Tomar ahora una flor de campanilla, planta muy frecuente en los jardines, que trepa por las paredes. Véase que tanto el cáliz como la corola tienen sus piezas soldadas entre sí, formando sendos embudos. Ahora el cáliz se llama *gamosépalo*, y la corola, *gamopétala*.

En ambos casos las flores son simétricas respecto a un eje central y sus piezas son iguales e igualmente distribuidas. Estas flores se denominan *actinomorfas*. Observar ahora la flor del pensamiento y la del dragoncillo o la digital. En el primer caso, los pétalos están sueltos, pero son desiguales, no teniendo nada más que un plano de simetría que divide la flor en dos partes simétricas. El dragoncillo o la digital tienen sus pétalos unidos, formando una prolongación en forma de tubo, también simétrica respecto de un plano como la anterior. Son flores que se llaman *zigomorfas*.

Fig. 70. Flor gamopétala.

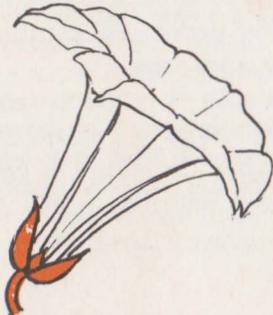


Fig. 71 a). Flores zigomorfas.
Fig. 71 b).



Fig. 68. Cáliz dialisépalo.

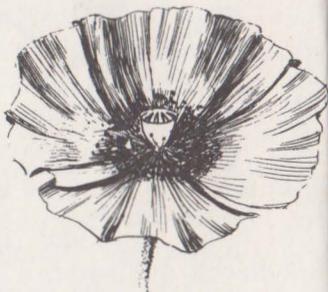


Fig. 69. Flor dialipétala.



Tomar una flor de azucena o de tulipán. Observar cómo hay un verticilo interno de tres pétalos y otro externo, pero igual al primero. La flor, aparentemente, no tiene sépalos y el cáliz y la corola son iguales. Este tipo de perianto se llama *perigonio* y sus piezas se denominan *tépalos*.

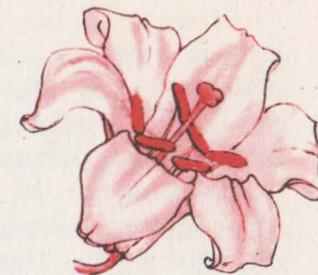


Fig. 72. Perigonio de la azucena.

87. Los estambres

Arrancar los estambres de una azucena, pues tienen gran tamaño y pueden ser bien estudiados. Constan de un *filamento* bastante largo, que se inserta en el receptáculo y que termina en una parte mazuda y alargada que se llama *antera*.

Con cuidado, hacer una sección transversal, montándola con un poco de glicerina diluida entre porta y cubre. Se ve que está formada por dos lóbulos o *tecas*, que tienen cada una dos *sacos polínicos* conteniendo unos granillos amarillos que son el *polen*.

Hay flores que sólo tienen androceo, por lo que se llaman flores *masculinas*.

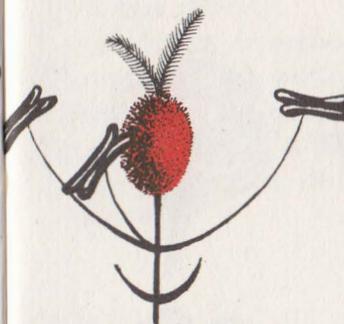
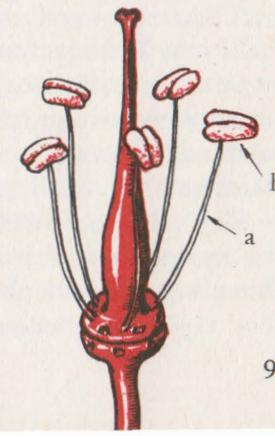


Fig. 73. Flor desnuda mostrando los estambres.

88. El pistilo o gineceo

En una flor de azucena, arrancar todas sus piezas hasta llegar al verticilo femenino, que es, como siempre, el más interno. Es el *pistilo* o *gineceo*, que consta de una región inferior, ensanchada y firmemente unida al receptáculo, que se llama *ovario*, y sobre él un filamento largo, de algunos centímetros, denominado *estilo*, que termina en un ensanchamiento mazudo que recibe el nombre de *estigma*.

Fig. 74. Estambres: a) filamento; b) antera.



El ovario presenta unos surcos longitudinales que muestran cómo está formado por tres piezas soldadas íntimamente y que reciben el nombre de *carpelos*, determinando en su interior tres cavidades, llamadas *lóculos*.

En el interior del ovario se implantan los *óvulos*, pequeños cuerpecillos que contienen los gametos femeninos. Hágase el corte transversal del ovario y se verán los óvulos implantados en el interior de los lóculos, los cuales aparecen separados por unos tabiques o *septos*.

Fig. 75. Gineceo:
a) ovario; b) es-
tilo; c) estigma.

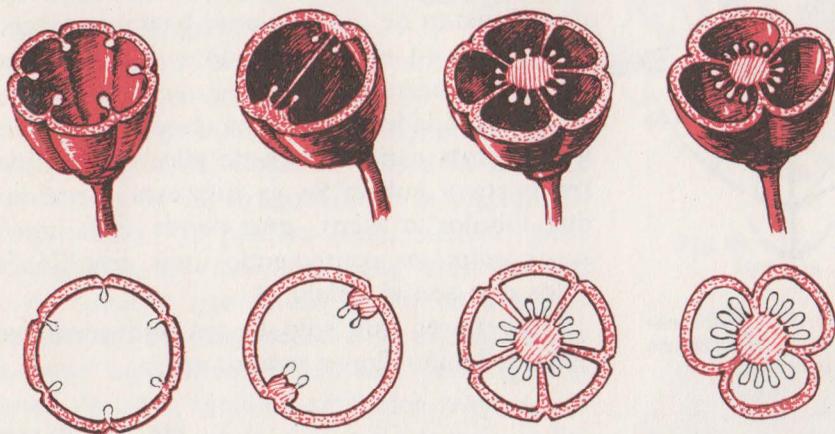


Fig. 76. Distintas formas del ovario.

El ovario de la azucena es *tricarpelar*, por estar constituido por tres carpelos, y *trilocular*, porque éstos determinan tres cavidades o lóculos. Carpelos y lóculos pueden existir en las flores en muchos tipos de combinaciones que tienen gran importancia en la clasificación de las plantas.

Hay muchas flores que sólo tienen pistilo, careciendo de androceo, por lo que se llaman *femeninas*. Tanto las flores masculinas como las femeninas son *unisexuales*, mientras que las que poseen sus dos verticilos reproductores se denominan *hermafroditas*.

89. El polen

Paseando por un bosque de coníferas en la primavera, sorprende la presencia en el aire de un polvillo amarillo, muy fino, que brilla a los rayos del sol que penetran entre el follaje y que da lugar a una especie de «lluvia de oro». El suelo aparece en muchos sitios cubierto de un polvillo semejante a polvo de azufre.

Este polvillo es el *polen* expulsado de los estambres cuando se ha producido la madurez de las anteras y la apertura de los sacos polínicos, dando lugar al fenómeno llamado *polinación*.

Recoger un poco de este polen y colocarlo entre porta y cubre con un poco de glicerina diluida. Hágase después una preparación semejante del polen de la azucena y obsérvense ambas preparaciones con el objetivo más potente.

La forma de ambos es diferente. El polen del pino tiene una curiosa forma, con una parte mayor y globulosa que lleva adosados dos *inflatos aéreos* que le sirven para sostenerse en el aire. Su superficie es totalmente lisa. El polen de la azucena es esférico, pero su superficie está erizada de numerosas espinitas que le dan aspecto de gran aspereza.

La explicación de tales diferencias es la siguiente: El polen debe llegar al gineceo de la flor para que se produzca la fecundación, dando lugar a la semilla. Este fenómeno se llama *polinización*, y puede realizarse sobre el gineceo de la propia flor si ésta es hermafrodita, en cuyo caso la polinización se llama *directa*. Pero es mucho más frecuente que tenga lugar entre flores diferentes, denominándose entonces *cruzada*. En tal caso, para llegar el polen hasta la parte femenina de la flor, puede hacerlo por el aire, como es el caso del pino, para lo cual se sirve de sus sacos aéreos laterales, que le permiten una más prolongada suspensión en el aire y, por consiguiente, una mayor probabilidad de alcanzar el gineceo correspondiente. Este tipo de polinización se llama *anemógama*, y lo presentan en general flores de aspecto insignificante que producen una gran cantidad de polen.



Fig. 77. La polinización.

En el caso de la azucena, son los insectos los que al ir de flor en flor trasladan el polen por medio de su cuerpo peludo. Para ello el grano de polen tiene la superficie cubierta de pinchos o prolongaciones que facilitan la adhesión al cuerpo peludo del insecto, que así lo traslada hasta la flor femenina. Este tipo de polinización se llama *entomógama*, coincidiendo con flores vistosas de colores vivos y aromas penetrantes, que sirven para atraer a los insectos.

El hombre puede realizar la polinización para realizar experimentos para obtener nuevas variedades o razas de plantas con flores o frutos de formas o colores nuevos, etc. Es la llamada *polinización artificial*.

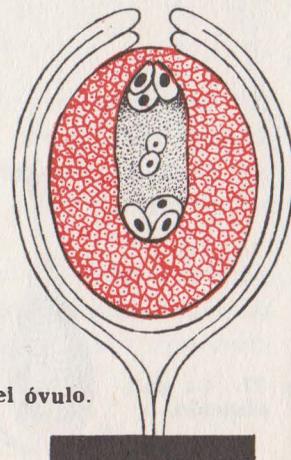
90. Estructura del óvulo

La preparación no es difícil, pero sí delicada a causa de la pequeñez del material. El óvulo debe ser de una especie que los presente de buen tamaño; por ejemplo, entre las corrientes, el jacinto o la azucena. Se hace una sección del ovario, se extraen los óvulos y se practican cortes longitudinales muy finos, montándolos entre porta y cubre con glicerina diluida, que hace más nítida la observación, que se realiza enfocando el conjunto con el objetivo de menor aumento y después estudiando algún detalle con el de mayor potencia.

El óvulo está unido a una parte engrosada del ovario, que es la *placenta*, por una prolongación llamada *funículo*. Tiene una forma elipsoidal y está revestido de dos cubiertas que reciben el nombre de *tegumentos*, que dejan en su parte superior un orificio llamado *micrópilo*.

El interior está constituido por un tejido parenquimático en forma de nuez, por lo que es llamado *nucela*, cuya parte inferior se une a los tegumentos por la *cálaza*. En la parte superior, cerca del micrópilo, puede verse un conjunto de ocho células cuyo conjunto forma el *saco embrionario* y que proceden de una gruesa célula que se designa con igual nombre. En la zona superior, junto al micrópilo, está situada una gruesa célula, que es el gameto femenino u *oosfera*, teniendo junto a ella dos más pequeñas y estériles: las *sinérgidas*.

Fig. 78. Estructura del óvulo.



Debajo hay otras dos células, generalmente unidas en una sola, que son los *núcleos polares*, y, por último, las tres células restantes, que son pequeñas y están muy próximas, se denominan *antípodas*.

Esta estructura es bien patente y puede ser observada con un poco de habilidad para hacer la preparación.

LA FECUNDACION

Una vez estudiadas prácticamente todas las partes de la flor, es necesario decir unas palabras sobre el proceso de la fecundación que conduce a la formación de la semilla y del fruto.

La fecundación comienza con la maduración del grano de polen (*polinación*) y su llegada al estigma del gineceo (*polinización*). El grano de polen tiene una estructura semejante a la de una espora, ya que contiene una envuelta externa, resistente y cutinizada, la *exina*, y otra interior, más delicada, formada de celulosa, llamada *intina*. Estas envolturas contienen dos células: una que se denomina *vegetativa* y da lugar al *tubo polínico* cuando germina el grano de polen, y otra que es la célula *generativa* que formará el gameto masculino.

Cuando un grano de polen llega al estigma de la flor queda allí adherido a un tejido esponjoso y húmedo que favorece la germinación del mismo emitiendo una prolongación que es el citado *tubo polínico*, que penetra por el estigma, continúa en el interior del estilo y llega hasta el mismo micrópilo del óvulo. Mientras tanto, la célula generativa del grano de polen se ha dividido en dos *núcleos espermáticos*, que a través del tubo polínico llega al saco embrionario. Uno se une a la oosfera, produciendo la fecundación y dando lugar a la célula-huevo o cigoto que posteriormente origina el *embrión*, del cual se formará la futura planta. El otro se une a una célula denominada *núcleo secundario* y que se forma por la unión de los *núcleos polares* del saco embrionario, resultando de tal fusión la aparición de un tejido nutritivo que en la semilla dará lugar al *albumen* y que sirve para alimentar al embrión durante la germinación de la semilla.

Fig. 80. La fecundación del óvulo.

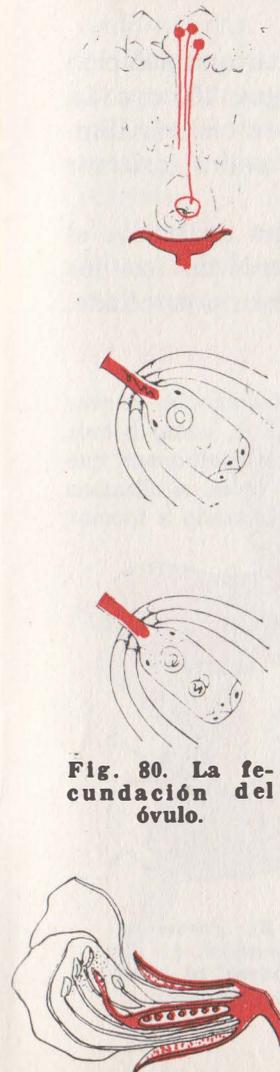


Fig. 79. Diversos procedimientos de polinización.





Fig. 81. Estructura y germinación del grano de polen.

EXPERIMENTO

91. Germinación del grano de polen

Se colocan unos cuantos granos de polen maduros en una solución nutritiva formada por gelatina, 3 gr.; sacarosa, 10 gr.; agua, 100 c. c. La solución se pone sobre un porta, colocado a su vez sobre un cristalizador pequeño. Se deja durante veinticuatro horas y se podrá observar cómo se emiten los tubos polínicos.

Teñir unos cuantos granos con safranina, que pondrá de relieve el núcleo vegetativo en el extremo del tubo polínico y cerca de éste los núcleos espermáticos, que aparecen como un corto filamento arrollado.

LA SEMILLA

Producida la fecundación, ya tenemos el órgano del cual se forman las nuevas plantas: la semilla, que es el óvulo fecundado y maduro. Contiene, como hemos visto, el *embrión*, que es la parte más importante de la *semilla*, y el *albumen*, que le proporciona las sustancias que necesita para iniciar su vida. A veces, el albumen es digerido por el embrión durante la formación de la semilla, pasando a formar parte del mismo.

EXPERIMENTO

92. Partes de la semilla

Tomar unas cuantas judías o unas almendras sin tostar. Ponerlas en remojo durante una noche, a fin de que se ablanden un poco.

Coger una judía y observar que tiene una cubierta externa resistente, que se puede quitar con cuidado. Aparece otra cubierta más delicada e interna. Son los *tegumentos* o cubiertas protectoras, que proceden de los del óvulo. Ahora la exterior se llama *testa*, y la interna, *tegmen*.

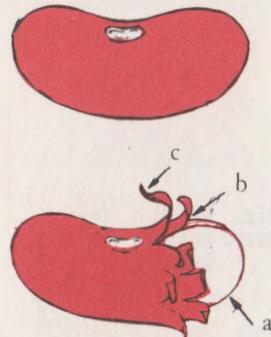


Fig. 82. Partes de la semilla: a) almendra; b) y c) tegumentos.

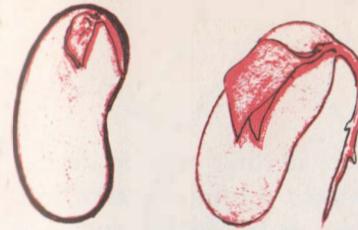


Fig. 83. Embrión y su desarrollo.

Debajo está la *almendra*, que presenta dos mitades, continuación del embrión, que es pequeño y situado lateralmente. Separar ambas mitades y retirar el embrión, que puede ser observado con una lupa potente. Es como una planta en miniatura. que consta de un tallito (*plúmula*), terminado en una pequeña yema apical (*gémula*) y que en la parte inferior tiene una pequeña raicilla (*radicula*).

Esta planta rudimentaria se continúa en las dos mitades de la judía, engrosadas y cargadas del albumen, que son los *cotiledones* u hojas embrionarias.

Raspar el corte de uno de los cotiledones y el raspado montarlo con un poco de agua yodada sobre un porta y proteger con el cubre. Se verán amiloplastos de una forma y estructura diferentes de los de la patata, lo que demuestra que contienen almidón como sustancia de reserva.

Estudiar otros tipos de semillas, tanto de dicotiledóneas como de monocotiledóneas, comprobando que todas ellas constan de las mismas partes.

EL FRUTO

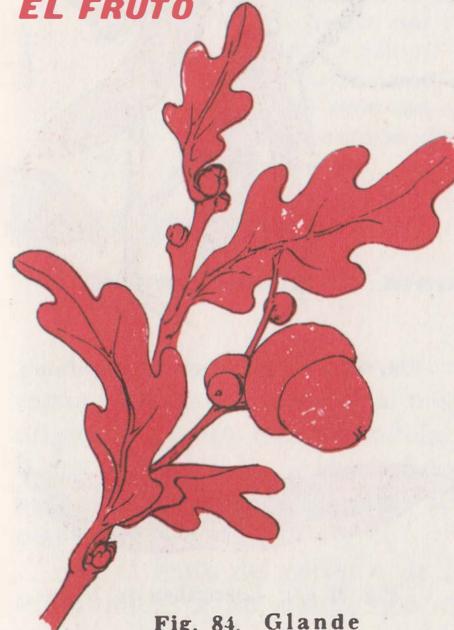


Fig. 84. Glande de la encina.

Es el ovario fecundado, que sufre grandes transformaciones hasta llegar a su madurez. Consta del *pericarpo*, que se forma por la transformación de las paredes del ovario u hojas carpelares. En su interior se encuentran una o varias semillas, dando lugar a los frutos llamados *monospermos* y *polispermos*, respectivamente.

El pericarpo tiene una estructura muy variada, pero siempre pueden distinguirse en él las siguientes zonas: *epicarpo* o capa externa, *mesocarpo* o capa central y la interna o *endocarpo*.

El fruto contribuye a la protección de la semilla mientras llega la estación favorable para la germinación, y en muchas ocasiones contribuye a su dispersión con el fin de extender el dominio de la especie vegetal correspondiente.

Los frutos son de formas muy variadas y su clasificación es, por consiguiente, muy prolija, en la cual no podemos entrar con detalle, por lo que sólo daremos algunos ejemplos muy característicos.

EXPERIMENTO

93. Observación de algunos frutos

Coger una bellota de una encina. Observar que tiene una especie de *cúpula* que la une a la rama. Es un fruto *monospermo* y también *seco*, porque no contiene pulpa jugosa alguna. El pericarpo es la cáscara dura y en su interior está la semilla, con sus tegumentos más finos y sus dos cotilédones. Este tipo de fruto se llama *glante*.

Examinar el fruto del guisante. El pericarpo es la vaina, que cuando aún está verde presenta bastante patentes su epicarpo y endocarpo, membranosos, y el mesocarpo, carnosos. Las semillas son los guisantes, varios en cada ovario, por lo que se trata de un fruto *polispermo* y *seco* que se llama *legumbre*.

Tomar un melocotón. La piel fina exterior es el epicarpo, la carne corresponde al mesocarpo y el «hueso» al endocarpo. Hacer un corte transversal del fruto, observando sus distintas capas y la única semilla que contiene. Los frutos de este tipo son *carnosos*, *monospermos* y se llaman *drupas*. Examinar otras semejantes.

Hacer un corte de un tomate y ver que contiene un pericarpo en parte carnosos y en cuyo interior hay numerosas semillas esparcidas por el fruto. Se trata de un fruto carnosos y *polispermo*, que se denomina *baya*.



Fig. 85 a). El guisante, legumbre.

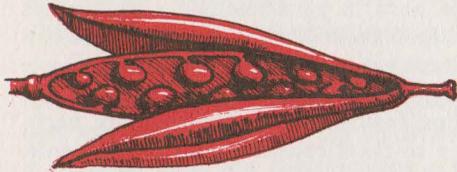


Fig. 85 b). Variante de la legumbre, Silicua.



Fig. 85 c). Legumbre del haba.

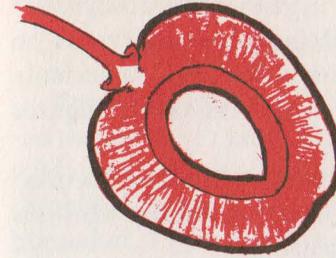


Fig. 86. Drupa.

Existen otros frutos secos y carnosos con una o con muchas semillas. Unos se abren al madurar y dejan escapar las semillas, por lo que son denominados *dehiscentes*. Otros, por el contrario, no se abren a la madurez, y se llaman *indehiscentes*. Entre los primeros está la legumbre del guisante, y entre los segundos, el glante de la bellota.

LA DISPERSION DE FRUTOS Y SEMILLAS

Tiene una gran importancia para la conservación de cada especie vegetal e incluso para extender su área de dominio. Son muy curiosos los mecanismos de que se valen las plantas, que forzosamente permanecen fijas en el suelo, para enviar lejos a sus semillas que darán descendientes en lugares cada vez más alejados, estableciendo una verdadera *colonización vegetal*.

Los frutos, con sus correspondientes semillas, pueden dispersarse por medio de tres agentes: el viento, constituyendo la dispersión *anemócora*; el agua, dando lugar a la dispersión *hidrócora*, y los animales, que realizan la dispersión *zoócora*.

Unas cuantas observaciones aclararán estos tres sistemas de diseminación.

EXPERIMENTO

94. Observación de mecanismos de dispersión

Anemócora. Coger los frutos del olmo o del arce. Ver que presentan expansiones laminares que al desprenderse las semillas permiten a éstas un extraño vuelo, manteniéndolas en el aire más tiempo y contribuyendo a que el viento las arrastre lejos del árbol del que proceden. Arrojar hacia arriba algunos de estos frutos (*sámaras*) y observar cómo caen planeando.

Ver el fruto del cardo o de la alcachofa. Observar que las semillas están unidas a un *vilano*, que se abre y es arrastrado por el viento a grandes distancias, transportando de tal modo las semillas.

Hidrócora. Es más restringida, pero muy importante. Comprobar cómo muchos árboles de las orillas de un río dejan caer sus frutos en el agua (nueces, avellanas) y cómo éstos son arrastrados por la corriente muchos kilómetros, quedando definitivamente depositados en lugares donde pueden germinar.

De un modo semejante se han poblado vegetalmente numerosas islas tropicales, aisladas muchos kilómetros unas de otras, mediante semillas (cocos, etc.) arrastradas allí por las corrientes marinas.

Zoócora. Observar la labor de las ardillas enterrando ciertos frutos. Algunos quedan abandonados y germinan, dando lugar a nuevas plantas.

Coger algunos «arrancamoños» y otros frutos semejantes. Observar que están dotados de garfios, que se agarran fuertemente al pelo de las ovejas y cabras, a la misma ropa del hombre, etc. Así son llevados lejos, contribuyendo a su dispersión.

Las aves son un elemento diseminador de primera clase. Comen la carne de los frutos, cuyas semillas llevan muy lejos y las abandonan si no son comestibles para ellas. Transportan en sus patas barro que contiene gran cantidad de semillas y las depositan a distancias enormes, como ocurre con las aves emigratorias.

Así se produce la dispersión de las plantas, sin contar con el hombre, que ha llevado de un lugar a otro numerosas especies, que se han podido propagar de un modo extraordinario. Por ejemplo, la patata no fue conocida en Europa hasta después del descubrimiento de América, de donde procede. Hoy, sin embargo, constituye uno de los vegetales más extendidos en los países europeos y un elemento fundamental de la alimentación.

LA GERMINACION DE LAS SEMILLAS

Cuando las semillas encuentran determinadas condiciones ambientales se produce el desarrollo del embrión y la formación de una nueva planta. Este proceso se denomina germinación.

Las semillas germinan cuando encuentran en el suelo condiciones favorables de *humedad*, *temperatura* y *oxígeno*. En ausencia de alguna de tales condiciones, las semillas no germinan, permaneciendo en un estado de *vida latente*, que en algunos casos puede prolongarse durante bastantes años. Sin embargo, esta capacidad para germinar, denominada *poder germinativo*, tiene su límite y, cuando se pierde, la semilla muere y se destruye.

EXPERIMENTOS

95. La germinación y la humedad

Tomar dos tarros de vidrio de boca ancha. Coger 100 gramos de guisantes secos y hacer dos partes. Una se coloca en uno de los tarros, cuidando que esté bien seco, y la otra en el segundo recipiente, pero echando un poco de agua que bañe las semillas y conserve después la humedad. Tapar los frutos y dejarlos varios días en un lugar semioscuro.

Obsérvese que sólo el segundo frasco presenta germinación de las semillas, mientras que las del primero, que carecen de *humedad*, se encuentran intactas.

96. Influencia de la temperatura

Repetir el experimento colocando las semillas en sendos tarros, humedecidos debidamente. Ahora se coloca el primero a temperatura ambiente y el otro en nevera, sin que llegue a la congelación.

Obsérvese que en el primero germinan las semillas perfectamente, lo que no ocurre en el segundo por falta de *temperatura* adecuada.

97. Necesidad de oxígeno

Se repite el experimento con los guisantes y los tarros. Ahora se pone en el primero agua hervida hasta que se llena totalmente, tapándolo bien. En el otro se colocan las semillas ligeramente humedecidas. Colóquense a temperatura favorable.

Al cabo de unos días se observará que en el primer tarro las semillas germinan muy poco o nada porque carecen de oxígeno, mientras que en el segundo lo hacen normalmente.

EL CRECIMIENTO

El desarrollo de las plantas tras la germinación se puede producir mediante el *crecimiento*, tanto en *longitud* como en *grosor*. Ya sabemos que este crecimiento se debe a la acción de los *meristemas*. Naturalmente que el desarrollo es mucho más intenso durante los primeros meses de la vida de la planta en sentido longitudinal.

El alargamiento citado tiene lugar en las zonas meristemáticas por multiplicación del número de células y por alargamiento de éstas. El crecimiento se produce, como ya se ha dicho, por la zona terminal de la raíz y en las yemas de los tallos. Su demostración puede hacerse mediante unas pruebas muy sencillas.

EXPERIMENTOS

98. Las zonas del crecimiento

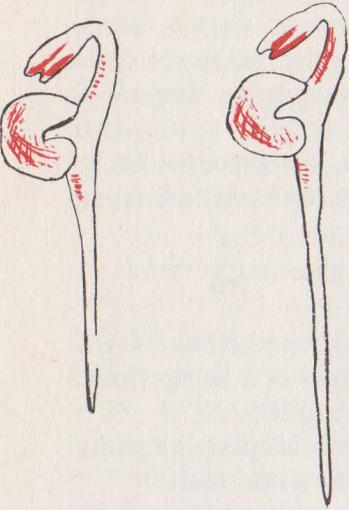


Fig. 87. Zonas de crecimiento de la raíz.

Se toman unas pequeñas plantas de girasol cultivadas en disolución nutritiva. Se dibujan con tinta china unos finos tramos tanto en la raíz como en el tallo, separados entre sí por un milímetro de distancia.

Pasados unos días se observan los trazos de la extremidad de la raíz separados por distancias mayores que las iniciales. Los trazados en la parte superior han permanecido a distancia inalterada.

En cuanto al tallo, los trazos que se han separado más son los próximos a la yema terminal. Después figuran los cercanos a los nudos más alejados de la base del tallo y, por último, los cercanos a esta zona, que no se han separado. Con ello queda demostrado gráficamente que la planta crece y la situación de sus regiones de crecimiento.

99. El auxanómetro

Demostrada la existencia del crecimiento, se puede igualmente probar la velocidad con que crece el tallo de la planta por medio del *auxanómetro*.

Puede construirse uno muy sencillo del modo siguiente: Un par de listones de longitud adecuada a la planta cuyo crecimiento se desea medir (por ejemplo, 20 centímetros de longitud y dos de anchura) se clavan sobre dos tacos prismáticos de dos centímetros de largo y uno de ancho, de manera que uno de los prismas quede en el mismo extremo de los listones clavados paralelamente y el otro situado a dos centímetros del extremo opuesto. Se hace un orificio a un centímetro del segundo prisma, hacia el borde de los listones, y por último se colocan éstos en posición vertical sobre una base de madera. Se toma un segundo listón de 30 centímetros de largo y se le corta de manera que tenga

forma de triángulo isósceles muy alargado y de dos centímetros de base. A un centímetro de ésta se practica una fina perforación, por la que se hace pasar un bramante delgado. A unos ocho o diez centímetros de dicha base se hace otro orificio más grande y se coloca el listón entre la abertura del soporte vertical de manera que coincidan sus respectivas perforaciones, por las que se hace pasar un grueso trozo de alambre que sirve de eje. Así, el listón largo quedará en equilibrio sobre su soporte, basculando hacia la parte del vértice.

Se toma una planta cultivada en maceta. Se ata el bramante a la región terminal del tallo cuidando no dañarla, con lo cual el listón quedará en equilibrio, pero según se produzca el crecimiento del tallo tenderá a bascular hacia el vértice y describirá un arco. Al vértice queda adosado un alfiler en sentido transversal que toque suavemente sobre un papel o vidrio ahumado colocado paralelamente al listón indicador. De tal manera quedará grabado el crecimiento, que se podrá calcular perfectamente por el arco descrito en la unidad de tiempo.

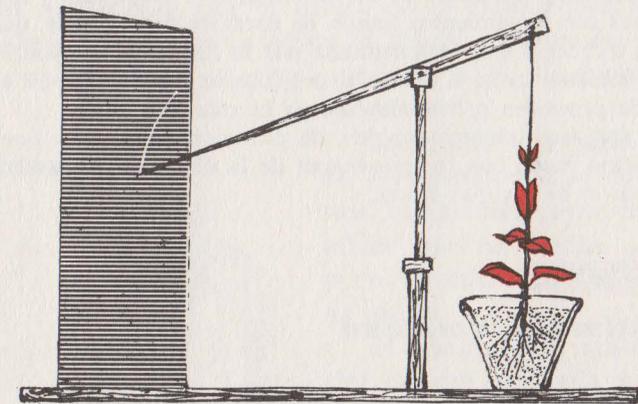


Fig. 89. Auxanómetro.

VI. LAS PLANTAS Y EL AMBIENTE

Las *funciones de relación* de las plantas tienen su origen en una propiedad denominada *irritabilidad*, que es la capacidad que poseen de reaccionar ante los estímulos exteriores del medio ambiente. Esta propiedad, general para todos los seres vivos, es inherente a la propia materia orgánica del protoplasma.

En los vegetales que se hallan ligados firmemente al medio en su mayoría, las funciones de relación son forzosamente limitadas, aunque no dejan de tener su importancia.

Tales funciones se manifiestan en dos principales direcciones:

- Por las reacciones del vegetal ante los estímulos del medio.
- Por las relaciones de las plantas con los demás seres vivos, con otras plantas y con las condiciones ambientales. Estas reacciones podríamos decir que constituyen las «*relaciones sociales*» de los vegetales y son el objeto de una parte muy importante de la Botánica llamada *Ecología Vegetal*.

REACCIONES ANTE LOS ESTIMULOS

Las plantas reaccionan ante determinados estímulos mediante ciertos *movimientos*. El movimiento está muy limitado en el mundo vegetal y solamente las plantas acuáticas unicelulares pueden realizar una verdadera *locomoción* o traslado de lugar. Pero las plantas terrestres pueden responder a los estímulos ambientales mediante movimientos parciales de una determinada parte de su aparato vegetativo, fundamentalmente el tallo y la raíz.

Los estímulos son agentes físicos que actúan sobre todos los seres vivos y son principalmente: la *luz*, la *humedad*, la *gravedad* y los *contactos*. Ellos determinan en los vegetales dos clases de movimientos: los *tropismos* y las *nastias*.

Los *tropismos* son movimientos lentos, de carácter permanente, que realizan las plantas y cuya dirección está determinada por la del propio estímulo. Pueden ser *positivos*, si se realizan hacia el estímulo, o *negativos*, cuando tienen lugar en dirección opuesta. Se producen principalmente en la raíz y el tallo.

Las *nastias* son movimientos rápidos, de duración limitada, y que tienen lugar siempre del mismo modo con independencia de la dirección del estímulo. Son propios de las hojas o de algunas flores.

EXPERIMENTOS

100. El estímulo luminoso

Colocar unas plantas jóvenes de judía o girasol cultivadas en disoluciones nutritivas en una habitación en la cual la luz solamente penetre por un costado. Dejar las plantas durante unos días, vigilando lo que ocurre.

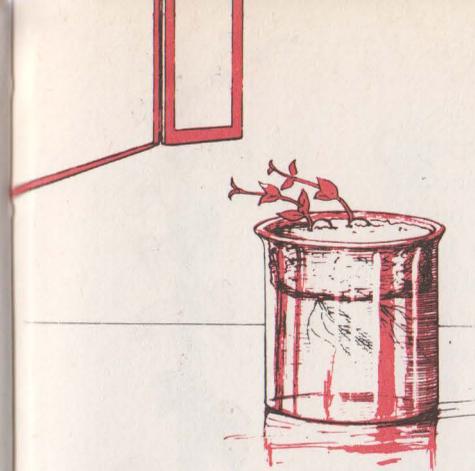


Fig. 90. Las plantas se orientan hacia la luz.

Se podrá observar cómo el tallo se curva hacia la dirección por donde penetra la luz, mientras que las raíces, si están iluminadas, lo hacen en sentido contrario.

Si se observa un campo de girasoles, se podrá ver cómo las hojas y las flores van siguiendo la dirección del Sol, ofreciéndole siempre la máxima superficie a la iluminación.

Esta propiedad se denomina *fototropismo*, siendo el del tallo positivo y el de la raíz negativo.

101. La influencia de la humedad

Se manifiesta especialmente en las raíces, que siempre crecen en sentido positivo a la presencia del agua. Tal propiedad se denomina *higrotropismo positivo*.

Para ponerlo de manifiesto se toma una criba pequeña, en cuyo fondo se colocan guisantes en germinación, cubiertos por serrín o algodón humedecido.

Las raíces aparecerán por el fondo de la criba tendiendo hacia la tierra, pero después se curvan sobre sí mismas buscando la humedad, que está en una posición anormal respecto a la dirección de su crecimiento.

102. La gravedad

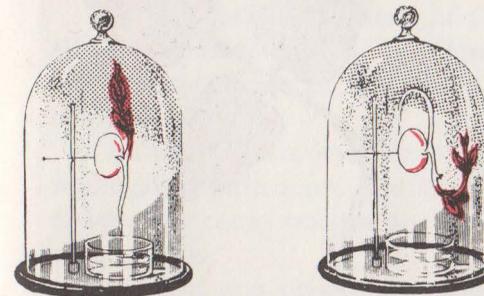


Fig. 91. Influencia de la gravedad.

Colóquese una semilla de judía en germinación, con su tallito y su raíz incipientes, atravesada por un alfiler que se pincha sobre un soporte de madera a unos centímetros de altura.

El conjunto se sitúa en el interior de una campana de cristal y se acompaña de un cristalizador con agua, para mantener la planta húmeda. Debe estar, además, bien iluminada, para que no influya la luz.

La planta crece normalmente, pero si giramos el alfiler 180 grados, la planta quedará invertida respecto a su posición anterior. Entonces puede verse cómo el tallo se curva poco a poco hacia arriba y la raíz hacia abajo hasta que vuelven a alcanzar su dirección normal de crecimiento.

Este fenómeno es el *geotropismo*, que es positivo en el tallo, motivado por la acción de la gravedad de la Tierra.

Fig. 92. Tallo voluble.



103. Los contactos

Ver cómo se arrollan los zarcillos de la vid a cualquier soporte. Igualmente observar los tallos de la madreselva, que se van arrollando en espiral sobre los troncos u otros objetos sobre los cuales se apoyan.

Son ejemplos de tropismos debidos al contacto sobre los soportes. Se denominan *tigmotropismos* o *haptotropismos* y son generalmente positivos, especialmente en las plantas trepadoras y tallos volubles.

104. El "sueño" de las plantas

Al anochecer, observar las hojas de la judía o de la acacia. Igualmente ver lo que ocurre con la flor del tulipán o del diente de león. Comparar su posición con la que ofrecen durante el día.

Las hojas de dichas plantas se pliegan hacia abajo o en dirección al eje central, según los casos, al llegar la noche, mientras que durante el día permanecen perfectamente extendidas. Lo mismo ocurre con las mencionadas flores, que se cierran al atardecer y vuelven a abrirse con la luz del día.

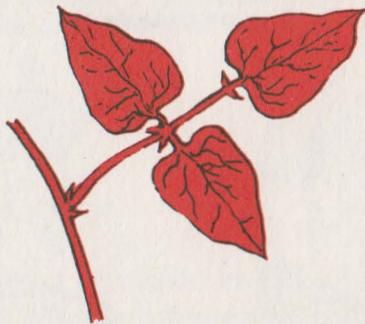


Fig. 93 a). "Sueño" de las hojas.

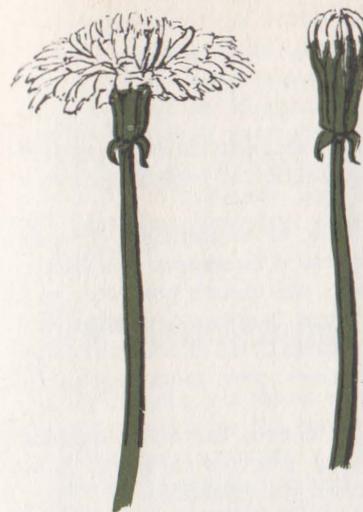


Fig. 93 b). "Sueño" de las flores.

Fig. 94. La sensitiva.



El fenómeno es una *nastia*, denominada *fotonastia* o *nictinastia*, y se debe a la influencia de la luz sobre las hojas o la flor, que adoptan lo que se llama *posición de vigilia* durante el día y *posición de sueño* durante la noche.

105. La sensitiva

En una floristería puede adquirirse una curiosa planta, llamada sensitiva o mimosa púdica, que tiene unas hojas compuestas, formadas por folíolos muy finos situados a lo largo de un eje central (*hojas pinnatí-compuestas*).

Cuando se toca levemente la parte superior de los folíolos, éstos se repliegan rápidamente a lo largo del eje. Al cabo de unos minutos puede observarse cómo poco a poco se vuelven a desplegar, tomando su posición normal.

El fenómeno observado es una *sismonastia*, movimiento rápido debido a choques y que se produce en algunas plantas.

LAS PLANTAS Y EL MEDIO

Las plantas se encuentran en la Naturaleza formando generalmente grandes asociaciones vegetales que presentan diferente aspecto según las especiales condiciones del medio en que habitan.

Se llama *flora* de una determinada región o territorio, el conjunto de especies vegetales que lo habitan. Llamamos *vegetación*, el aspecto o fisonomía que ofrece el manto vegetal que cubre una región. Un determinado país puede presentar una vegetación rica y una flora pobre, como ocurre con ciertos bosques formados fundamentalmente por una sola especie leñosa (hayedos, pinares). Por el contrario, hay zonas de flora muy rica, con numerosas especies vegetales, pero cuya vegetación es pobre, como algunas zonas esteparias.

El aspecto de las formaciones vegetales depende de ciertos factores llamados *ecológicos*, los principales de los cuales son la *humedad* y la *temperatura*. Ellos suelen determinar adaptaciones diversas a las condiciones ambientales.

La *temperatura* determina adaptaciones tales como las *yemas invernantes*, fenómeno ligado al reposo invernal de las plantas de climas templados o fríos. Las yemas auxiliares y la terminal quedan cubiertas por unas hojas escamosas denominadas *hojas pérulas*, a veces cubiertas de una especie de lana. Al llegar la primavera las yemas reemprenden el desarrollo y crecen normalmente.

Otra adaptación es la *geofilia*, que produce determinados órganos invernantes subterráneos, como los rizomas o bulbos, que permanecen en estado de vida latente. Durante el invierno, mientras la parte aérea muere, los órganos subterráneos pueden sobrevivir y conservar la posibilidad de brotar nuevamente al llegar la estación favorable.

La *humedad* tiene una enorme importancia en el aspecto de la vegetación y condiciona numerosas adaptaciones.

Si la humedad es muy grande, las plantas que viven en su presencia se llaman *higrófitas*, como las que habitan los grandes bosques ecuatoriales, que presentan hojas enormes, de cutícula muy delicada y con numerosos estomas para mantener la transpiración al máximo. Hay plantas que viven en el agua, unas flotando sus hojas en la superficie, como los nenúfares, otras sumergidas, como la elodea.

El extremo opuesto está formado por las plantas que viven en régimen de sequedad más o menos acentuada. Tales plantas se denominan *xerófitas*, reducen sus hojas de tamaño, disminuyen el número de sus estomas y su superficie foliar se hace coriácea o peluda para disminuir la transpiración. Muchas plantas de nuestros montes son xerófitas, como el romero, la retama o la adelfa.

Un grado mayor de adaptación a la falta de humedad la presentan las plantas de los desiertos, que pierden las hojas transformadas en espinas duras y sus tallos se hacen globosos o en formas extrañas, como de candelabros, adquiriendo la posibilidad de almacenar grandes cantidades de agua en sus parénquimas acuíferos. Tales plantas xerófitas se denominan *suculentas* o *crasas*, y entre ellas están las chumberas, los cactus y la pita.

Es interesante el hecho de que las plantas que habitan en climas muy fríos o en terrenos salinos presentan aspecto de plantas xerófitas, debido a que las condiciones del suelo determinan una *sequedad fisiológica*, de manera que las raíces no pueden absorber el agua circundante, a pesar de hallarse en abundancia.

Entre ambos extremos se encuentran las plantas llamadas *tropófitas*, que se adaptan a las condiciones reinantes en las distintas estaciones, tanto en humedad como en temperatura. Así, durante la estación húmeda, las plantas tienen aspecto de higrófitas, mientras que bajo condiciones adversas toman el aspecto de las xerófitas.

LAS ASOCIACIONES VEGETALES

Las plantas colonizan el suelo y las aguas formando comunidades muy diversas que dependen de las condiciones ambientales. Tales asociaciones son, por consiguiente, muy variadas, y además pueden ir cambiando a lo largo de los tiempos, pues los vegetales también compiten, como los animales o el hombre, por la posesión y dominio de un determinado espacio.

Unas veces ciertas especies avanzan en su área de dominio porque se adaptan mejor a las condiciones imperantes en determinado momento. Otras veces retroceden y son sustituidas por otras, o desaparecen totalmente si el clima se hace extraordinariamente adverso. Esto explica la existencia de yacimientos de carbón bajo los hielos polares, lo que demuestra la presencia de una abundante vegetación en esas mismas regiones en anteriores períodos geológicos.

Las asociaciones vegetales se clasifican según las especies predominantes en las mismas y que determinan la fisonomía de la vegetación. Pueden agruparse en:

- *Bosques.*
- *Matorrales.*
- *Praderías.*

El *bosque* es una asociación en la que predominan las grandes plantas leñosas, como son los árboles. Pero a ellos se unen plantas diversas, como trepadoras, epífitas, que son plantas herbáceas que viven sobre las ramas de los grandes árboles, hierbas, musgos, hongos, etc.

El aspecto del bosque está luego condicionado por el clima, y en general puede haber: la gran *selva ecuatorial*, grandes aglomeraciones vegetales, higrófitas, con follaje permanente y una flora extraordinariamente variada; la *selva monzónica*, semejante a la anterior y que presenta estación seca, y el *bosque de verano*, propio de las zonas templadas, que en muchas ocasiones está compuesto de una sola especie vegetal preponderante (abetos, robles, hayas, pinos, etc.).

El *matorral* o *garriga* está compuesto fundamentalmente por arbustos o matas leñosas de carácter xerófilo. En la primavera son muy abundantes además las plantas anuales herbáceas, como gramíneas y plantas de bulbo o rizoma, que dan al matorral un aspecto muy vistoso. Son muy abundantes en los países mediterráneos, en los cuales reciben distintos nombres, según los países (mancha, maquis, macchia), y en algunas regiones australianas.

La *pradería* está formada por plantas herbáceas, generalmente anuales, aunque pueden aparecer aisladamente arbustos y hasta árboles. Son muy diversas, según los climas, y se distinguen varios tipos importantes, como la *pradera*, en la que predominan las gramíneas y leguminosas, que se encuentra en regiones húmedas y frescas de climas templados; la *sabana*, que es una pradera con árboles aislados y propia de climas tropicales; la *estepa*, muy abundante en regiones templadas y frías de clima extremado, en la que abundan las especies vegetales muchas de ellas tropófitas o xerófitas; por último, en las regiones polares se presenta la *tundra*, formación pobre, escasa en vegetación, compuesta por algunas hierbas, musgos y líquenes, siendo su aspecto desolado y triste.

Con ello hemos llegado al final de nuestro recorrido por el mundo vegetal. El estudio práctico de esta última parte deberá consistir fundamentalmente en la observación directa de las distintas asociaciones vegetales, de la forma de las plantas predominantes en un territorio, de sus adaptaciones a las condiciones climáticas. Tales observaciones serán de enorme valor y contribuirán a lo largo de algún viaje, de alguna excursión escolar o en las vacaciones en la montaña o la playa, a ponernos en contacto con la realidad del mundo vegetal, que esperamos sea visto ahora con un nuevo interés y bajo un distinto prisma.

Muchas veces nos gustará tener un recuerdo de las plantas que hemos visto y, en la imposibilidad de trasladarlas o cultivarlas todas, es muy conveniente recurrir a la formación de un *herbario* o colección de plantas conservadas después de ser preparadas adecuadamente. Este será nuestro último experimento y el resultado práctico de nuestra observación directa de las plantas en la Naturaleza.

EXPERIMENTO

106. El herbario

Un herbario consiste en una colección de plantas desecadas y debidamente clasificadas. Las plantas que lo integran son fundamentalmente herbáceas, pero también pueden incluirse hojas y flores de árboles y arbustos. Naturalmente, el tamaño de los ejemplares del herbario es siempre limitado y en general no pasa de las dimensiones de una hoja de papel de tamaño folio.

El herbario bien preparado requiere las siguientes operaciones: recogida de ejemplares, clasificación, prensado y desecado y colocación en las hojas.

a) *Recogida de ejemplares*. Para ello se pueden aprovechar cuantas oportunidades se tengan de ir al campo o al bosque. La operación de recogida se suele llamar también *herborizar*. La mejor época suele ser

la primavera, por la abundancia de plantas y porque muchos árboles presentan su floración.

Las plantas herbáceas se recogen enteras, con sus raíces y sus flores, ya que estas últimas son la base de la clasificación. Pueden arrancarse por medio de una pequeña azadilla y limpiar inmediatamente las raíces de la tierra a ellas adherida. De los árboles se recogen hojas y flores o, en su caso, una rama con hojas y flores cuando las presenta juntas y no es de gran tamaño. Cada especie arbórea debe estar representada en el herbario por una hoja y una flor al menos.

Los ejemplares recogidos deben guardarse entre papel absorbente (el papel de periódicos es bueno para ello) y pueden ser transportados en un macuto o bolsa de costado.

b) *Clasificación*. Debe hacerse cuando las flores están aún frescas y presenten sus piezas en buen estado. La clasificación es importante, puesto que cada especie debe estar totalmente determinada en el herbario. En muchos casos bastará con saber el nombre vulgar de la planta recogida, pero el buen botánico aficionado deberá tener las plantas debidamente clasificadas científicamente, con su nombre genérico y específico.

Para hacer la clasificación es imprescindible el auxilio de una lupa potente, de al menos 10 aumentos, y desde luego hay que tener una clave sistemática. Son las más usadas la «*Flora Analítica de España*», de Caballero, y «*Flore complète portative de la France, la Suisse et de la Belgique*», de Gaston Bonnier. En esta última se contienen la mayor parte de las especies de la Europa central y occidental y es muy útil para la flora española.

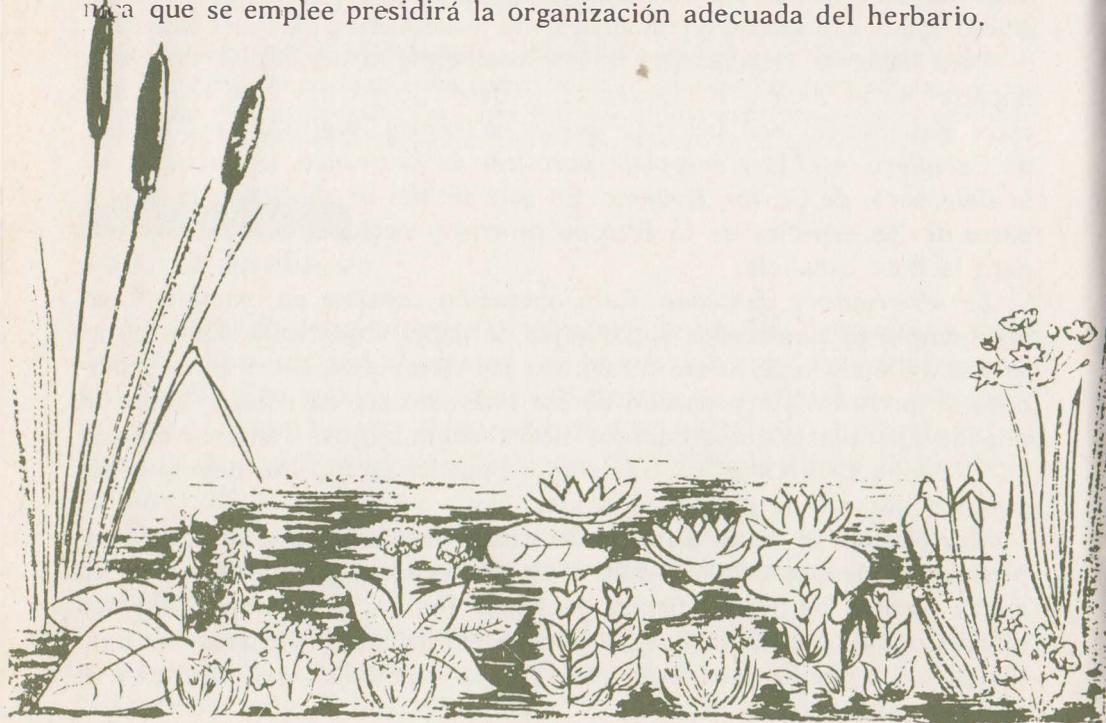
c) *Prensado y desecado*. Esta operación consiste en extender bien los ejemplares clasificados entre hojas de papel absorbente. Tales hojas se van apilando unas sobre otras, con los ejemplares entre ellas, y después se prensan. Un prensado de fortuna consiste en colocar sobre la pila de ejemplares unos cuantos libros voluminosos. También existen en el comercio prensas especiales, que pueden graduarse debidamente según el número de plantas recogidas.

Las plantas se dejan así durante varios días hasta que quedan completamente desecadas, ocupando el menor espacio posible. A veces, algunas plantas herbáceas tienen pequeños bulbos, presentando algunas dificultades al prensado. Pueden abrirse por la mitad y extraer su contenido, no dejando nada más que la capa superficial, que entonces se prensa y deseca fácilmente.

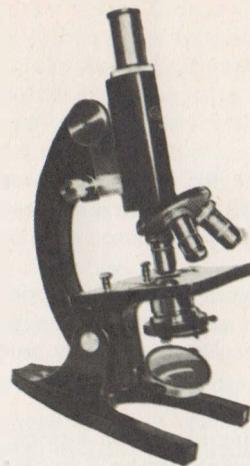
d) *Colocación en las hojas.* Las plantas preparadas se van colocando en hojas de papel adecuado y se ponen en su posición natural, sujetando el tallo y las flores con tiritas muy pequeñas de celofán adhesivo. Lo mismo se hace con las hojas de los árboles recogidas después de preparadas.

Las hojas de herbario pueden adquirirse en los comercios de material de enseñanza. Son de tamaño folio y están recuadrados marginalmente. En su parte inferior izquierda tienen otro recuadro más pequeño con varias anotaciones impresas para ser rellenadas. En las anotaciones figura el nombre del coleccionista, los nombres científico y vulgar de la planta, la localidad donde fue recogida y la fecha de su recolección.

Las hojas con los ejemplares pueden ser guardadas en carpetas de cintas que permiten colocar más o menos ejemplares, hasta un número bastante grande. En un herbario extenso, cada carpeta debe contener los ejemplares de una misma familia, y si ésta es muy extensa y se poseen numerosos ejemplares de la misma, se hacen subcarpetas por géneros. En ello, el buen criterio del coleccionista y la sistemática botánica que se emplee presidirá la organización adecuada del herbario.



I. APENDICES EL MICROSCOPIO



Descripción del aparato

En muchos experimentos descritos en este libro es necesario el empleo del microscopio. Hay actualmente muchos modelos de diferentes marcas y cuyos precios oscilan enormemente, desde los más modestos, prácticamente al alcance de todos los bolsillos, hasta extraordinarios instrumentos de investigación, sólo empleados por los especialistas.

Como es natural no será necesario un microscopio extraordinario, sino uno de modelo corriente, de tipo escolar, por ejemplo, con el cual se puede conseguir una buena observación de las preparaciones descritas en los experimentos.

El microscopio es un instrumento óptico de ampliación, que está compuesto de un *soporte* y una *parte óptica*. El soporte tiene un *pie* metálico bastante pesado que se articula con el *brazo*, en forma curvada, que sostiene el *tubo óptico*. Este puede ser de varias dimensiones, aunque tiene una longitud de 160 mm.

El tubo óptico se puede acercar o alejar de la preparación mediante un *tornillo micrométrico* o de *cremallera*, que sirve para realizar un primer enfoque. Para afinar éste existe un *tornillo micrométrico* que realiza el enfoque exacto.

El tubo óptico lleva en su parte superior una lente, el *ocular*, que es donde se aplica el ojo del observador. Su aumento es conveniente que sea de 6 a 10 diámetros. En la parte inferior existe un dispositivo en forma de disco giratorio, el *revólver*, donde se atornillan los *objetivos*, que están formados de lentes de gran aumento. Pueden ser tres, que con el ocular pueden producir ampliaciones de aproximadamente 60, 200 y 400 diámetros. El tubo óptico, con sus oculares y objetivos, constituye la parte fundamental del microscopio.

El *brazo* es una pieza metálica de forma curvada, que gira sobre el pie, sostiene por su extremo superior el tubo óptico y por el inferior lleva varias piezas importantes. Una es la *platina*, situada en posición horizontal y de forma cuadrada o circular, con un orificio central por el que pasa la luz. En su parte más inferior está situado un *espejo* montado sobre un eje giratorio y que tiene una cara plana y otra cóncava, que pueden usarse a voluntad. Todavía, entre la platina y el espejo, se encuentra el *condensador*, que está formado por una gran lente que concentra más o menos el haz luminoso sobre la preparación mediante un tornillo de cremallera. El condensador lleva también un *diafragma iris*, que permite una mayor o menor iluminación del campo óptico.

Manejo del microscopio

Ante todo debe cuidarse exquisitamente el instrumento, limpiándolo con asiduidad y manteniéndolo preservado del polvo y la humedad. La parte óptica se debe limpiar con un paño de hilo fino y bien limpio. No desmontar nunca las lentes del ocular y objetivos.

Una vez preparado el instrumento debe buscarse un lugar adecuado para el trabajo. El mejor puede ser sobre una mesa bien fija situada ante una ventana perfectamente iluminada. El microscopio se tralada sujetándolo siempre por el brazo y se apoya sobre la mesa de trabajo.

A continuación se hace que los rayos del sol penetren en el tubo óptico, para lo cual se gira el espejo, se abre el diafragma al máximo, se coloca en posición el objetivo menos potente y se mira por el ocular moviendo el espejo y enfocando el condensador hasta que el campo óptico aparezca uniformemente iluminado y esta iluminación sea máxima.

Cuando se desea hacer observaciones en todo momento, es conveniente disponer de una lámpara de mesa de brazo flexible, con una bombilla de 75 a 100 vatios de potencia y que se sitúa a nivel de la platina, sin que ésta quede iluminada por encima. La luz debe llegar al espejo, el cual se coloca en la posición adecuada del mismo modo que se procede con la luz solar.

La luz del manantial luminoso llega al espejo, donde sufre una reflexión y penetra por el condensador que concentra los rayos luminosos sobre la preparación sujeta sobre la platina. La luz la atraviesa y penetra en el objetivo, donde sufre una primera refracción, y a su vez en el ocular, donde se refracta por segunda vez formando una imagen virtual y de mucho mayor tamaño que el objeto observado.

II. LA PREPARACION

Es de mayor importancia hacer una preparación bien hecha. El éxito de la observación depende en un buen porcentaje de su confección.

Los objetos que han de ser observados se montan sobre unos rectángulos de vidrio de 7,5 x 2,5 centímetros, denominados *portaobjetos*, y se protegen con unos cristalitos, muy finos y de forma cuadrada, de 2,2 centímetros de lado, que se llaman *cubreobjetos*. Ambos se emplean tanto, que se conocen familiarmente como *portas* y *cubres*, y así los hemos mencionado en este libro.

Elementos auxiliares

Cortes o secciones

En muchas ocasiones el objeto es demasiado grande o grueso para ser observado y entonces hay que practicar un *corte* o *sección* del mismo, que puede ser *longitudinal* o *transversal*, según se realicen a lo largo o a lo ancho del objeto. Se practican con una navaja de afeitar o un bisturí bien afilado.

Cuando los cortes son de material delicado, o deben ser extremadamente finos, no pueden realizarse a ojo simplemente. Entonces se recurre a un sencillo instrumento llamado *microtomo*, que permite realizar cortes de algunas micras de grosor. El material se sujeta firmemente entre dos trozos de *médula de saúco*, que es muy blanda y elástica, y se introduce en el microtomo para practicar los cortes. Puede sustituirse el microtomo con dos trozos de caña de unos 15 centímetros de largo cada uno y que se cortan cuidadosamente matando sus aristas laterales y de manera que los extremos queden perfectamente planos. El material con la médula de saúco se coloca en la concavidad de una de las cañas y sobre ella se ajusta la otra, pero de forma que apoye firmemente la parte convexa de la misma. A continuación sobre los extremos horizontales situados al mismo nivel se van practicando los cortes. Con un poco de habilidad pueden sacarse cortes bastante buenos y finos.

Fases de la preparación

En algunos casos el material debe someterse a varias operaciones antes de ser observado al microscopio. Tales operaciones son las siguientes:

- a) *Fijado*.
- b) *Tinción*.
- c) *Deshidratación*.
- d) *Clarificación*.
- e) *Montaje*.

a) *Fijación*.—Sirve para matar y endurecer los tejidos de modo que queden fijados sin que se altere su estructura.

El corte se introduce en un vidrio de reloj con el agente fijador. Este puede ser *alcohol etílico de 70 %*, *líquido de BOUIN* o *solución de FLEMMING (1)*. El agente fijador debe actuar sobre el corte al menos quince minutos y a veces toda una noche. Después se lava con alcohol de 50 % o agua, si el agente es la solución de FLEMMING, de manera que se elimine totalmente.

b) *Tinción*.—Consiste en someter el corte a la acción de determinados colorantes que lo tiñen total o parcialmente poniendo de manifiesto determinadas estructuras. Hay muchos colorantes, algunos de los cuales son específicos de ciertas estructuras y que hemos indicado en el experimento correspondiente. La tinción puede ser *simple*, con un solo colorante, o *doble*, en la cual actúan dos colorantes, uno de los cuales suele actuar de *contraste*. En determinados casos pueden hacerse

(1) Preparación del líquido de BOUIN:

Acido pícrico (solución acuosa saturada)	75 c.c.
Formaldehído	25 »
Acido acético glacial	5 »

Solución de FLEMMING:

Acido crómico (solución acuosa al 1 %)	90 c.c.
Tetróxido de osmio (solución acuosa al 2 %)	24 »
Acido acético glacial	6 »

Ambos preparados se utilizan mucho para tejidos vegetales. El primero también se emplea para tejidos animales.

tinciones en las que se emplean más de dos colorantes y que son muy delicadas.

La tinción puede ser *progresiva*, cuando el colorante actúa hasta el momento preciso en que se alcanza la intensidad deseada. Existe también la tinción *regresiva*, en la que el tejido se colorea por encima de la intensidad necesaria y después de decolora mediante la acción de un agente llamado *diferenciador*, que disuelve parcialmente el colorante hasta el grado de tinción deseado.

c) *Deshidratación*.—En algunas preparaciones, especialmente en las que se realizan montajes permanentes o clarificación con aceites, deben eliminarse totalmente cualquier resto de agua existente en el material. Para ello se emplea el *alcohol etílico*, que tiene gran avidez para el agua y es un buen agente *deshidratante*. Pero la deshidratación no se realiza colocando directamente los cortes en alcohol puro o absoluto, ya que las células perderían el agua tan bruscamente que quedarían deformadas.

Para evitar tal inconveniente se emplea lo que se llama la *serie de alcoholes*, y que consiste en someter los cortes a la acción deshidratante de soluciones alcohólicas de diferente concentración hasta llegar al alcohol absoluto. En cada solución se tiene el corte durante unos dos minutos y se pasa a la siguiente. Se emplean las concentraciones siguientes: *alcohol de 30 %, de 50 %, de 70 %, de 90 % y alcohol absoluto*.

Se debe comenzar siempre la deshidratación por la concentración inmediatamente superior a la que se empleó para la tinción. Así, si el colorante estaba disuelto en agua, la concentración a aplicar será la de 30 %.

d) *Clarificación*.—Se emplea para la eliminación del agente deshidratante cuando éste sea alcohol etílico. Dan buenos resultados el *aceite de clavo* y el *xilol*.

Los cortes se dejan en el aceite clarificador durante unos dos o tres minutos, hasta que queden totalmente transparentes. A veces quedan con una leve película blanca, por lo que deben ser sometidos nuevamente al alcohol absoluto, ya que es indicio de que la deshidratación no ha sido completa.

e) *Montaje*.—Para examinar los cortes al microscopio debe procederse a su *montaje*, con lo cual finaliza la preparación. El montaje se realiza en todo caso, aunque el material no haya sido sometido a otro tipo de operaciones.

Puede haber montajes *temporales* y *permanentes*. En los primeros la preparación se destruye después de observada. En los segundos se guarda y forma parte de una colección, lo que implica la necesidad de un montaje adecuado para que dure indefinidamente.

El montaje temporal se puede realizar con agua o con glicerina mezclada con agua a partes iguales, que tiene un índice de refracción más elevado y, por consiguiente, permite una observación más nítida. Para montar la preparación se procede del siguiente modo: sobre un porta bien limpio se coloca el material bien extendido y encima se añade con un cuentagotas o una pipeta pequeña una gota de agua o glicerina diluida. A continuación se coloca el cubre, cuidando que no se formen burbujas de aire, para lo cual primero se apoya uno de sus lados sobre el porta en la proximidad del líquido de montaje, de manera que éste bañe la base del cubre y se adhiera a su parte inferior. Después se va bajando poco a poco apoyando su lado opuesto en una aguja enmangada y el líquido irá paulatinamente

bañando todo el cubre sin que queden burbujas de aire encerradas en la preparación. Al final se deja descansar totalmente el cubre sobre el porta, se elimina el líquido sobrante, si es que lo hay, y la preparación está lista para la observación.

Para el montaje permanente se procede del mismo modo, pero poniendo en el porta una gota de bálsamo del Canadá. Si a pesar de todo aparece alguna burbuja se elimina calentando ligeramente el porta sobre un mechero de gas o alcohol. El bálsamo se va secando y queda solidificado adhiriendo firmemente el cubre de manera que la preparación puede ser considerada como permanente. Es conveniente pegar una etiqueta sobre un extremo del porta, indicando el material, el método de tinción empleado y la fecha de preparación. Todo ello, con letra diminuta.

III. OBSERVACION DE LAS PREPARACIONES

La preparación lista para ser observada se coloca sobre la platina del microscopio y se sujeta con las pinzas metálicas que lleva adosadas. Se centra bien el porta, de manera que el corte o material queden en el centro del haz luminoso y en la línea del objetivo. Se enfoca primero el objetivo de menor potencia y se baja el tubo óptico mediante el tornillo de cremallera hasta la distancia adecuada, que suele ser algo más de un centímetro generalmente. Entonces se podrá ver aparecer la imagen del objeto y se podrá completar el enfoque afinando con el tornillo micrométrico.

Esta primera observación nos dará probablemente una imagen de conjunto de la preparación, suficiente en algunos casos para ver la forma y estructura del objeto. Pero en la mayoría de los casos es necesario enfocar a continuación uno de los objetivos más potentes, lo que permitirá observar algún detalle importante de la preparación o algún objeto de tamaño muy pequeño.



INDICE

	Pág.		Pág.
Preámbulo	5	Los alimentos de las plantas ...	56
Introducción	7	Cómo se realiza la nutrición:	
I.—Panorámica del mundo de las plantas	8	a) Absorción	57
II.—Los componentes de las plantas. Células y tejidos.	12	b) Circulación	63
Estructura de la célula vegetal.	12	c) Fotosíntesis... ..	65
Inclusiones citoplasmáticas ...	14	d) Transpiración	72
Los tejidos vegetales	16	e) Respiración	75
Clases de tejidos vegetales ...	17	La respiración anaerobia	79
La protección de la planta ...	18	V.—Cómo se reproducen las plantas	81
El esqueleto del vegetal	20	Reproducción de las plantas unicelulares	82
El tejido de sostén o esqueleto de las plantas leñosas	21	La reproducción de las plantas pluricelulares. La reproducción vegetativa	82
Los tejidos conductores	21	La reproducción por esporas... ..	86
Tejidos nutricios	23	La reproducción sexual... ..	88
Sustancias que producen las plantas	25	La reproducción alternante ...	90
III.—La forma y la estructura de las plantas	27	Las plantas con semillas	94
Esquema de la organización vegetal	27	La fecundación... ..	101
Los tipos de organización de las plantas	28	La semilla	102
Las Talófitas. Las algas	30	El fruto	103
Los hongos	34	La dispersión de frutos y semillas	105
Las Briófitas	39	La germinación de las semillas.	106
Las Cormófitas	39	El crecimiento	107
Estudio de la raíz	42	VI.—Las plantas y el ambiente.	110
La estructura de la raíz	44	Reacciones ante los estímulos.	110
El tallo	46	Las plantas y el medio	114
Estructura del tallo	51	Las asociaciones vegetales ...	115
La hoja	53	Apéndices	119
IV.—Cómo se nutren las plantas	56	I.—El microscopio	119
		II.—La preparación	120
		III.—Observación de las preparaciones	123

J. A. Arroyo

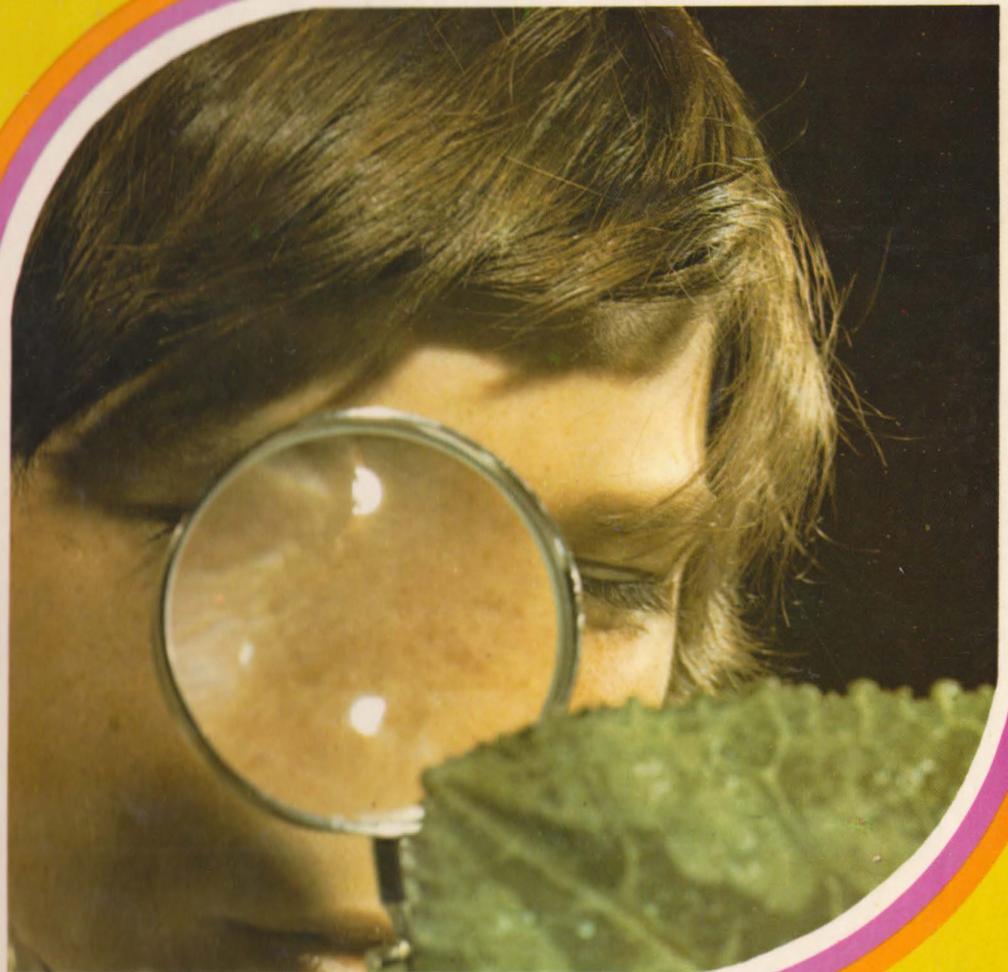


la botánica en experimentos

ENCICLOPEDIA DE LAS AFICIONES

la botánica en experimentos

20



ACIONES ALTEA

EDICIONES ALTEA

A decorative horizontal band consisting of three parallel stripes: a top orange stripe, a middle purple stripe, and a bottom white stripe.