

COLECCIÓN LABOR

MORFOLOGÍA Y
ORGANOGRAFÍA
DE LAS PLANTAS

Prof. Dr. M. NORDHAUSEN



EDITORIAL LABOR, S. A.

Como una viva proyección de las civilizaciones del pasado y de las obras más selectas y características de la época presente, los Manuales de orientación altamente educadora que forman la

COLECCIÓN LABOR

pretenden divulgar con la máxima amplitud el conocimiento de los tesoros naturales, el fruto del trabajo de los sabios y los grandes ideales de los pueblos, dedicando un estudio sobrio, pero completo, a cada tema, e integrando con ellos una acabada descripción de la cultura actual.

Con claridad y sencillez, pero, al mismo tiempo, con absoluto rigor científico, procuran estos volúmenes el instrumento cultural necesario para satisfacer el natural afán de saber, propio del hombre, sistematizando las ideas dispersas para que, de este modo, produzcan los apetecidos frutos.

Los autores de estos manuales se han seleccionado entre las más prestigiosas figuras de la Ciencia, en el mundo actual; el reducido volumen de tales estudios asegura la gran amplitud de su difusión, siendo cada manual un verdadero maestro que en cualquier momento puede ofrecer una lección breve, agradable y provechosa: el conjunto de dichos volúmenes constituye una completísima

Biblioteca de iniciación cultural

cuyos manuales, igualmente útiles para el estudiante y el especialista, son de un valor inestimable para la generalidad del público, que podrá adquirir en ellos ideas precisas de todas las ciencias y artes.

COLECCIÓN LABOR

BIBLIOTECA DE INICIACIÓN CULTURAL

La Naturaleza de todos los países. La Cultura de todos los pueblos. La Ciencia de todas las épocas

PLAN GENERAL

SECCIÓN I
Ciencias filosóficas

SECCIÓN II
Educación

SECCIÓN III
Ciencias literarias

SECCIÓN IV
Artes plásticas

SECCIÓN V
Música

SECCIÓN VI
Ciencias históricas.

SECCIÓN VII
Geografía

SECCIÓN VIII
Ciencias jurídicas

SECCIÓN IX
Política

SECCIÓN X
Economía

SECCIÓN XI
Ciencias exactas,
físicas y químicas

SECCIÓN XII
Ciencias naturales

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
MANUALES ESCOLARES
UNIATLANTICO

SECCIÓN XII : CIENCIAS NATURALES

VOLÚMENES PUBLICADOS

- Geología**, por el Prof. F. FRECH, de la Universidad de Breslau. Con 305 grabados, 38 láminas en negro y color, 3 planos en color y 5 gráficos. (3.ª edición).
- Introducción a la Botánica**, por B. FERNÁNDEZ RUIFRÍO, Con 91 grabados y 10 láminas. (3.ª edición).
- Zoología : I, Invertebrados**, por el Prof. L. BÖHMIG, de la Universidad de Graz. Con 117 grabados y 12 láminas. (3.ª edición en preparación).
- Zoología : II, Insectos**, por el Prof. J. GROSS. Con 56 grabados y 8 láminas. (2.ª edición).
- Antropología**, por el Prof. E. FRIZZI. (5.ª edición).
- Mineralogía**, por R. BRAUNS, Prof. de la Universidad de Bonn. Con 132 grabados, 12 láminas en negro y 2 en color. (2.ª edición).
- Los animales prehistóricos**, por el Prof. O. ABEL, de la Universidad de Viena. Con 56 grabados y 12 láminas. (2.ª edición en preparación).
- Petrografía**, por el Prof. W. BRUHNS, de Clausthal. Con 28 grabados, 5 láminas en negro y 2 en color. (2.ª edición).
- Los animales parásitos**, por el Prof. E. F. GALIANO, Catedrático de la Universidad de Barcelona. Con 108 figuras, 6 láminas en negro y 4 en color. (2.ª edición).
- La vida en las aguas dulces**, por el Prof. CELSO ARÉVALO, Catedrático del Instituto del Cardenal Cisneros. Con 85 figuras y 4 láminas en color.
- Introducción al estudio de la Zoología**, por F. GARCÍA DEL CID Y DE ARIAS, Prof. de la Universidad de Barcelona. Con 72 figuras y 8 láminas.
- Los animales marinos**, por ENRIQUE RIOJA, del Museo de Ciencias Naturales. Con 69 grabados, 16 láminas en negro y una en color.
- Citología y anatomía de las plantas**, por el Dr. H. MIEBE, de la Universidad agrícola de Berlín. Con 79 figuras.
- Geobotánica**, por D. E. H. DEL VILLAR, Secretario General y Técnico de la Comisión de Edafología y Geobotánica, de Madrid. Con 7 figuras, 61 láminas en negro y 2 en color.
- Los fundamentos de la Biología**, por el Prof. E. FERNÁNDEZ GALIANO, Catedrático de la Universidad de Barcelona. Con 188 grabados. (2.ª edición).
- Oceanografía física**, por el Prof. G. SCHOTT, de la Universidad de Hamburgo. Con 82 grabados, 17 láminas y 3 mapas en color.
- Morfología y organografía de las plantas**, por M. NORDHAUSEN, de la Universidad de Marburg. Con 123 figuras.
- Los vertebrados terrestres**, por el Prof. LUIS LOZANO REY. Con 80 figuras.
- El cuerpo humano**, por CH. CHAMPY, de la Facultad de Medicina de París. Con 60 láminas. (2.ª edición en preparación).
- Los microbios**, por P. G. CHARPENTIER, Profesor de la Escuela de Medicina de Dijon. Con 59 láminas.
- La herencia biológica**, por G. JUST. Con 48 figuras y 13 esquemas.

VOLÚMENES EN PREPARACIÓN

Paleogeografía.

Fisiología de las plantas, por A. HANSEN.

M. NORDHAUSEN

MORFOLOGÍA Y ORGANOGRAFÍA DE LAS PLANTAS

Traducción del alemán

por

E. FERNÁNDEZ GALIANO

EDITORIAL LABOR, S. A. : BARCELONA - BUENOS AIRES

Con 123 figuras en el texto

1930

ES PROPIEDAD

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
Introducción	7
I. Formas vegetales superiores e inferiores	9
II. Formación y disposición de los órganos vegetales ...	17
1. El punto vegetativo y la formación de órganos laterales.....	17
2. Los tipos fundamentales de la ramificación.....	20
3. Disposición de las hojas y ramificación	22
a) Tallos radiales	25
b) Tallos dorsiventrales	31
4. La disposición de los órganos florales y de los ejes de las inflorescencias	35
a) La flor	35
b) La inflorescencia	41
5. La disposición de las raíces	44
III. La forma y el desarrollo de los órganos de plantas superiores	46
1. La raíz	49
a) Caracteres generales	49
b) Forma y función de la raíz	50
2. Las hojas y el tallo	57
A. Las hojas	57
a) Caracteres generales	57
b) Forma y función de la hoja	67

	<u>Págs.</u>
B. El tallo	76
a) Caracteres generales	76
b) Forma y función del eje vegetativo	79
3. Las flores	87
A. La flor y sus órganos	90
a) Las envolturas florales	90
b) El androceo	93
c) El gineceo	95
d) El eje floral	99
e) Polimorfismo de las flores	100
f) El valor morfológico de las partes de la flor	102
B. Fruto y semilla	104
I. Pericarpio seco o coriáceo	105
II. Frutos carnosos	106
III. Frutos complejos e infrutescencias	107
4. Los otros órganos de las plantas	108
IV. Modificaciones en la forma y desarrollo de la planta y de sus órganos	111
1. Desarrollo vegetativo	112
A. Formas juveniles	112
B. Heterofilia de las plantas acuáticas	118
C. Formas de luz y de sombra. Xerofitas e higrofitas	124
D. Hojas superiores e inferiores. Rama foliácea y rizoma	126
E. Cambio de forma y de función de los órganos	131
2. Vegetación y reproducción	133
3. Alternancia de generaciones y dimorfismo sexual	140
4. Anomalías morfológicas	145
V. Los factores determinantes de la forma de las plantas	153
1. Los factores externos de la forma	153
2. Los factores internos de la forma	160
Índice alfabético	173

Introducción

El progresivo desarrollo de la parte de la Botánica que se ocupa del estudio de la forma de las plantas ha dado origen a dos ramas científicas que difieren entre sí principalmente por el modo cómo plantean las cuestiones, pero también por los métodos que emplean para su resolución, a saber: la Morfología y la Organografía.

La *Morfología*, que es la más antigua de las dos, analiza la forma exterior de la planta prescindiendo en absoluto de considerar la función de las diversas partes del vegetal, sirviéndose para ello del método *comparativo*, tanto en lo que respecta a las plantas adultas como a las que se hallan en vías de desarrollo. A los estudios morfológicos van estrechamente unidos los nombres de Wolff, Goethe, A. Braun, R. Brown, Celakovsky, Eichler, etc. Estos estudios, a los que debemos importantes descubrimientos, recibieron un notable impulso por parte de la teoría de la evolución, no obstante lo cual no tardaron los botánicos en darse cuenta de los reducidos límites en que se veían forzados a moverse dentro del campo de la Morfología.

Al revés que la Morfología, la *Organografía* trata de analizar con un criterio más amplio los problemas referentes a la forma de los vegetales, concediendo a

la función y a la significación de los órganos en la vida de la planta, así como a su adaptación a las circunstancias del medio ambiente, tanta atención como a los caracteres puramente morfológicos. Por otra parte, los métodos de investigación de la Organografía han sido ampliados modernamente por Goebel al introducir en ella la experimentación, naciendo de este modo la *Morfología experimental*, rama científica a la cual compete el estudio de importantes cuestiones tocante a los orígenes de la forma de los vegetales, que, englobadas hasta hace poco tiempo en los dominios fisiológicos (Fisiología del desarrollo, Mecánica del desarrollo), habían sido tratadas en general con cierto menosprecio; en esta clase de investigaciones se han destacado, entre otros, Hofmeister, Sacho, Voechting, Goebel, Klebs, y, como precursor, anterior en más de cien años a los citados autores, Knight.

Al redactar el presente Manual no hemos tenido la intención de subrayar el contraste entre la Morfología y la Organografía, como quizá pudiera inferirse del título del libro. Bástenos hacer la indicación de que los tres primeros capítulos estarán consagrados principalmente, aunque no exclusivamente, al estudio de cuestiones de Morfología entendida en sentido estricto.

I. Formas vegetales superiores e inferiores

Para caracterizar brevemente una planta por su forma suele decirse que pertenece, ya al grupo de los vegetales superiores, ya al de los inferiores, con lo cual se da a entender principalmente que la forma de su cuerpo alcanza un grado más o menos elevado de desarrollo, que se distingue por la mayor o menor complicación de su forma. Tratemos ahora de precisar este concepto.

Si comparamos entre sí los vegetales de mayores dimensiones que se ofrecen a nuestra vista, los cuales, sin excepción, son plantas superiores, por poca experiencia que tengamos en esta clase de observaciones notaremos fácilmente que dichas plantas, a despecho de la gran diversidad de su forma, presentan algunos rasgos comunes. Ante todo apreciaremos en ellas dos partes de aspecto francamente diferente, a saber: la raíz y el tallo, este último provisto de hojas. La mayor parte de las raíces, ricamente ramificadas, se extienden bajo el suelo, ocultas a nuestra vista. Por encima de la raíz se yergue el tallo, ya en forma de recio tronco leñoso, ya en la de un delicado y flexible vástago más

o menos abundantemente ramificado; en el tallo se implantan las hojas, de color verde.

Correlativamente a esta división del cuerpo del vegetal en dos partes (raíz y tallo) o en tres, si así lo preferimos (raíz, tallo y hojas), hallamos una cierta división del trabajo respecto a la cual debemos admitir que se ha establecido paulatinamente en el curso del desenvolvimiento filogenético del reino vegetal durante un período de tiempo infinitamente largo. A la *raíz* compete la función de aportar a la planta los alimentos minerales del suelo y de servirla de firme soporte. Las *hojas*, en tanto conservan su color verde, representan los lugares de producción de los alimentos orgánicos, elaborados mediante un proceso de asimilación que se verifica con intervención de la luz. En el *tallo* o *tronco* están distribuidas las hojas de una manera que favorece el acceso de los rayos luminosos a ellas.

Sin embargo, así como la forma de los diferentes órganos de la planta no corresponde en modo alguno a un tipo fijo e invariable, sino que es susceptible de múltiples modificaciones, tampoco la función de aquéllos está encerrada estrictamente en los límites antes enunciados. Si consideramos las hojas, por ejemplo, veremos que entre ellas figuran también, además de las comunes expansiones verdes de aspecto laminar de los árboles de nuestros paseos, las aciculares de los abetos; como hojas consideramos asimismo ciertas importantes partes de la flor (sépalos del cáliz, pétalos de la corola, etc.), las que, como es sabido, desempeñan una función independiente de la nutrición del vegetal.

Así, pues, los conceptos de raíz, hoja y tallo tienen en cierto sentido una significación más amplia acerca de la cual hablaremos más adelante.

La existencia de hojas distintas del tallo es un carácter común a las plantas superiores, así como también a los Helechos y a parte de los Musgos; designamos con el nombre de *cormo* a la forma vegetal así caracterizada y con el de *Cormofitas* a las plantas que la presentan. En contraste con el cormo tenemos el *talo*, recibiendo la denominación de *Talofitas* los vegetales que poseen esta forma; el grupo de las Talofitas está integrado exclusivamente por los seres más inferiores del reino vegetal, como Algas, Hongos, etc., plantas de pequeño tamaño en general, que se caracterizan solamente por la ausencia de los caracteres peculiares de las Cormofitas. No obstante, podemos reconocer en una seta una cierta división en partes, ya que en ella se distingue claramente el aparato reproductor, en forma de sombrero, de los llamados *filamentos del micelio*, que crecen bajo el suelo constituyendo una especie de tela de araña. No existen tallo ni hojas. Empero, lo dicho no excluye el hecho de que el talo pueda presentar una gran multiplicidad de formas.

Las formas de las Talofitas ofrecen al morfólogo un elevado interés porque en ellas pueden ser observadas todas las transiciones posibles entre las formas más sencillas y primitivas hasta las más complicadas que caracterizan a los vegetales superiores. Ofrecen, por consiguiente, una favorable oportunidad para seguir paso a paso las diversas etapas de una creciente división

del trabajo (diferenciación) y, con ello, la posibilidad de interpretar los caracteres fundamentales del cormo, el cual deriva filogenéticamente del talo. La forma más sencilla del talo está representada por los microorganismos que constan de una sola célula, como, por ejemplo, muchas Bacterias y Algas; las células hijas procedentes de la división de aquéllas se separan entre sí (fig. 1 a). Si, por el contrario, las células hijas quedan unidas, genéranse federaciones celulares, las cuales, según prepondere una u otra dirección en la división, afectarán la forma de filamentos (fig. 1 b), de láminas o de masas. Si en estas reuniones de células no se verifica ulteriormente división del trabajo, designanse con el nombre de *colonias celulares*, las cuales no deben ser confundidas con los *estados celulares*, formas más elevadas entre cuyas células surge una ulterior diferenciación.

FIG. 1. a, alga unicelular en división (*Chroococcus*); b, alga filamentososa (*Oscillaria*)

Establécese ya tal diferenciación cuando solamente ciertas células conservan su *capacidad de reproducción*, apareciendo en consecuencia una porción *vegetativa* del talo, en oposición a las restantes partes. La división del trabajo se acusa mucho más vigorosamente al establecerse la *polaridad*, esto es, la distinción entre base y ápice. A los fines de la fijación del organismo se constituye la base, ya unicelular, ya pluricelular, en forma de *órgano adhesivo* (fig. 2) discoideo o semejante a una raíz, mientras que por el otro lado se limita el crecimiento al extremo del talo para constituir un

punto vegetativo, que puede estar formado por una sola *célula inicial* (fig. 3) o por un grupo de *células embriónicas*, semejantes entre sí.

Mencionaremos asimismo la *dorsiventralidad* de aquellos vegetales que se extienden horizontalmente o se apoyan sobre un cuerpo sólido, en los cuales se reconoce exteriormente, o por lo menos en su constitución anatómica, una diferencia entre la cara superior y la inferior, esto es, entre el lado dorsal y el ventral.

La figura 4 representa a título de ejemplo una hepática cuya cara inferior se diferencia de la superior por la posesión de numerosos filamentos adhe-

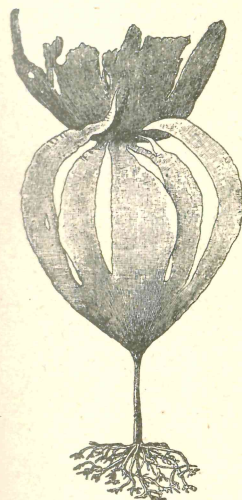


FIG. 2
Laminaria Cloustoni, pro-
vista de órgano adhesivo
(Según STRASBURGER)

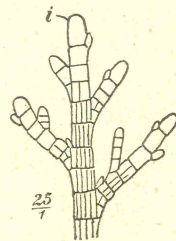


FIG. 3. *Stypocaulon scoparium*
Ápice del talo con
célula inicial i

sivos o *rizoides*. El talo alcanza su más elevado grado de desarrollo en aquellas formas que recuerdan más o menos claramente a las plantas superiores por la división en partes de su cormo. Muchas Algas filamentosas (*Chara*) dan ya ciertas ramificaciones laterales que, a diferencia de la ramificación terminal, presentan un crecimiento li-

mitado y ofrecen, en consecuencia, un aspecto semejante al de las hojas o de las ramillas cortas de los vegetales

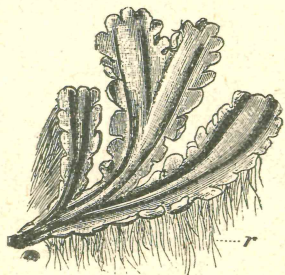


FIG. 4. *Blasia pusilla*. r, rizoides. (Según SCHENCK)

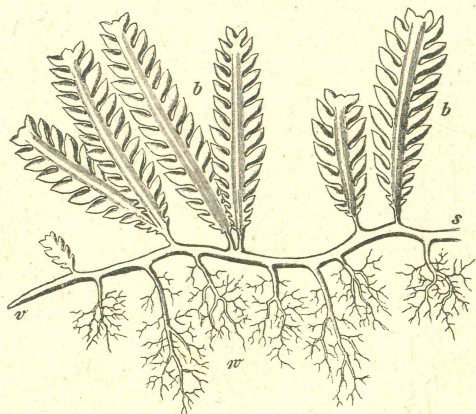


FIG. 5. *Caulerpa crassifolia*. Planta unicelular, con el tallo aparentemente diferenciado en tallo, s, hojas, b, y raíces, w, con el ápice en v (Según SACHS)

superiores (fig. 7). *Caulerpa*, por el contrario, a pesar de ser un alga «unicelular», crece sobre el fondo del mar

en forma de vástago horizontal, emitiendo inferiormente filamentos adhesivos (las Talofitas carecen siempre de verdaderas raíces) y hacia arriba órganos de asimilación de apariencia foliácea (fig. 5). Formas análogas a éstas, muy desarrolladas, se encuentran también en diversas Algas y, sobre todo, en muchas Hepáticas, en tanto que los demás representantes de dichos grupos de plantas presentan una típica forma de cormo. Existe, por consiguiente, en diversas Talofitas tendencia a la formación de un tallo provisto de hojas.

Las posibilidades de diferenciación del talo no se limitan en modo alguno a las que acabamos de mencionar. Conócense, en efecto, casos de formación de órganos encargados de

las más diversas funciones, entre los cuales citaremos solamente las *vesículas natatorias* de *Fucus vesiculosus*, los *órganos chupadores* de los Hongos parásitos y las singulares «flores-setas» brasileñas, esto es, aparatos reproductores de Hongos que por su forma y su color atraen a los insectos y facilitan de este modo la diseminación de las esporas (fig. 6).

En muchas plantas superiores se hallan eventualmente formas que ofrecen una cierta semejanza con las

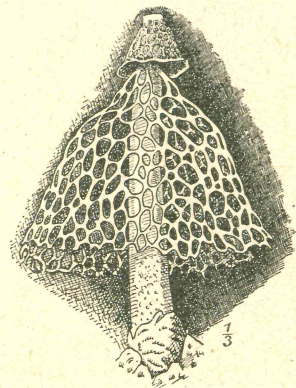


FIG. 6. *Dictyophora phalloidea*. «Flor-seta»

Talofitas, de las cuales se distinguen, sin embargo, por la posesión de flores (*Cormofitas reducidas*), y que derivan de un proceso de transformación regresiva de plantas superiores como consecuencia de una adaptación a la vida parasitaria. Ciertas formas del género *Pilostyles*, por ejemplo, hunden en el cuerpo de la planta huésped unas expansiones semejantes a los filamentos del micelio de un hongo, destacándose al exterior únicamente las flores.

II. Formación y disposición de los órganos vegetales

1. El punto vegetativo y la formación de órganos laterales

En las Talofitas más inferiores, las ramificaciones laterales del eje principal pueden surgir en un punto cualquiera de la planta, pero su posición se hace más fija y constante cuando, a consecuencia de los progresos de la diferenciación, se forma un *punto vegetativo*. Lo cual se hace ostensible en primer lugar por la circunstancia de que los órganos aparecen dispuestos sobre el eje principal serialmente en dirección al ápice, esto es, en dirección *acrópeta* (Algas, micelio de Hongos). Obsérvase, además, en muchas Talofitas y en todas las Cormofitas que los citados órganos nacen en la inmediata proximidad del punto vegetativo o en este punto mismo, de suerte que el punto vegetativo, además de estar encargado del crecimiento en longitud del eje mayor de la planta lo está también de la formación de nuevos órganos (fig. 3).

En atención a su gran importancia para la vida de la planta y a la posición sobresaliente que ocupa en el

conjunto del vegetal, hállase rodeado frecuentemente el punto vegetativo de dispositivos protectores especiales. No obstante, éstos pueden faltar en muchas Talofitas inferiores (por ejemplo, en Hongos y en muchas Algas), sobre todo cuando la planta es apta para reparar fácilmente las lesiones mecánicas de que pudiera ser objeto; pero en muchas otras ocasiones vemos que el punto vegetativo está eficazmente protegido contra las injurias mecánicas, ya por ocupar el fondo de una depresión, ya por arrollarse sobre sí mismo el ápice del talo, ya por hallarse rodeado de pelos o escamas. En las Talofitas más superiores, la protección del punto vegetativo corre a cargo de los brotes laterales u «hojas», las cuales lo rodean (*Chara*, fig. 7), estableciendo de este modo una transición a las yemas de las Cormofitas.

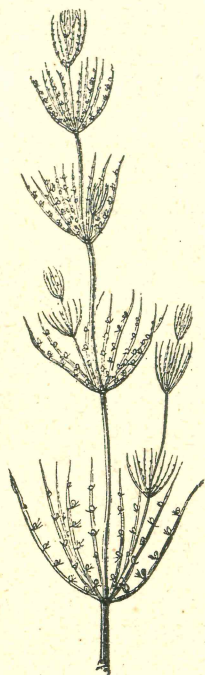


FIG. 7

Rama de *Chara fragilis*.
(Según STRASBURGER)

La yema de las plantas superiores encierra el punto vegetativo con los esbozos de las ramas laterales y, sobre todo, de las hojas. Estas últimas son las que al principio rodean a la yema protegiéndola (fig. 8), y, después, al llegar la estación desfavorable del año, experi-

mentan una transformación que las convierte en escamas, cuya misión exclusiva es la de proteger a la yema. En estos casos suele ser designada la yema con el nombre de yema de invierno (fig. 9). El punto vegetativo afecta en el interior de la yema la forma de un cono más o menos agudo. Los esbozos de las hojas

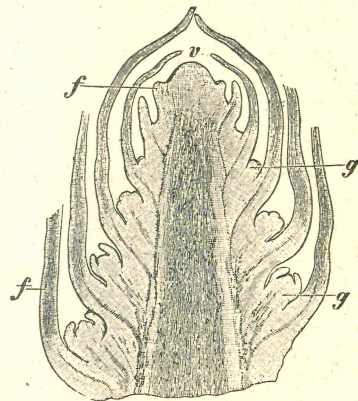


FIG. 8. Ápice vegetativo de una Espermafita. En *v*, punto vegetativo; *f*, esbozos foliares; *g*, esbozos de las ramas laterales
(Según STRASBURGER)

toman una disposición acrópeta; al formarse superficialmente (de modo *exógeno*) presentan el aspecto de pequeñas eminencias o botones redondeados, aplicándose las más jóvenes estrechamente al ápice (fig. 10) y, aumentando rápidamente de tamaño, no tardan en sobresalir por encima de éste. A distancia un poco mayor del ápice se hacen visibles los esbozos de las ramas laterales en forma de diminutas prominencias.

Salvo raras excepciones, se desarrollan más tarde que las hojas, pero también en dirección acrópeta y de modo exógeno.

El punto vegetativo de las verdaderas raíces, como es el de las Cormofitas (a excepción de los Musgos), se distingue del perteneciente al tallo principalmente por la presencia de una *cofia* (fig. 11), formada por un tejido especial que protege el extremo de



FIG. 9. Yemas de invierno del haya. *kns*, escamas de la yema. (Según SCHENCK)

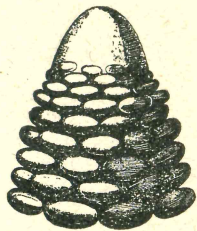


FIG. 10. Punto vegetativo de *Hypopuris vulgaris*. (Según SACHS)



FIG. 11. Ápice de la raíz con su cofia

la raíz. Las *raíces laterales* se desarrollan a alguna distancia de este extremo, también en dirección acrópeta, pero de modo endógeno (véase pág. 44).

2. Los tipos fundamentales de la ramificación

Independientemente de la forma de la planta podemos distinguir dos clases de ramificación. Si en el tallo de la planta se desarrollan ramas laterales idén-

ticas o semejantes entre sí sin que aquél pierda su carácter de eje, resulta un sistema monopódico de ramificación o *monopodio* (abeto, fig. 12). Si, por el contrario, se bifurca el eje de la planta, es decir, si se divide el punto vegetativo principal para dar origen a dos nuevas ramas análogas entre sí, nos hallaremos en presencia de una *dicotomía* (*Dictyota*, fig. 13). Entre ambas formas de ramificación existen transiciones, hasta el punto de que a veces se confunden uno y otro tipo. Así, por



FIG. 12. Monopodio

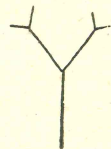


FIG. 13. Dicotomía



FIG. 14. Simpodio

ejemplo, prodúcese la llamada *falsa dicotomía* cuando se desarrollan dos robustas ramas laterales inmediatamente por debajo del punto vegetativo mientras el crecimiento de éste cesa precozmente (muérdago).

Pero si se interrumpe pronto el crecimiento de una de las ramas de bifurcación mientras prosigue el de la otra, se produce un tipo de ramificación semejante a un monopodio (*Selaginella*), pero que en realidad es una forma especial, el llamado *simpodio*, el cual se caracteriza en general por la circunstancia de que el punto vegetativo principal es sustituido periódicamente por una rama lateral que surge inmediatamente debajo de

él (fig. 14). El punto vegetativo en el olmo, por ejemplo, cae siempre normalmente en verano, quedando oculto en ocasiones por una rama. Colocándose ésta exactamente en la misma dirección del antiguo punto vegetativo queda constituido un eje principal aparente, formado de porciones no equivalentes entre sí. Más adelante, al hablar de las inflorescencias, haremos alusión a otras formas especiales de ramificación.

3. Disposición de las hojas y ramificación

Además de la ya descrita disposición de los miembros de la planta en dirección acrópeta, los miembros *laterales* del eje principal están sometidos en muchas Talofitas a determinadas leyes de posición. Esto acontece en mayor grado todavía en todos los vegetales superiores y en los inferiores que producen juntamente ramas laterales y hojas o formaciones semejantes a hojas. El último de estos casos, sin embargo, resulta muy simplificado por el hecho de existir, salvo en los Helechos, íntimas relaciones entre ambas clases de órganos, las cuales se hacen ostensibles ya en ciertas Algas en las que el miembro lateral nace en la base o en la axila de una «hoja» (Rodoficeas, *Chara*, fig. 7). En la mayoría de los Musgos nacen tales miembros lateralmente, debajo de una hoja, y en la casi totalidad de las Fanerógamas arrancan de las axilas de las hojas. En estos casos se designan las ramas con el calificativo de *axilares*, formándose a expensas de una yema axilar que por lo regular es única, si bien está en raras ocasiones acom-

pañada de *yemas accesorias*, ya situadas una junto a otra (disposición colateral), ya una sobre otra (disposición seriada); las hojas en cuya axila se forma una rama son denominadas *hojas tectrices*.

No obstante, esta regla general aparece modificada en ciertos casos por soldarse aparentemente la rama axilar con el tallo de que procede, o bien con la hoja en cuya axila se ha formado. En el primer caso (*Sparganium*, por ejemplo) se ve surgir la rama axilar muy por encima de la hoja (fig. 15); en el



FIG. 15. *Sparganium simplex*
a, rama axilar;
t, hoja tectriz

segundo puede mostrarse la rama axilar como naciendo directamente de la hoja de sostén correspondiente (inflorescencia del tilo, fig. 16), o, por el contrario, como si la hoja surgiera de la propia

rama axilar, de lo cual nos ofrecen ejemplos, además de la inflorescencia de *Samolus*, las Solanáceas, plantas que presentan muchas particularidades en lo que atañe a la disposición de sus miembros (fig. 17).

Aunque la disposición originaria de los esbozos de las ramas laterales se asemeja bastante a la de las hojas, rara vez pasa de aquí la semejanza, pues la suerte que

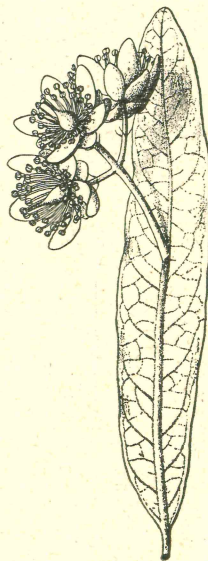


FIG. 16
Inflorescencia del tilo.
(Según GILG)

ulteriormente corren estos esbozos es muy diversa. Por lo regular, las ramas axilares nacen a continuación de formarse las hojas, pero en muchas ocasiones no sucede así, pues se verifica pasado mucho tiempo, hasta años enteros, permaneciendo dichas ramas en este último caso en estado latente. Hay que añadir a lo dicho la



FIG. 17. Pamplina de agua (*Samolus Valerandi*): planta en fructificación. a, rama axilar; t, hoja tectriz. (Según STRASBURGER)

circunstancia de que pueden faltar en absoluto las hojas (inflorescencias de Crucíferas y Umbelíferas), o bien, cuando se trata de plantas provistas de numerosas y pequeñas hojas muy próximas entre sí (Coníferas), que muchas de estas hojas carecen de rama axilar. Finalmente, acontece en ocasiones que, además de las ramas generadas con arreglo a la ley general, se forman *ramas adventicias* en los más diversos puntos del vegetal.

Para hacer un estudio algo detenido de la *disposición de las hojas*, con la cual coincide en lo substancial la simple ramificación de muchas Algas, es necesario considerar la simetría del tallo y sus relaciones con el mundo exterior. Los tallos o partes de la planta que crecen verticalmente (crecimiento *ortotropo*) suelen ser *radiales*, es decir, que, correspondiendo a la influencia que la luz, la fuerza de gravedad, etc., ejercen uniformemente sobre ellos en todas direcciones, su estructura interna y la disposición de sus miembros externos (ho-

jas, ramas laterales, etc.) presentan un plan de distribución uniforme en todas las direcciones. Dicho de otro modo, pueden ser divididos por más de un plano de sección (*plano de simetría*) en dos mitades simétricas (los cuerpos con dos planos de simetría son llamados también *bilaterales*). Las leyes que regulan la disposición de las hojas son aquí mucho más ostensibles que en las ramas que crecen en dirección oblicua (*plagiotropo*) y son *dorsiventrales*; estas últimas poseen en general un plano único de simetría, que también puede faltar.

a) Tallos radiales

En un tallo provisto de hojas suelen ser designados con el nombre de *nudos* los segmentos que sirven de asiento a las hojas, y con el de *entrenudos* las porciones del tallo situadas entre aquéllos. Según que en un nudo nazca una sola hoja o nazcan varias, tendremos respectivamente una disposición foliar espiral o verticilada.

1. *Disposición verticilada*. Las hojas de un verticilo están colocadas simétricamente y a la misma distancia angular, en número de dos, tres o seis en la mayor parte de los casos; cuando son únicamente dos se las denomina hojas opuestas. De ordinario, los verticilos situados en dos nudos sucesivos están *alternados*, es decir, que cada hoja de uno de ellos corresponde a un espacio entre dos hojas del otro. Llámase *decusada* la disposición foliar en la que los verticilos constan de dos hojas y están alternados (fig. 22 b).

2. *Disposición espiral*. Caracterízase por el hecho de que la línea de unión de las inserciones de las hojas, comenzando por las más antiguas y acabando por las más jóvenes, dibuja una espiral en torno de la rama. Si proyectamos esta *espiral fundamental* sobre un plano perpendicular al eje de la rama, resultará una espiral plana cuyo centro representa a dicho eje; es decir, una figura o *diagrama* que expresa gráficamente la dispo-

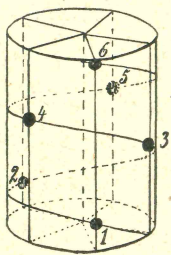


FIG. 18
Disposición 2/5

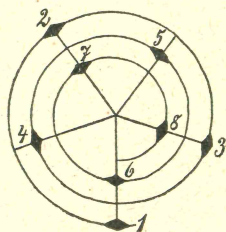


FIG. 19. Diagrama de la
disposición 2/5

sición de las hojas (fig. 19). Los planos medios de las hojas, esto es, los planos que pasan por el eje de la rama y por la línea media de la hoja están aquí representados por radios. Como es natural, las hojas cuyos planos medios coinciden, están colocadas exactamente una encima de otra, pertenecen a la misma fila vertical u *ortóstica*.

Para distinguir entre sí las diversas disposiciones de las hojas sirve la *divergencia*, es decir, el ángulo que forman los planos medios (los radios en el diagrama) de dos hojas sucesivas, el cual puede expresarse en grados;

pero se expresa ordinariamente en fracciones de la circunferencia total del tallo o rama. Así, por ejemplo, se dice que la divergencia equivale a $1/2$, a $1/3$, a $2/5$, a $3/8$, a $5/13$, a $8/21$, etc. Prácticamente se determina con facilidad partiendo de una hoja y siguiendo la espiral fundamental hasta encontrar otra hoja que pertenezca a la misma ortóstica: el número de hojas situadas en esta porción de la espiral será

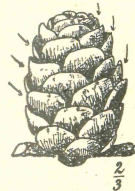


FIG. 20
Piña de alerce con las
parásticas indicadas
por las flechas

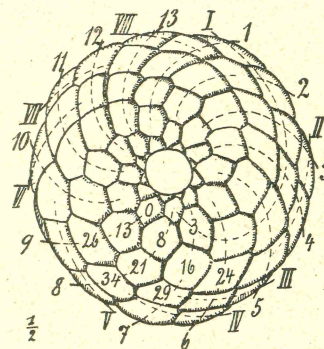


FIG. 21. Piña de pino vista por su parte inferior. Por fuera están indicadas, ocho con números romanos y trece con arábigos, las parásticas

el denominador del quebrado; el número de vueltas de espira, el numerador. En la figura 18, por ejemplo, desde la hoja 1 hasta la hoja 6, situada en la misma línea vertical, hemos trazado 2 vueltas de espira y hemos encontrado 5 hojas; luego la divergencia es aquí $2/5$.

Cuando las hojas están muy próximas entre sí resulta muy difícil averiguar a qué espiral fundamental pertenece cada una de ellas, y, por tanto, también se halla dificultad en determinar la divergencia, obtenién-

dose en estos casos varios sistemas de líneas oblicuas cruzadas (*parásticas*, figs. 20 y 21). El número de las parásticas paralelas entre sí pertenecientes a un sistema puede servirnos para la numeración de las hojas, puesto que las cifras representativas de las hojas colocadas sucesivamente en una de dichas parásticas difieren precisamente en aquel número. Por ejemplo, si un sistema está formado por 8 parásticas, la hoja 21 estará situada entre las hojas 13 y 29; si el sistema consta de 13 parásticas, la citada hoja 21 estará colocada entre las hojas 8 y 34.

Las divergencias que anteriormente hemos mencionado son las más frecuentes; los quebrados que las representan constituyen en conjunto la *serie de Schimper-Braun*. Es fácil retenerla en la memoria teniendo en cuenta que el numerador y el denominador de cada una de las fracciones que la integran se obtiene respectivamente sumando los numeradores y los denominadores de los dos quebrados que la preceden; así, por ejemplo, $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$. Relaciones de posición más difíciles hallamos en otras series que comienzan con $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{5}$. La magnitud de la divergencia en la serie principal varía entre 180° ($\frac{1}{2}$) y 120° ($\frac{1}{3}$), acercándose con oscilaciones regulares hacia un valor límite aproximado de 137° .

Prescindiendo de las ramas floridas, de las que más adelante trataremos, la disposición de las hojas se mantiene en general con bastante constancia dentro de cada especie vegetal y, a veces, dentro de una misma

familia; por ejemplo, la disposición decusada en las labiadas, el verticilo de tres hojas en la adelfa, la disposición espiral $\frac{2}{5}$ en los sauces, encinas, etc. Empero, existen también variaciones en la misma especie y aun en el mismo individuo. *Lysimachia vulgaris* presenta ramas con verticilos de dos, tres y cuatro hojas; la divergencia en la disposición espiral varía frecuentemente incluso en la misma rama (ciprés $\frac{2}{5}$ y $\frac{3}{8}$). A veces se diferencian en este respecto el eje principal de la planta y las ramas (por ejemplo, *Betula nigra* $\frac{2}{5}$ y $\frac{1}{2}$). También en las plantas jóvenes de haya, avellano, olmo, etc. la disposición foliar en el tronco es $\frac{1}{3}$ o $\frac{2}{5}$, en tanto que en las ramas laterales, y posteriormente en todas las ramas, es $\frac{1}{2}$. En el avellano se puede conseguir experimentalmente la reaparición de la disposición $\frac{2}{5}$ mediante una enérgica poda que provoque el crecimiento exuberante de algunas ramas. Los individuos jóvenes de *Eucalyptus globulus* presentan una disposición foliar decusada, que más adelante se convierte en espiral.

Mención especial merece la disposición de las primeras hojas de la rama lateral denominadas *bractéolas*, que existen en número de dos en las Dicotiledóneas y en número de una en las Monocotiledóneas. En general presentan caracteres de hojas inferiores o superiores (véanse págs. 39 y 75).

Las causas directas de la disposición de las hojas son desconocidas, si bien está relacionada muchas veces con determinados fenómenos de crecimiento en el punto vegetativo. En las Muscineas se desarrolla una hoja a ex-

piensas de cada una de las células procedentes de la división de la célula inicial. Si estas divisiones se realizan alternativamente a uno y otro lado de las dos caras opuestas de la célula inicial, resulta la disposición $\frac{1}{2}$ (*Fissidens*); si se efectúan sucesivamente con respecto a tres caras de la célula inicial, se obtiene la disposición $\frac{1}{3}$ (*Jungermaniáceas*). Empero, son numerosísimos los casos (muchos Musgos) en los que, a consecuencia de fenómenos especiales de crecimiento, resulta una disposición foliar completamente diferente.

Gran complicación presentan desde este punto de vista las plantas superiores. La observación de la disposición foliar en estos vegetales, en los que los esbozos de las hojas en vías de formación están tan próximos entre sí que se tocan por sus bordes, ha dado origen a la teoría mecánica de Schwendener, según la cual, la disposición foliar está condicionada por factores de orden mecánico y espacial; esta teoría, sin embargo, es aceptada por reducido número de botánicos.

Aun cuando, por las razones antes enumeradas, las relaciones de posición de las ramas axilares ofrecen una irregularidad mucho más considerable que las de las hojas, no es raro que en aquéllas puedan observarse también las disposiciones verticilada y espiral. Particularmente en las ramas más jóvenes hállanse con claridad ciertas disposiciones, como, por ejemplo, $\frac{1}{2}$ en el olmo (fig. 118) y en el haya, disposición decusada en el arce, verticilos de tres ramas en la adelfa, etc. En los verticilos de más de dos hojas se forma frecuentemente una sola rama axilar (*Elodea*, *Myriophyllum*). La conocida

disposición regular de las ramas del abeto es verticilada sólo en apariencia, pues en realidad es espiral, con entrenudos de escasísima longitud.

b) Tallos dorsiventrales

En las ramas que crecen en dirección oblicua, la disposición de sus miembros, tanto de las hojas como de las ramillas que de aquéllas brotan, muéstrase diferente de la que presentan los tallos o ramas ortotropos. La disposición es aquí dorsiventral en lugar de radiada. Hay que tener en cuenta que la dirección en que actúan los más importantes agentes externos, como luz, gravedad, etc., varía mucho en las ramas plagiotropas con relación a las ortotropas y determina la diferencia entre la cara superior y la inferior de aquéllas. En la disposición de los miembros de la rama influye sobre manera la tendencia que tienen las hojas a adquirir una gran extensión superficial, pero evitando hacerse sombra las unas a las otras, y a dirigir sus superficies asimiladoras hacia el extremo de la rama, circunstancias ambas que favorecen el aprovechamiento de la luz por parte de aquéllas. La tendencia en cuestión llega a convertirse en realidad de muy diverso modo, ya directamente en el punto vegetativo, ya indirectamente mediante ulteriores variaciones de posición.

Relativamente sencillo es el caso en el que las hojas se disponen desde el principio lateralmente en dos filas a lo largo de la rama lateral, de suerte que pueden colocarse luego en el mismo plano a favor de una ligera rotación de sus pedúnculos. Las ramas en cuestión son

casi siempre de constitución dorsiventral, la cual deriva de particularidades anatómicas de aquéllas, de la rotación hacia arriba de los puntos de inserción de las hojas o del desplazamiento de las yemas axilares hacia la cara superior; también puede estar fundamentada en la forma asimétrica de las hojas: en el haya, por ejemplo, la hoja está menos desarrollada en dirección al extremo de la rama, mientras que en el olmo lo está más (fig. 23).

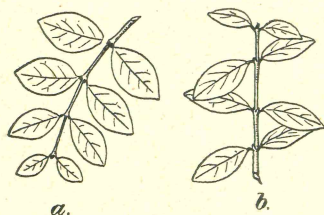


FIG. 22. *Symphoricarpus*. Ramas, *a*, dorsiventral, y *b*, radial, con disposición de sus hojas decusada

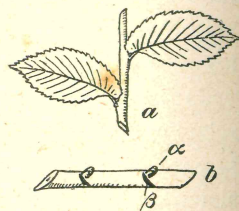


FIG. 23. Rama de olmo. *a*, de frente, y *b*, de lado (deshojada); α , yema axilar; β , cicatriz de la hoja

Si la disposición de las hojas es diferente puede acontecer que, como en la encina con una divergencia de $\frac{2}{5}$, aparezcan también los mencionados caracteres, pero limitados a las caras laterales de la rama o bien a las hojas insertas en ellas. En otros casos, los entrenudos pueden experimentar una torsión mediante la cual queden las hojas situadas en dos filas. Las hojas se desplazan hacia los lados tanto si su disposición primitiva era espiral como si era decusada (*Symphoricarpus*, fig. 22). En ocasiones se obtiene una disposición favorable de las superficies asimiladoras por la dife-

rencia de forma de las hojas situadas en las caras superior e inferior de la rama, es decir, por *anisofilia*. En su virtud, las hojas de la cara inferior son notablemente mayores, y su pedúnculo mucho más largo, con lo cual evitan que se proyecte sobre ellas la sombra de la rama

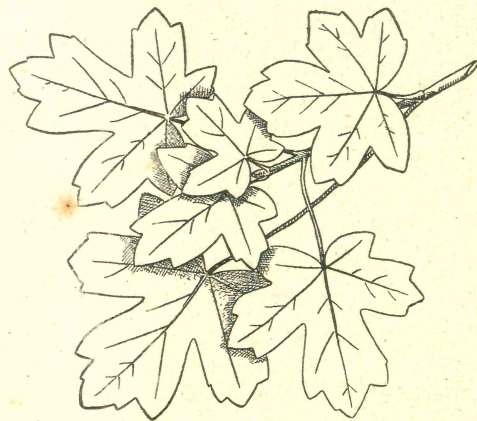


FIG. 24. Arce. Anisofilia en una rama lateral

(fig. 24). Estas diferencias de tamaño son más considerables en los casos de disposición foliar decusada que en los de disposición espiral. También en estos casos suelen ser asimétricas las hojas laterales de las ramas, adquiriendo mayor extensión la parte de la hoja dirigida hacia fuera.

Las mismas leyes que regulan la disposición de las hojas rigen la ramificación de una rama lateral, es decir, la aparición de las ramas de segundo orden si convenimos en designar aquélla con el nombre de rama de pri-

mer orden en atención a que procede directamente del tronco. Naturalmente, la disposición foliar $\frac{1}{2}$ es garantía de una favorable disposición de las ramas laterales, como puede verse en el haya, olmo, etc., cuya ramificación se extiende casi en un plano, sobre todo cuando dichas plantas están en sombra (fig. 58). Pero también cuando existe un número más considerable de ortósticas foliares se desarrollan bien siempre las ramas laterales mientras que las implantadas en las caras superior e inferior no se desarrollan tanto por no serles favorables las condiciones de iluminación, etc. En las ramas de primer orden del abeto, que son casi horizontales, suelen faltar en sus caras superior e inferior las de segundo orden; en cambio, en las de los pinos y *Populus pyramidalis*, que están más inclinadas hacia arriba, se desarrollan las ramas de segundo orden más vigorosamente en la cara inferior por motivos análogos a los que determinan la aparición de la anisofilia. Por otra parte, en las ramas colgantes del fresno y otras plantas se desarrollan preferentemente las ramas que emergen de la cara superior por mirar ésta hacia fuera y estar, por consiguiente, mejor iluminada que las otras caras.

Entre los factores determinantes de la dorsiventralidad figuran en primer lugar la luz y la fuerza de gravedad. En las plantas con tronco de simetría radiada se acusa, en general, tanto más vigorosamente cuanto mayor es la inclinación de las ramas laterales con respecto a la vertical, esto es, con respecto a la dirección de los rayos luminosos, pudiéndose contrarrestar expe-

rimentalmente esta tendencia en las ramas de nueva formación. También hay causas internas, especialmente la posición de una rama con relación a la rama madre, que influyen de un modo importante en la aparición de la dorsiventralidad, a veces de manera exclusiva. En las ramas laterales que forman ángulo agudo con la rama madre, la cara más externa experimenta un estímulo en su crecimiento, en virtud de la llamada *exotrofia*, que puede ocasionar la aparición de anisofilia, asimetría foliar, etc.

4. La disposición de los órganos florales y de los ejes de las inflorescencias

Según lo dicho anteriormente, debemos considerar las *inflorescencias* y las *flores* como ramas foliáceas que se caracterizan principalmente porque, en el primer caso, las hojas comunes están representadas por hojas superiores o brácteas, y, en el segundo, por hojas florales de variado aspecto. Y aunque, como es lógico, la disposición de estas hojas y la ramificación de dichos órganos están sometidas a las mismas leyes que rigen la disposición de las hojas y de las ramas foliáceas, preséntanse en el caso de que ahora tratamos una serie de particularidades características que merecen un estudio especial.

a) La flor

Una flor completa consta de las siguientes partes, comenzando por las situadas más inferiormente y terminando con las que ocupan la posición más elevada:

los *sépalos* u hojas del *cáliz* y los *pétalos* u hojas de la *corola*, que forman en conjunto la *envoltura floral* o *periantio*, los *estambres* y los *carpelos*, reunidos respectivamente para constituir el *androceo* y el *gineceo* (figura 25). El carácter foliar de todas estas piezas radica en parte en su forma, pero principalmente en su modo de desarrollo. Sus esbozos originarios se agrupan en

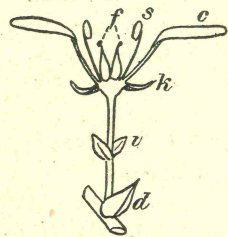


FIG. 25. Esquema floral. *k*, sépalos; *c*, pétalos; *s*, estambres; *f*, carpelos; *d*, bráctea madre; *v*, brácteas

forma de pequeños botones o eminencias alrededor del punto vegetativo, y, salvo raras excepciones, en serie acrópeta (fig. 26). Sin embargo, pueden ensancharse precozmente y soldarse entre sí sus porciones basales, constituyendo una especie de reborde anular. Esta *concrecencia congénita* suele originar ciertas características formas de flores (figura 27).

La disposición de los órganos florales, que también puede ser representada esquemáticamente mediante un diagrama (1), es completamente independiente de la disposición de las hojas ordinarias. Puede ser, aunque rara vez, absolutamente espiral (*acíclica*, en *Calycanthus*, por ejemplo) o perfectamente verticilada (*cíclica*, como en el tulipán, verbigracia), o bien verticilada y espiral

(1) Más sencillo, aunque no tan instructivo, es el procedimiento que consiste en el empleo de fórmulas expresivas de las características de la flor, como suele hacerse en los libros de Botánica sistemática.

en parte (*hemicíclica*, como en *Ranunculus*). Como los entrenudos son casi siempre sumamente cortos, la distinción entre unas y otras disposiciones no es siempre fácil; hasta en las flores cíclicas presenta a menudo el cáliz una disposición aparentemente verticilada. En las flores que más frecuentemente ofrecen una disposición cíclica, el número de los verticilos o círculos varía de unas especies vegetales a otras.

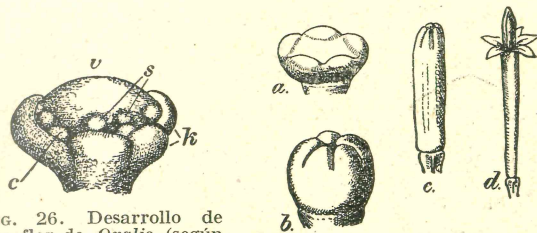


FIG. 26. Desarrollo de una flor de *Oxalis* (según PAYER). *v*, punto vegetativo; *k*, *c* y *s*, esbozos respectivos del cáliz, corola y estambres

FIG. 27. *Heliopsis* (según PAYER). *a-d*, desarrollo de una corola gamopétala tubulosa (diferentes aumentos)

No es raro que el número de verticilos coincida con el de clases de hojas que componen la flor (cuatro), dándose a ésta entonces el nombre de tetracíclica. Acontece, sin embargo, con más frecuencia que una u otra de dichas clases de hojas esté distribuida en varios círculos; así, por ejemplo, la mayor parte de las flores pentacíclicas más abundantes poseen dos círculos de estambres. Según que la flor contenga uno, dos o más círculos de estambres, es denominada respectivamente *haplostémona*, *diplostémona* y *polistémona*. En la mayoría de los casos alternan las piezas de un verticilo con las de los inmediatos, pero no siempre; por ejemplo,

en *Saxifraga* se superponen a los pétalos los miembros del círculo más exterior de estambres (*Obdiplostemonia*, fig. 29).

Es de advertir que son raros los casos en que los distintos verticilos florales poseen exactamente el mismo número de piezas, como sucede, por ejemplo, en especies de *Linum* o *Campanula*, en las que cada clase de hojas está representada por un verticilo de cinco piezas (*pentámero*, fig. 28). El aumento del número de hojas flo-

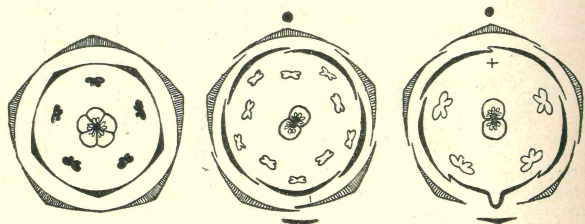


FIG. 28
Diagramas florales : FIG. 28. *Campanula* ; FIG. 29. *Saxifraga granulata*
FIG. 30. *Linaria vulgaris*. + estambre abortado. En las figuras 29
y 30 están representados la bráctea madre y el eje floral

rales se observa principalmente en el androceo, por exigir los estambres un reducido espacio para su desarrollo. Este aumento puede verificarse de dos modos distintos : ya por ampliación del número de verticilos, como acabamos de ver, ya por incremento del número de miembros de un verticilo ; algunas especies de *Potentilla*, cuya corola consta de cinco pétalos, poseen dos verticilos de estambres con 10 piezas cada uno. En el gineceo, por el contrario, se observa frecuentísimamente una disminución en el número de piezas de un verticilo; así, por ejemplo, muchas *Saxifragáceas* contienen un

verticilo con sólo dos carpelos, siendo, en cambio, de cinco piezas los demás (fig. 29). La tendencia de las flores a aprovechar el reducido espacio de que disponen es causa de que a veces aparezcan desplazados los carpelos hacia el mismo extremo del eje floral, es decir, de que ocupen una posición *terminal*.

En las otras clases de hojas florales suele hallarse a menudo una reducción en el número de piezas por *aborto* de un verticilo entero o de alguno de sus miembros ; de esto último nos presentan ejemplos las flores de muchas *Escrofulariáceas*, en las que se muestran atrofiados o faltan por completo uno o varios miembros del androceo, que normalmente forma un verticilo de cinco estambres (fig. 30). Está muy generalizada la denominación de *heterocíclicas* para las flores con verticilos de distinto número de piezas (figs. 29 y 30), y de *eucíclicas* para aquéllas cuyos verticilos constan del mismo número de miembros (fig. 28).

Debajo de la flor hállanse en el pedúnculo muy frecuentemente, aunque no siempre, las *bractéolas*, las cuales se cuentan entre las *hojas superiores*, lo mismo que las *brácteas*, en cuyas axilas nacen las flores y las inflorescencias. En las *Monocotiledóneas* existe ordinariamente una sola bractéola inserta en la llamada cara *posterior* del pedúnculo floral, vuelta hacia la rama madre. En las *Dicotiledóneas* son en número de dos, estando casi siempre dispuestas lateralmente, a derecha e izquierda (fig. 25). La colocación de las bractéolas está directamente relacionada con la disposición de los órganos florales.

En la *simetría* de las flores apreciamos las mismas variaciones que en la de las ramas. Existen flores *radiadas* (*actinomorfas*), *dorsiventrales* (*zigomorfas*) y *asimétricas*, es decir, desprovistas de simetría (caña de Indias). La constitución dorsiventral depende principalmente de desigualdades de tamaño, formación y posición de los órganos, apareciendo frecuentemente como una modificación de la disposición radiada. Se dice que la simetría de la flor es *dorsiventral media* cuando el plano de

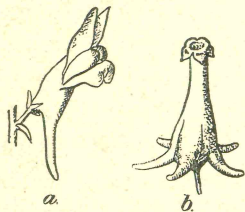


FIG. 31. *Linaria vulgaris*.
a, flor normal; b, peloria

simetría contiene al eje de aquélla y coincide con el plano que divide en dos mitades simétricas a la rama madre (figuras 30 y 31 a); éste es el caso más frecuente. Si ambos planos forman entre sí un ángulo agudo o recto, la simetría es denominada respectivamente *dorsiventral oblicua* (*Aesculus*) o *dorsiventral transversa* (*Corydalis*). La dorsiventralidad en los casos más extremados suele estar condicionada por factores internos, dependientes de la posición de la rama madre, si bien pueden influir eventualmente en su aparición factores externos (fuerza de gravedad, luz). Es frecuente, sobre todo, el caso de que tales flores adopten una determinada posición con respecto a la vertical: el plano medio aproximadamente vertical, la cara superior dirigida hacia arriba.

Las flores radiadas y dorsiventrales pueden coexistir en la misma inflorescencia, hallándose entonces aqué-

llas únicamente en el centro de la inflorescencia, como acontece, por ejemplo, en muchas umbelas de Umbelíferas o cabezuelas de Compuestas (fig. 80). Se da el nombre de *pelorias* a las flores radiadas que aparecen anormalmente en inflorescencias integradas exclusivamente por flores dorsiventrales (*Lamium*, *Linaria*, figura 31); estas flores ocupan preferentemente el punto culminante de la inflorescencia.

b) La inflorescencia

Designase con este nombre a un sistema de ramificación del cual forman parte numerosas flores. Caracterízase además por la presencia de hojas superiores o brácteas y por presentar un modo peculiar de ramificación que en muchas ocasiones difiere del típico de la rama foliar (fig. 32). En este último respecto se distinguen:

A. Inflorescencias indefinidas (en racimo). Un gran número de ramas laterales o flores se desarrollan en serie *acrópeta* a lo largo de un eje, casi siempre bien ostensible, que rara vez termina en una flor.

1. Ejes laterales simples.

a) *Espiga*. Flores sentadas en el eje alargado (*Plantago*). Si el eje es carnoso, la inflorescencia es llamada *espádice* (Aráceas). Las espigas, o las inflorescencias semejantes a espigas, que caen después de llegar a su madurez, son denominadas *amentos* (sauce).

b) *Racimo*. Eje de la inflorescencia alargado, flores pedunculadas (Crucíferas).

c) *Cabezuela* o *capítulo*. Eje corto, flores sentadas (Compuestas).

d) *Umbela*. Eje corto, flores pedunculadas (primavera).

En los dos últimos casos las brácteas forman a menudo una envoltura especial en torno de la inflorescencia (*invólucro*).

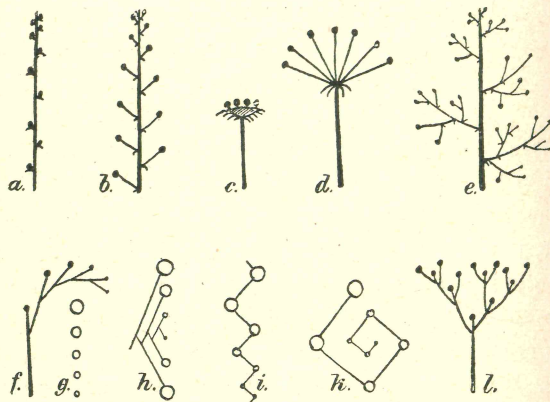


FIG. 32. Esquema de inflorescencias: a, espiga; b, racimo; c, cabezuela; d, umbela; e, racimo tirsoideo; f, drepanio; g, drepanio (diagrama); h, ripidio (esquema lateral); i, cima escorpioidea (diagrama); k, cima helicoidea (diagrama); l, dicasio

2. Ejes laterales con ramificación de primer orden, eventualmente con ramificación de orden más elevado. La repetición de la ramificación principal da origen a umbelas compuestas (Umbelíferas), espigas compuestas (trigo) o racimos compuestos. Estos últimos reciben el nombre de *racimos tirsoideos* cuando son de forma piramidal (*Syringa*), de *racimos corimbiformes* cuando

se extienden en un plano (saúco), y de *antela* (Juncáceas) cuando afectan la forma de embudo por sobresalir los miembros más externos de la inflorescencia. Por combinación de formas de ramificación diferente resultan *racimos de espigas*, etc.

B. Inflorescencias definidas o cimas. El eje de la inflorescencia es rebasado por pocas ramas laterales, una o dos en general. El eje termina en una flor que se desarrolla antes que las flores laterales (*desarrollo basipeto*).

1. *Monocasio* (*cima unipara*). Cada eje principal aparente lleva una rama lateral, formándose una especie de simpodio. Si coinciden los planos medios de aquél y ésta tenemos las llamadas *drepanio* y *ripidio*, formas poco frecuentes. Si, por el contrario, los puntos de inserción de las ramas laterales están dispuestos alternativamente a derecha e izquierda del plano medio del eje, tendremos una *cima escorpioidea* (*Drosera*), o si están situados constantemente al mismo lado (derecho o izquierdo) resulta una *cima helicoidea* (*Hypericum*).

2. *Dicasio* (*cima bipara*). Eje principal relativo con dos ramas laterales (*Erythraea*).

3. *Pleiocasio*. Con tres o más ramas laterales, por lo menos en las ramificaciones inferiores (*Sedum*, algunas euforbias).

También pueden formarse combinaciones compuestas, ya exclusivamente de inflorescencias definidas, ya de definidas e indefinidas.

La simetría de las inflorescencias puede recibir asimismo los calificativos de radiada y dorsiventral, es-

tando frecuentemente relacionada esta última clase de simetría con factores externos, lo mismo que acontece en las flores.

5. La disposición de las raíces

La llamada *raicilla*, la que primeramente se hace visible al germinar una semilla, constituye la prolongación inferior del tallo y está en oposición polar con

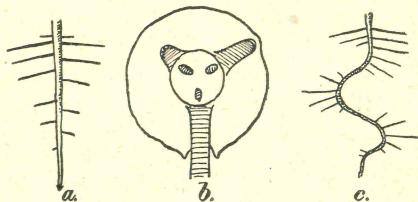


Fig. 33. Ramificación de la raíz. a y c, altramuç; b, guisante, corte transversal perforado por una raíz lateral

éste. Más adelante formará la *raíz principal* de la planta, que se ramificará emitiendo *raíces laterales*. Ramificación dicotómica de la raíz se verifica únicamente en algunas Criptógamas vasculares (*Lycopodium*, etc.).

La disposición de las raíces laterales, que, como ya dijimos (pág. 20), se desarrolla en serie acrópeta, difiere considerablemente de la de las ramas y está relacionada con particularidades anatómicas de la raíz madre en el interior de la cual se constituyen dichas raíces de manera *endógena*. Las raíces en cuestión se disponen generalmente en un número fijo de ortósticas; por ejemplo, en número de dos en el altramuç, de tres

en el guisante, en muchas filas en el maíz. Pero dentro de cada una de las filas verticales están colocadas a distancias muy variables. En los puntos de curvatura de la raíz madre están implantadas solamente en la cara convexa (fig. 33).

Denominanse *raíces adventicias* las que se desarrollan en otros lugares de la planta, especialmente el tallo, tanto en su porción subterránea como en su porción libre. Salvo raras excepciones (*Neottia*, *Cardamine*) son de origen endógeno; se desarrollan preferentemente en los nudos del tallo, estando en la mayoría de los casos en relación con la inserción de las hojas, ya naciendo directamente debajo o al lado de éstas (*Zostera*), ya surgiendo de la axila de la hoja (*Cardamine*); no faltan, sin embargo, en los entrenudos de muchas plantas (hiedra, muchos rizomas, fig. 89). Cuando la rama tiene una posición oblicua, la disposición de las raíces adventicias está a menudo estrechamente subordinada a la influencia de factores externos; pueden formarse, por ejemplo, en la cara opuesta a la que recibe la luz o en la dirigida hacia la tierra húmeda, contribuyendo de este modo a la dorsiventralidad de la rama correspondiente (hiedra). Se desarrollan con singular abundancia principalmente en las plantas rastreras y trepadoras, estando muy difundidas sobre todo en las Monocotiledóneas. Las raíces que en ocasiones producen las hojas separadas de la planta son, asimismo, de carácter adventicio (begonia).

III. La forma y el desarrollo de los órganos de plantas superiores

Observación preliminar. Para poder formarnos idea de la gran multiplicidad de las formas vegetales es preciso buscar relaciones y puntos de comparación entre las diferentes partes de la planta, lo cual podemos conseguir procediendo de dos modos distintos. En primer lugar, tenemos el caso de dos órganos que ejercen la misma función, la cual suele implicar también una semejanza de estructura, tanto externa como interna (anatómica). Esta coincidencia en la función es denominada *analogía*; se dice, por ejemplo, que los órganos trepadores (zarcillos) de la vid y de la arveja son órganos análogos. Llegamos, empero, a un resultado completamente diferente si prescindimos en absoluto de la función y atendemos únicamente a los caracteres que nos permiten comparar entre sí formas adultas próximas desde el punto de vista de la disposición de sus partes y, sobre todo, bajo el aspecto embriológico. En este sentido, los órganos anteriormente mencionados no nos ofrecen ya ningún punto de contacto, pues el primero se comporta exactamente como una rama, el último como una hoja; es decir, que el zarcillo de la

arveja es morfológicamente equivalente a una hoja, o, como se suele decir, *homólogo* a ella.

Con arreglo a este criterio podemos clasificar la mayoría de los órganos de las plantas superiores en tres tipos fundamentales, que designamos simplemente con los nombres de *hoja*, *tallo* y *raíz*. Cada una de estas denominaciones expresa, por consiguiente, un determinado conjunto de caracteres; ninguno de los cuales tiene siempre por sí mismo un valor decisivo. Así, por ejemplo, la cofia y los pelos radicales son órganos característicos de la raíz, no obstante lo cual existen raíces desprovistas de cofia y tallos que poseen pelos semejantes a los radicales (rizoma de *Typha*). No es, pues, de extrañar que topemos con grandes dificultades para definir correctamente estas *formas fundamentales*, especialmente en lo que atañe al tallo y a la hoja, y para establecer entre ellas una distinción precisa. En efecto, no solamente existen órganos cuya clasificación en uno u otro de estos dos tipos es dudosa (tallo u hoja de *Utricularia*, *Lemna*), sino también muchas formaciones que no encajan en el citado esquema de clasificación y están situadas desde este punto de vista en una posición especial.

Estrechamente relacionado con lo que precede está el concepto de transformación o *metamorfosis*, el cual, por cierto, no ha recibido unánime interpretación de los diversos autores. Los órganos pertenecientes a una misma forma fundamental, es decir, homólogos entre sí, han experimentado una transformación de orden funcional; por ejemplo, un zarcillo de arveja es una

hoja transformada o metamorfoseada en órgano trepador. Antiguamente, tal como lo expresó Goethe en su teoría de las metamorfosis, considerábanse estas transformaciones como modificaciones puramente ideales, no reales, de un tipo originario abstracto, de la hoja, por ejemplo. En el estado actual de la Ciencia, por el contrario, se estiman dichas transformaciones como fenómenos reales, el desarrollo de los cuales hay que buscarlo por un lado en el desenvolvimiento filogenético de las plantas y demostrarlo, por otro lado, en la evolución ontogenética de cada individuo vegetal, tanto por la observación embriológica como por el estudio experimental. Este último punto de vista, que adoptamos aquí de acuerdo con Goebel, no admite como punto de partida de la transformación conceptos abstractos, sino los órganos más importantes de la planta, raíz, hoja y tallo, los cuales, por consiguiente, pueden desempeñar funciones diferentes de las que originariamente les estaban encomendadas (1).

Situándonos en los diversos puntos de vista anteriormente expuestos, describiremos en los capítulos que

(1) La capacidad de transformación está limitada en general por los rasgos fundamentales que caracterizan al tipo orgánico correspondiente. No se puede negar, sin embargo, la posibilidad de que alguna vez sufra un órgano una transformación lo bastante considerable para hacerle pasar de una categoría a otra, ya naturalmente, ya de un modo experimental. Es seguro que algunas raíces de Criptógamas vasculares y Monocotiledóneas (*Platyce-rium*, *Diplacium*, *Neottia*) se transforman regularmente en ramas por transformación del punto vegetativo. Los demás ejemplos que pudiéramos aducir son todavía dudosos o susceptibles de recibir otra interpretación.

siguen los distintos órganos de la planta, considerando conjuntamente la hoja y el tallo en su aspecto vegetativo primeramente, y después como partes del vegetal al servicio de la función reproductora.

1. La raíz

a) Caracteres generales

En general, las principales funciones que la raíz desempeña consisten en proporcionar a la planta los indispensables alimentos minerales y en fijar al suelo el cuerpo del vegetal. La extensa superficie de contacto que las raíces (cilíndricas comúnmente) necesitan para cumplir su misión la obtienen a favor de rica ramificación y de la formación de pelos radicales (fig. 34). Denomínase *napiiforme* a una robusta raíz de la cual arrancan raíces laterales o secundarias menos vigorosas (pino). Cuando la raíz principal se desarrolla escasamente o se encorva precozmente, surgiendo al propio tiempo numerosas raíces adventicias (véase pág. 45) del nudo inferior del tallo, tenemos una *raíz fasciculada* (fig. 35); este caso se da muy frecuentemente en Helechos y Monocotiledóneas (Gramíneas, por ejemplo). La dirección del crecimiento de la raíz principal y de las secundarias de primer orden es determinada principalmente por la fuerza de gravedad; la primera crece en sentido vertical, las otras en dirección horizontal u oblicuamente hacia abajo. Las raíces laterales de orden más elevado, cortas y finas por lo común, no crecen en un sentido determinado con relación a la vertical.

A cierta distancia del extremo de la raíz se forman los *pelos radicales*, muy numerosos y casi siempre de corta duración; cada uno de ellos procede de una célula epidérmica. Rara vez faltan, como acontece en muchas plantas acuáticas (*Butomus*, *Lemna*) y Coníferas (pino, *Thuja*). La punta de la raíz está protegida por la *cofia* o *pilorriza*, que actúa como protectora de aquella im-

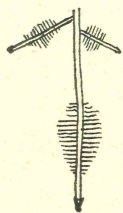


FIG. 34
Raíz con pelos
radicales

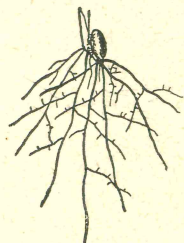


FIG. 35. Raíz fasci-
culada de una plantita
de trigo

pidiendo su rozamiento con el terreno. Puede faltar excepcionalmente o caer precozmente, de lo cual tenemos ejemplos respectivamente en *Aesculus* y en las plantas acuáticas *Azolla* e *Hydrocharis*. Hagamos notar, finalmente, que las raíces nunca llevan hojas y que poseen una característica estructura interna.

b) Forma y función de la raíz

Obsérvase una cierta variabilidad en la estructura y forma de la raíz, según que en ésta predomine una u otra de sus dos funciones principales: absorción de alimentos inorgánicos y fijación de la planta al terreno;

esta variabilidad puede aumentar todavía por adaptación de la raíz a funciones especiales. A ello se suma la circunstancia de que ciertas raíces no tienen normalmente origen subterráneo, sino que nacen en ramas situadas a alguna altura sobre el suelo, por lo cual son denominadas *raíces aéreas*.

Principalmente en Orquídeas y Aráceas trepadoras y epifitas (1) existe un tipo especial de raíces aéreas encargadas especialmente de la absorción de materias alimenticias. Estas raíces, cuyo extremo no llega a tocar el suelo, no suelen ramificarse y cuelgan de la planta en dirección vertical u oblicua. Absorben el agua de lluvia o del rocío, lo cual realizan a favor de un tejido poroso especial, el *velo*, que aspira el agua a modo de esponja, o mediante una trama de pelos radicales persistentes que actúan de manera análoga (muchas Aráceas). Estas raíces, que a modo de largas y recias cuerdas penden de la copa de las grandes Aráceas de los bosques vírgenes tropicales, pueden llegar a tocar el suelo, ramificándose entonces abundantemente y convirtiéndose en raíces ordinarias.

La función de fijar la planta al terreno es realizada de una manera singularmente ostensible en los casos que citamos a continuación. Muchos árboles de los bosques vírgenes tropicales poseen robustas raíces que parten de la base del tronco y se extienden horizontal y superficialmente sobre el suelo, semejando placas co-

(1) Llámense *epifitas* las plantas que se asientan superficialmente sobre otros vegetales, pero sin alimentarse a costa de ellos, es decir, sin ser parásitos suyos.

locadas verticalmente (*Terminalia*, *Sterculia*). Estas raíces contribuyen poderosamente a la fijación de los troncos de árboles, gigantescos a menudo. En otros casos existen raíces de sostén que desempeñan el papel de soportes o puntales. En los árboles indios de la especie *Ficus bengalensis* nacen en gran número en la copa de aquéllos, a veces a gran altura, y se asemejan a auténticos troncos, que, como tales, se ramifican en el suelo para formar raíces secundarias. Si, por el contrario, arrancan dichas raíces de la parte inferior de un tronco, la planta produce la impresión de estar sostenida por zancos, especialmente en el caso de que la raíz principal o la base del tallo adquiera precozmente un aspecto de rechonchez. Las raíces de esta clase se observan con poca frecuencia en el maíz común, y más frecuentemente en los manglares y en *Pandanus*.

Un tipo especial de raíces lo constituyen las raíces trepadoras o adhesivas, con las que muchas plantas trepadoras o epifitas se adhieren a la superficie que les sirve de soporte. Estas raíces pueden crecer directamente hasta tocar a dicha superficie y adherirse a ella, como acontece en la hiedra (fig. 89), o bien hacerlo en sentido horizontal para abrazar los troncos de los árboles que sirven de soporte a la planta (*Philodendron*). Las raíces en cuestión han perdido totalmente o en parte la facultad de absorber sustancias nutritivas y transportarlas al tallo; sin embargo, poniéndolas en condiciones favorables para su crecimiento (en tierra húmeda) se puede conseguir que dichas raíces, cuando jóvenes, se transformen en raíces ordinarias; tal sucede en la hiedra, por ejemplo.

Conviene hacer notar la facultad que poseen las porciones más viejas de muchas raíces subterráneas de acortar su longitud, con lo cual producen una tensión que indudablemente favorece la fijación de la planta al terreno. Si las raíces en cuestión son muy robustas pueden llegar, inclusive, a hundir el tallo en el suelo;

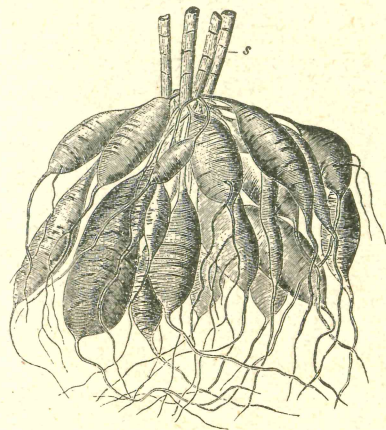


FIG. 36. Raíces carnosas de dalia. En s, las partes inferiores de los tallos cortados. (Según SCHENCK)

esta es la causa de que muchos tubérculos, plantas jóvenes, etc., adquieran una posición profunda, favorable para el vegetal (*Crocus*, *Arum*).

Transformaciones adaptadas a fines especiales hallamos todavía en las siguientes clases de raíces. En las llamadas raíces tuberosas se depositan materiales de reserva orgánicos, como azúcar, almidón, etc., lo cual es causa de que adquieran un considerable grosor. De

ello tenemos ejemplos en las llamadas raíces comestibles, en la parte superior de las cuales puede estar comprendida una porción del tallo, y que son producto de la transformación de una raíz (remolacha). Fuera de este caso son denominadas *raíces carnosas* (dalia, fig. 36). Las raíces tuberosas de algunas Orquídeas presentan una forma particular: las de *Gymnadenia odoratissima*,

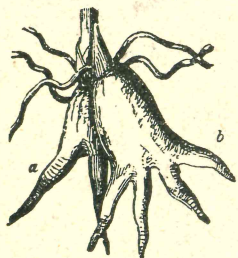


FIG. 37. Raíces tuberosas de *Gymnadenia odoratissima*. a, tubérculo madre; b, tubérculo hijo. (Según GILG)

por ejemplo, se asemejan a una mano (fig. 37); prodúcense como raíces adventicias en una yema lateral de la base del tallo que se forma cada año subterráneamente, desarrollándose al año siguiente para constituir una rama que sobresale del suelo.

De modo enteramente análogo nacen en pequeñísimas yemas axilares los diminutos tubérculos radicales de *Ficaria*, que sobresalen del terreno; reciben el nombre de *bulbillos* (véase página 84) cuando caen posteriormente junto con las yemas.

La facultad que muchas raíces poseen, la mayor parte de las aéreas, por ejemplo, de tomar color verde por la acción de la luz y asimilar substancias nutritivas llega a su grado extremo en las *raíces asimiladoras*. Estas raíces son de color verde y aplanadas en forma de hojas, y las poseen algunas Orquídeas epifitas, como *Taeniophyllum* y *Angraecum*, y muchas Podostemáceas que crecen sobre piedras sumergidas en agua corriente

(figura 38). Las hojas comunes de las citadas plantas suelen estar poco desarrolladas, y hasta reducidas a escamas, como acontece en las mencionadas Orquídeas.

Con el nombre de *raíces respiratorias* designanse las que surgen verticalmente del suelo y ponen su extremo superior en contacto con el aire; aparecen en plantas que crecen en terreno pantanoso, poco aireado (manglar, *Jussiaena*). Su estructura interna las capacita para

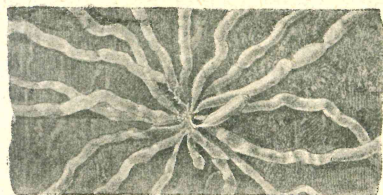


FIG. 38. *Taeniophyllum Zollingeri*, con raíces asimiladoras (Según WIESNER)

proveer de aire respirable a las partes del vegetal subterráneas o sumergidas.

La denominación de *espinosas* que se da a algunas raíces explica suficientemente la transformación que han experimentado; algunas de ellas sobresalen del suelo (en las Palmáceas *Iriartea* y *Acanthorhiza*, así como también en *Myrmecodia*), otras son subterráneas (*Dioscorea prehensilis*).

Reducción de las raíces. El sistema radical experimenta en ciertas condiciones una reducción, y hasta un aniquilamiento total, siendo sustituido en sus funciones por otra parte del vegetal. Las plantas acuáticas

flotantes, y particularmente las sumergidas, no sólo muestran las simplificaciones estructurales tocante a los pelos radicales y a la cofia de que antes hemos hecho mérito, sino que, además, presentan frecuentemente raíces cortas y no ramificadas (*Lemna*) o carecen por completo de raíces (*Utricularia*, *Ceratophyllum*). La absorción de materias nutritivas se efectúa por toda

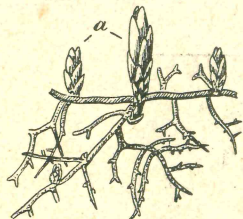


FIG. 39. *Monotropa Hypopitys*. Sistema radical con jóvenes brotes florales (a). (Según KAMIENSKI)

la superficie del vegetal o mediante hojas que han tomado apariencia de raíces (*Salvinia*; es de advertir que lo mismo sucede en algunas especies terrestres exóticas de *Utricularia* y *Drosera*). En algunos Helechos (*Trichomanes*) la raíz está sustituida por rizoides, como ocurre en todas las Talofitas y Musgos

y en los protalos de las Criptógamas vasculares.

Finalmente, haremos mención de las plantas *saprophytas* y *parásitas*, que son, respectivamente, las que se alimentan de materiales orgánicos muertos y las que se nutren directamente a expensas de vegetales vivos; tales plantas experimentan una reducción en toda su estructura, incluso en la raíz. Las Orquídeas saprophytas, que viven sobre el humus, presentan una raíz corta y gruesa, como *Neottia*, o bien poseen un rizoma rechoncho (véase pág. 82) en lugar de aquélla (*Corallorhiza*). En las parásitas se reducen las raíces a medida que se desarrollan los llamados órganos chupadores (fig. 86). En las Rhinantáceas, por ejemplo, hallamos todavía

numerosas y típicas raíces absorbentes, mientras que en otros casos faltan por completo, existiendo únicamente órganos chupadores (Raflesiáceas). Los órganos chupadores, sin excepción, no poseen carácter de raíces.

Muchas raíces subterráneas determinan la *multiplicación vegetativa* de la planta, produciendo brotes endógenos (*vástagos radicales*) que se desarrollan hasta convertirse en individuos independientes (álamo). Algunos sistemas radicales poseen cierta autonomía, en el sentido de que pueden vivir por sí mismos temporalmente; tal sucede en *Monotropa*, planta privada de clorofila y saprofítica, de cuyas raíces persistentes surgen cada año ramas floridas adventicias (fig. 39). De modo análogo se comportan las raíces asimiladoras de algunas Podostemáceas.

2. Las hojas y el tallo

A. Las hojas

a) CARACTERES GENERALES

El tipo foliar más desarrollado nos lo presenta la hoja común, denominada simplemente hoja, en la cual se distinguen ordinariamente tres partes: la lámina foliar propiamente dicha (*limbo*), el *peciolo* y la porción que une a éste con el tallo (*base*). Esta última porción afecta a veces la forma de un abultamiento o *cojinete*, o la de una *vaina*; de ella arrancan también las *estípulas*.

Las hojas son en su mayor parte *dorsiventrales* (*bifaciales*); tanto bajo el aspecto anatómico como exte-

riormente por la disposición de las nerviaciones, la coloración, la distribución de los pelos, etc., se distingue en las hojas una cara superior o *haz* y una cara inferior o *envés*. Esta diferencia se origina con independencia de los factores externos y está condicionada por la orientación de la hoja con respecto a la rama (el haz está dirigido hacia el extremo de la rama, por lo menos cuando la hoja es joven); por lo regular, el haz mira al lado de donde viene la mayor cantidad de luz. Excepcionalmente, puede girar el pecíolo o la parte inferior de la hoja, de suerte que queda dirigido hacia arriba el envés, fenómeno que va acompañado de una modificación correlativa de los caracteres anatómicos (*Allium ursinum*, por ejemplo).

Menos frecuente es el caso de que las hojas sean *isolaterales (equifaciales)*, es decir, que no ofrezcan diferencia esencial entre ambas caras (*Eucalyptus*). Estas hojas se disponen de modo que sus dos caras reciben aproximadamente la misma cantidad de luz (*posición de perfil*), como acontece, por ejemplo, en las hojas ensiformes de *Iris*, las cuales están aplanadas lateralmente en lugar de estarlo de arriba abajo. Estas hojas en forma de espada, así como las cilíndricas y terminadas en punta de *Juncus*, *Allium*, etc., son denominadas *monofaciales o unifaciales*. En efecto, la totalidad de su superficie corresponde solamente al envés del esbozo foliar originario, habiéndose reducido o desaparecido el haz.

Las hojas de forma laminar son *simétricas* en su mayoría; es decir, que el plano perpendicular a la superficie

que pasa por la nerviación media divide a la hoja en dos partes aproximadamente iguales y simétricas. Las hojas en que esto no sucede reciben el nombre de *asimétricas* (olmo, begonia, fig. 23 a).

Desarrollo de la hoja. Prescindiendo de los Musgos y de la mayoría de los Helechos, la hoja no procede de una sola célula sino de un grupo celular. El joven esbozo foliar, que por lo común nace lateralmente en el punto vegetativo, aparece como un pequeño abultamiento, que en las hojas en las que ha de constituirse una vaina puede extenderse en forma anular (Gramíneas). El esbozo foliar, llamado también *hoja primordial*, crece al principio en sentido longitudinal, persistiendo el crecimiento con este mismo carácter en la mayoría de los Helechos y en muy pocas Fanerógamas (*Drosophyllum*); pero en la inmensa mayoría de los casos, el crecimiento se efectúa desde muy temprano en forma *intercalar*, afectando a toda la hoja. El crecimiento del ápice en las hojas de las plantas trepadoras se efectúa con tan gran rapidez en relación al del resto de la hoja, que se forma una especie de prolongación aguzada, de la cual, empero, no quedan vestigios en la hoja adulta (*Actinidia*).

En la hoja primordial de las Fanerógamas se puede distinguir precozmente una mitad superior y otra mitad inferior; a expensas exclusivamente de la primera se forma el limbo, en tanto que de la segunda procede la base, antes mencionada. Entre una y otra se intercala posteriormente el pecíolo (fig. 40). Los accidentes que los bordes de la hoja adulta pueden presentar (lóbu-

los, etc.), están asimismo representados en la hoja primordial por diminutas eminencias o abultamientos laterales. La dirección del crecimiento de las partes constitutivas del esbozo foliar es variada, pudiendo ser acrópeta o basípeta, o bien creciendo hacia arriba aquellas de dichas partes que están situadas en la región superior



FIG. 40

Desarrollo de las hojas

FIG. 40. a, esbozo foliar; b, el mismo un poco más viejo; o, mitad superior; g, mitad inferior con los esbozos de dos estípulas; sp, limbo; st, pecíolo, aquí excepcionalmente pronto diferenciado

FIG. 41. Hoja pennada joven, cuyos lóbulos se forman en dirección acrópeta



FIG. 41

del esbozo y hacia abajo las demás (fig. 41). Constituyen una excepción las hojas de las palmeras, las cuales se desarrollan al principio como hojas sencillas, pero después se hinden a consecuencia de que mueren porciones del tejido en forma de bandas o tiras. De modo análogo se producen las perforaciones u orificios que presenta el limbo de muchas hojas de Aráceas.

Por lo regular, el crecimiento de las hojas es limitado, es decir, que no tardan en adquirir su tamaño definitivo, si bien es cierto que algunas no alcanzan sus dimensiones máximas sino después de pasado mucho tiempo, incluso en el curso de varios períodos de vegetación (pino). Exceptúanse principalmente algunos Helechos (*Gleichenia*, *Lygodium*), el ápice de cuyas hojas sigue creciendo durante años enteros, a semejanza de las ramas, y a veces con interrupciones periódicas. Estas hojas pueden, inclusive, llegar a hacerse trepadoras y

adquirir una longitud de varios metros (*Lygodium*). Su punto vegetativo queda suficientemente protegido por su propio enrollamiento, como sucede en todos los Helechos.

En general, las hojas caen después de transcurrido cierto tiempo y dejan en la mayoría de los casos una cicatriz en el punto correspondiente de la rama.

El reducido espacio de que las hojas disponen en el interior de la yema es causa de que aquéllas, cuando jóvenes, rara vez estén extendidas, sino más o menos plegadas, enrolladas o arrugadas. Esta posición de las hojas dentro de la yema es denominada *vernación*. Designase, en cambio, con el nombre de *estivación* la posición relativa de unas hojas con otras en las envolturas florales y en las escamas de las yemas. Según que las hojas se recubran mutuamente por sus bordes, se toquen simplemente o quede entre ellas algún espacio, la estivación se denomina respectivamente imbricada, valvar o abierta; si en la estivación imbricada es constantemente el borde derecho de una hoja (observado desde fuera) el que monta sobre el izquierdo de la siguiente, aquélla se llama *diestra*, designándose con el nombre de *sinistra* en el caso contrario.

Formas de hojas (fig. 42). Son extraordinariamente variadas, pero aquí nos limitaremos a mencionar las más importantes. Hay que distinguir, en primer lugar, entre hojas pecioladas y no pecioladas (sentadas). En el último caso, el limbo suele tener una base de contacto más amplia con la rama. Si la hoja se extiende al mismo tiempo un poco en torno de la rama o tallo, denominase

abrazadora; pero si la rodea por completo hasta el punto de soldarse posteriormente los dos lóbulos de la hoja, ésta es llamada *perfoliada*. Designase con el nombre de

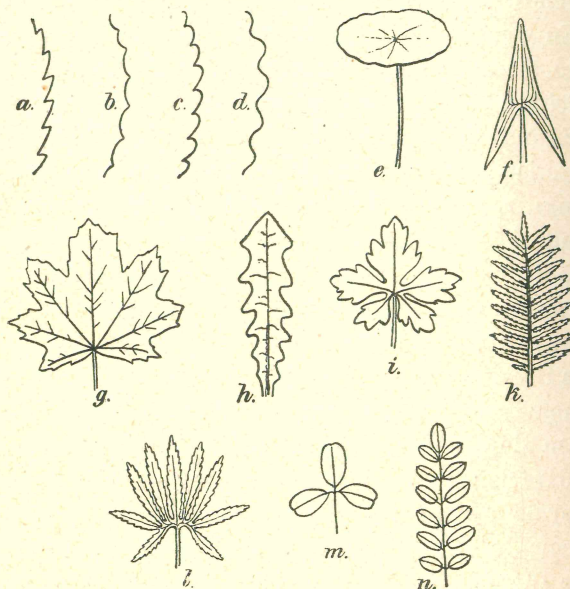


FIG. 42. a-d, borde de las hojas: a, aserrado; b, dentado; c, festoneado; d, lobulado. e-n, forma de las hojas: e, peltada; f, aflechada; g, palmeada (arce); h, runcinada (*Hypochoeris*); i, palmeado-hendida (*Ranunculus*); k, pennado-hendida (*Chrysanthemum*); l, palmeado-compuesta (*Helleborus*); m, trifoliada (trébol); n, pinnado-compuesta (*Robinia*)

decurrente la hoja cuyo limbo se prolonga hacia abajo en forma de ala en el entrenudo. En general, se aplican las siguientes denominaciones a las hojas en atención a la forma del limbo: redondas, ovaladas, elípticas, alargadas, lanceoladas, espatuladas, cuneiformes, linea-

les. Como formas especiales citaremos además la peltada, la acorazonada, la arriñonada y la aflechada.

Rara vez es completamente liso el borde de la hoja (hoja *entera*), siendo con más frecuencia aserrado, dentado, festoneado o lobulado. Si las incisiones del borde penetran en el limbo más profundamente que en los casos citados, tenemos hojas lobuladas, hendidas, partidas, cortadas, según, respectivamente, que la incisión no llegue hasta un punto equidistante del borde y de la nerviación media, que profundice hasta dicho punto, que penetre todavía más profundamente o que alcance a la nerviación media o a la base de la hoja. Casos especiales representan las hojas palmeadas, pinnadas, palmeado-hendidas, palmeado-partidas, etc.

Además de las hojas sencillas de que acabamos de hacer mención tenemos las compuestas, que se caracterizan por el hecho de que cada una de sus partes o *folíolos* reproduce la forma de una hoja sencilla. Distínguese en este respecto hojas palmeado-compuestas y pinnado-compuestas; si los folíolos que integran la hoja compuesta son compuestos a su vez, decimos que aquélla es doblemente compuesta y, en general, múltiplemente compuesta. Las partes componentes de las hojas compuestas o divididas suelen ser asimétricas.

Nerviación. La hoja está recorrida por un sistema de líneas salientes, distribuidas en general de un modo característico, denominadas *nervios*. Los nervios actúan mecánicamente en el sentido de dar consistencia al limbo, blando casi siempre, sirviendo además para la conducción de materiales nutritivos, especialmente de

agua. Los nervios más robustos sobresalen a modo de costillas, particularmente en el envés, estando unidos entre sí por una especie de red constituida por los más finos. La nerviación puede afectar las tres disposiciones siguientes: a) *rectinervia*, cuando los nervios son más o menos paralelos entre sí y al borde de la hoja (la mayoría de las Monocotiledóneas, algunas Dicotiledóneas, figura 43); b) *penninervia*, cuando de un nervio principal, que sigue la

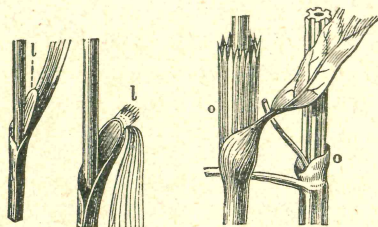


FIG. 43
Ligula (l).
(Según GILG)

FIG. 44
Ocrea (o).
(Según GILG)

línea media de la hoja, parten a uno y otro lado nervios menos gruesos que, a su vez, pueden ramificarse (fig. 42 h); c) *palminervia*, cuando de la base del limbo arrancan radialmente varios nervios, que por lo común se ramifican débilmente (fig. 42 g).

El *peciolo* es el portador del limbo, siendo su dirección la más conveniente para que la hoja reciba la cantidad de luz que necesita. La función del peciolo es, por tanto, principalmente de orden mecánico y resulta favorecida por la forma de aquél, aproximadamente cilíndrica. Denominase alado cuando el limbo se extiende a lo largo de él en forma de tiras o bandas estrechas, con lo cual coopera también a la función asimiladora. Esta función es la que principalmente desempeñan los llamados *filodios*, esto es, peciolos aplanados en forma

de hoja con un limbo atrofiado; un bello ejemplo de filodios nos presentan las acacias australianas, en las que los peciolos se aplanan por su nervio medio tomando una posición de perfil (fig. 88).

La vaina foliar. Cuando la base de la hoja se extiende rodeando el tallo más o menos completamente, recibe el nombre de vaina. La vaina alcanza un extraordinario desarrollo en muchas Monocotiledóneas y en algunas Dicotiledóneas (Umbelíferas, etc.). Actúa protegiendo a la yema y además sirve de sostén a los entrenudos de la rama en vías de crecimiento, todavía débiles en su parte inferior. Esta última función la desempeñan principalmente las vainas tubulares de las Gramíneas y Ciperáceas, estando abiertas lateralmente la mayoría de las primeras y completamente cerradas las segundas (fig. 43).

El mismo origen que la vaina reconocen las *estípulas*, que ordinariamente nacen por pares junto a la base del peciolo.

El punto de su nacimiento puede estar situado, ya sobre la rama (figs. 45 y 46), ya sobre el peciolo, caso este último en el que la base de la hoja se estira. El tamaño de las estípulas varía extraordinariamente; son, por lo regular, de apariencia foliácea (en *Robinia* se han transformado en espinas), sirven de protección a las yemas principales o axilares y caen precozmente (*Liriodendron*, haya). En otros casos están completamente al servicio de la función asimiladora, ya sustituyendo a las hojas transformadas en zarcillos (*Lathyrus Aphaca*, fig. 45), ya tomando el aspecto de hojas pen-

ninervias (guisante, fig. 46), o convirtiéndose en verdaderas hojas (*Galium*).

No es raro que se suelden dos estípulas entre sí, ya las pertenecientes a dos hojas opuestas (lúpulo, *Galium*), ya las de una misma hoja, formando entonces, como ocurre, por ejemplo, en *Ficus elastica*, una especie de embudo que rodea a la yema. Por el hecho de partir

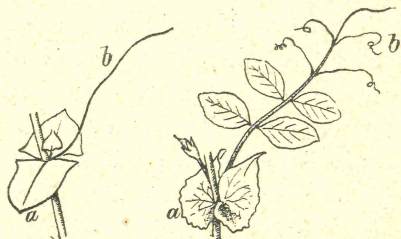


FIG. 45

FIG. 46

FIG. 45. Estípulas (a) y zarcillo foliar (b) de *Lathyrus Aphaca*

FIG. 46. Estípulas (a) y zarcillos (b) de guisante

estas estípulas de la axila de la hoja denominanse *estípulas axilares*, así como también las estípulas de *Potamogeton*.

Formaciones análogas a las estípulas son la *ocrea* de *Polygonum* (fig. 44) y la *ligula* de las Gramíneas; esta última constituye una delicada membrana, de función poco conocida, que nace en el punto de unión del limbo y la vaina. Con el nombre de *estipulitas* se designan pequeñas estípulas que se encuentran a veces en la base de los folíolos de las hojas compuestas (*Thalictrum*).

b) FORMA Y FUNCIÓN DE LA HOJA

La forma de la hoja común está relacionada en muchas ocasiones con las condiciones externas, las cuales pueden afectar a su función principal, la actividad asimiladora, y sobre todo a la también importante función de eliminar agua por transpiración. Aunque esta categoría de hechos pertenece más bien al dominio de la Biología, citaremos los más importantes. Las plantas que viven en lugares húmedos, libres, por tanto, del peligro de la desecación, poseen en general hojas grandes, mientras que en las que crecen en parajes secos, las hojas suelen experimentar una reducción de su superficie asimiladora que, por lo regular, va acompañada de una simplificación de su estructura (hojas aciculares y escamosas: *Pinus*, *Casuarina*). También viven frecuentemente en estas comarcas plantas con hojas carnosas (*Agave*). Las plantas acuáticas están caracterizadas por la posesión de hojas de forma especial, y frecuentemente de hojas de variadas formas (heterofilia), en lo cual insistiremos más adelante. Las hojas de muchas plantas de bosques tropicales se prolongan por su ápice en una larga punta acanalada, que evidentemente favorece la rápida evacuación del agua de lluvia o de rocío que frecuentemente las moja (fig. 47 a).

En los citados ejemplos, la principal función de la hoja consiste en su facultad asimiladora; pero, además, conócense numerosos órganos foliares en los que la actividad asimiladora resulta anulada más o menos completamente por otra función nuevamente adquirida.

Una forma singular presentan las hojas de muchas plantas insectívoras, adaptada de modo variado a la captura de pequeños animales (*Nepenthes*, *Utricularia*, figura 47 b). Ciertos Helechos de los trópicos, que viven como epifitos sobre troncos de árboles, además de hojas

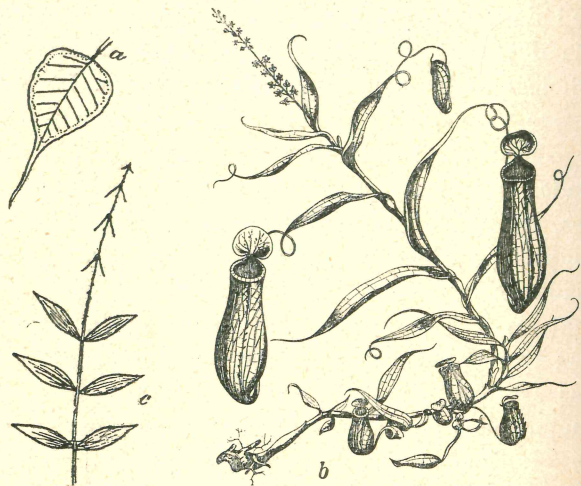


FIG. 47. Hoja de *Ficus religiosa* (a), rama de *Desmoncus* (c), y *Nepenthes gracilis* con ascidias (b) (según GRIG)

ordinarias poseen otras de estructura más sencilla, que constituyen especies de recipientes en forma de nidos de golondrina o de macetas, en los que se acumulan materias orgánicas, tierra, etc., que son utilizadas por las raíces (*Platycerium grande*, *Polypodium quercifolium*). Las hojas carnosas de las plantas crasas actúan acumulando agua en su seno (*Sedum*). En las ramas más ro-

bustas del agracejo, las hojas se han transformado en espinas.

Importantísimas y variadas funciones desempeñan las hojas transformadas en órganos trepadores. En *Clematis* actúa como zarcillo el nervio central de la hoja, es decir, el eje de la hoja pinnada; en *Tropaeolum*, el pecíolo de las hojas comunes; estos zarcillos, en efecto, son especialmente excitables por el contacto con un objeto sólido y se arrollan en torno de éste. En otros casos se transforma en zarcillo filamentososo, ya simple, ya ramificado, la parte superior de una hoja (guisante) o la hoja entera (*Lathyrus Aphaca*) (figs. 45 y 46). En el guisante se puede conseguir artificialmente la transformación de los zarcillos en hojas privando al vegetal de las hojas normales.

En una palmera trepadora (*Desmoncus*), los nervios de las hojas, prolongadas en forma de filamento en su ápice, se transforman en una especie de garfios dirigidos hacia atrás que se fijan en las ramas de la planta que sirve de sostén a aquella (fig. 47 c). Las hojas de muchos Helechos se convierten en *retoños*, para lo cual, los ápices de dichas hojas, que son sencillas (*Camptosorus*) o pinnadas (*Adiantum*, *Asplenium*, etc.), se alargan, reduciéndose o anulándose al propio tiempo las superficies asimiladoras de aquéllas; en virtud de este alargamiento, las hojas en cuestión llegan al suelo, produciendo raíces y originando una nueva planta, cuyas hojas, a su vez, pueden repetir la misma operación (fig. 48 a, b).

También podemos mencionar aquí las singulares formas de las Lentibulariáceas, especialmente de las

utricularias acuáticas de Alemania. En estas plantas privadas de raíces, las largas ramas flotantes, con hojas dispuestas en dos filas, no son hasta cierto punto más que hojas aisladas de vida independiente que forman también las ramas floridas. De todos modos no se puede establecer aquí la distinción entre tallo y hoja (Goebel). Asimismo, las notables formas de la lenteja de agua (*Lemna*) pueden ser consideradas como hojas, como ramas o, inclusive, como «talos». La formación, a que anteriormente hemos aludido, de ramas adventicias o plantitas jóvenes sobre hojas, determinante de una multiplicación vegetativa, es un fenómeno relativamente frecuente (*Asplenium bulbiferum*, *Cardamine pratensis*, etc.; fig. 48 c).

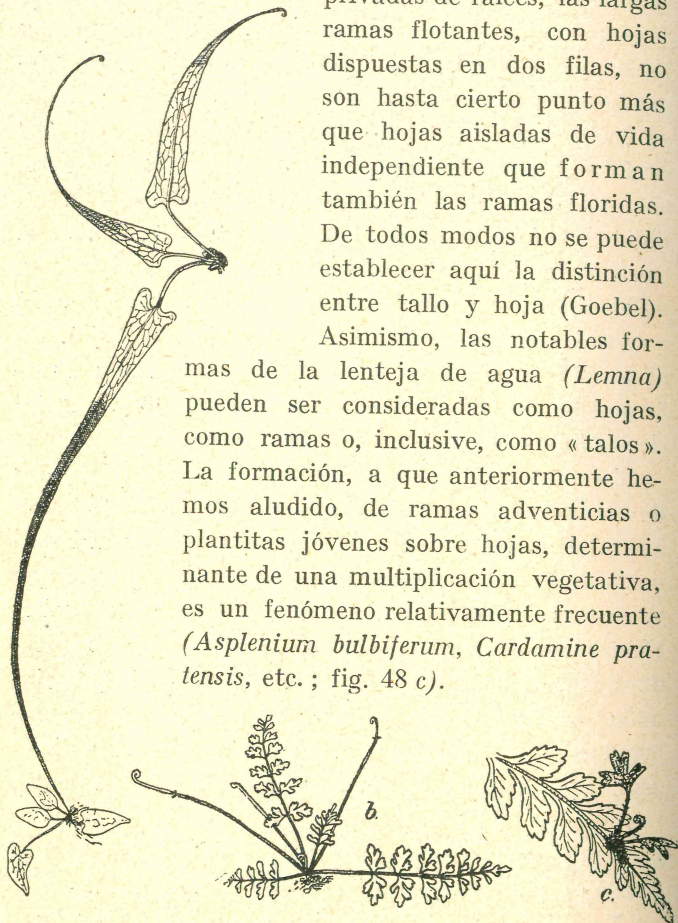


FIG. 48. Hojas de helechos. a, *Scolopendrium rhyzophyllum*, que produce nuevos brotes en el extremo de sus hojas (según CHODAT); b, *Asplenium obtusilobum*, planta con cuatro frondes y tres retoños (según GOEBEL); c, *Asplenium* sp., fronde con una planta adventicia

También hay que considerar como hojas transformadas los *cotiledones*, las *hojas inferiores* y las *hojas superiores*. Caracterizanse, más bien que por desempeñar una determinada función, por lo muy difundidas que se encuentran en los vegetales; no faltan, en efecto, en casi ninguna fanerógama, hallándose confinadas en ciertos pasajes del cuerpo de la planta. Entre las que pertenecen a un mismo tipo existe una semejanza que en muchos casos es facilísima de apreciar. La forma de todas estas hojas es, en general, extraordinariamente sencilla en comparación a la que presentan las hojas normales; hasta cierto punto, representan grados de desarrollo primitivos de las hojas normales o detenciones en el desenvolvimiento de éstas, estando, sin embargo, como es natural, más o menos adaptadas a su función actual.

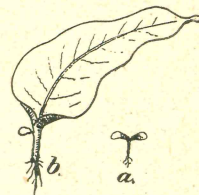


FIG. 49. *Streptocarpus Wendlandi*. a, joven; b, brote viejo

Con el nombre de *hojas embrionarias* o *cotiledones* designanse las primeras formaciones foliares del embrión todavía encerrado en la semilla, las cuales aparecen ya con anterioridad a la formación del punto vegetativo del tallo. En las Monocotiledóneas existe una sola hoja embrionaria, dos en casi todas las Dicotiledóneas, y de dos a quince en las Coníferas. En estos dos últimos grupos de plantas están dispuestas en verticilo. Con pocas excepciones (berro, tilo, etc.), los cotiledones son hojas enteras. Muy frecuentemente carecen de pecíolo y en muchos casos son asimétricas, lo

cual suele depender de la posición que ocupan en el interior de la semilla.

Si, además de ejercer una función protectora de la yema que ha de formar el tallo de la nueva planta (*plúmula*), están destinadas a la acumulación de materias nutritivas, alcanzan escaso desarrollo en sentido superficial, pero adquieren un considerable grosor. En ciertos casos, cuando la semilla germina los cotiledones quedan enterrados, no formándose en ellos el pigmento verde conocido con el nombre de clorofila (guisante, haba). En muchas plantas están soldados entre sí (castaño de Indias, capuchina).

Sin embargo, es mucho más frecuente el caso de que los cotiledones estén también al servicio de la función asimiladora, habiendo actuado anteriormente como depósito de materiales nutritivos, o bien como órgano de absorción de éstos en el caso de que tales substancias de reserva se hallasen acumuladas fuera del embrión, en un tejido especial de la semilla. Por el crecimiento en longitud de su peciolo o del *hipocotilo* (así se denomina el entrenudo del tallo situado debajo de los cotiledones, para distinguirlo del *epicotilo*, colocado encima de ellos), los cotiledones emergen del terreno y adquieren color verde (fig. 50). En ocasiones experimentan un considerable aumento en superficie y cambian bastante de forma, pudiendo llegar a hacerse absolutamente semejantes a una hoja normal (*Cyclamen*, *Oenothera*). En *Streptocarpus Wendlandi*, uno de los dos cotiledones crece mucho menos que el otro y, como acontece ordinariamente en muchas otras ocasiones, muere precoz-

mente; el cotiledón superviviente, en cambio, se desarrolla hasta convertirse en una hoja normal (fig. 49).

Más complicada estructura presenta el cotiledón de la mayoría de las Monocotiledóneas, el cual se compone de dos partes: una vaina y un limbo. Este último forma en su ápice un órgano de absorción que queda en la semilla, mientras que el resto del cotiledón ad-

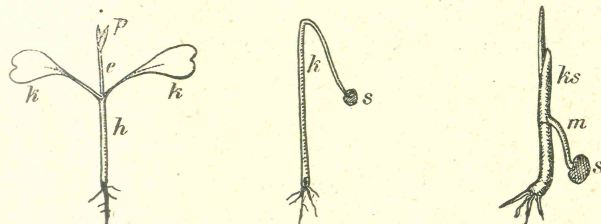


FIG. 50. Col FIG. 51. *Allium* FIG. 52. *Tradescantia*
 Figs. 50, 51 y 52. Germinación. *k*, cotiledones; *h*, hipocotilo; *e*, epicotilo; *p*, yema terminal; *s*, semilla; *m*, pieza intermediaria; *ks*, coleóptilo

quiere color verde a la manera de una hoja común (*Allium*, *Dracaena*, fig. 51) o constituye un peciolo más o menos largo, la llamada *pieza intermediaria* (palmeras, *Tradescantia*, fig. 52). Como quiera que la vaina suele alargarse ulteriormente a manera de *lígula* por encima del punto de inserción de la *pieza intermediaria*, ésta adquiere el aspecto de un apéndice colgante lateralmente. El órgano de absorción recibe en las Gramíneas el nombre de *escudete*, y la vaina del cotiledón el de *coleóptilo*.

Las *hojas inferiores* se hallan en las partes inferiores del tallo y en los rizomas, figurando también entre ellas las escamas de las yemas. Casi siempre ofrecen aspecto escamoso y carecen de peciolo, asentándose

en el tallo por una amplia base. Su estructura es muy sencilla, estando rara vez provistas de clorofila. Pueden desempeñar un papel protector del punto vegetativo, para lo cual están organizadas especialmente las escamas que rodean las yemas de invierno, o bien pueden acumular en su seno materiales de reserva; esta última función desempeñan principalmente en los tallos subterráneos, como en los *bulbos* o cebollas, en los que tienen una apariencia carnosa y están muy juntas entre sí (jacinto).

La transformación de las hojas normales para convertirse en escamas de las

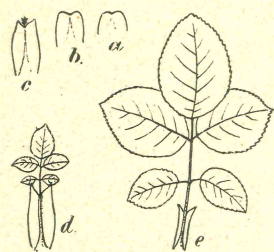


FIG. 53. Rosa. a, escama; e, hoja normal; b, c y d, formas intermedias

yemas alcanza al esbozo foliar entero (lilo), o bien, lo que es más frecuente, afecta a la base de la hoja, la cual se ensancha, con atrofia del limbo y del pecíolo (rosal, *Acer*). Como caso especial mencionaremos la formación de escamas a expensas

de estípulas (haya), en donde aparecen dos escamas de yemas en lugar de una hoja. Soldándose mutuamente dos estípulas (magnolia) o dos bractéolas (sauce), se forma una escama a modo de cúpula o tejado. El modo cómo se ha efectuado la transformación se infiere a veces de la forma de la escama, pero, sobre todo, de las formas de transición a hojas normales, como las que suelen observarse al abrirse una yema (fig. 53). En otros casos podremos averiguarlo mediante la observación del desarrollo de las escamas y a favor de la experimentación. Es posible, en efecto, provocar arti-

ficialmente la transformación de escamas de yemas en hojas normales, y observar, en consecuencia, la formación de fases intermedias; basta para ello cortar el ápice de un tallo joven o privar a éste de sus hojas, con lo cual, los puntos vegetativos que se disponían a formar yemas dan origen a verdaderas hojas.

Muy semejantes a las hojas inferiores son las *hojas superiores*, nombre con el que se designan las formaciones foliares inmediatas a la flor, las cuales se diferencian notablemente de las hojas normales pero no forman parte de la flor misma; son las *brácteas* y las *bractéolas*. Ostentan una forma sencilla, careciendo casi siempre de pecíolo y estando más o menos desprovistas de clorofila; principalmente, ejercen una función protectora de la flor joven. En ocasiones son de gran tamaño y presentan una coloración brillante, sirviendo entonces para atraer a los insectos hacia la flor (especies exóticas de *Euphorbia*, envoltura o *espata* de las flores de *Cala*). A veces tienen forma de expansiones que facilitan el transporte aéreo de los frutos y la consiguiente diseminación de las semillas (tilo).

Como entre las hojas superiores y las normales existen numerosas formas de transición, en la mayoría de los casos resulta fácil reconocer el modo cómo aquéllas se han formado por transformación de éstas. Acontece exactamente lo mismo que hemos visto al hablar de las *hojas inferiores*, es decir, que derivan de las hojas normales principalmente por transformación de la base y disminución de tamaño del limbo y del pecíolo. En el lúpulo representan estípulas transformadas.

B. El tallo

a) CARACTERES GENERALES

En el tallo están implantados los órganos más importantes de la planta, por lo cual tiene gran importancia desde el punto de vista de la morfología externa. Cuando la vida de la planta es de corta duración, el tallo es de consistencia herbácea, como acontece, por ejemplo, en los vegetales anuales y bianuales, y también en las plantas que viven varios años y cuyas partes enterradas o estrechamente aplicadas al terreno sobreviven a los rigores del invierno o, en general, de la estación desfavorable. Las partes de las plantas perennes que sobresalen del suelo están, por el contrario, casi siempre lignificadas, constituyendo entonces, bien un *árbol* dotado de robusto tronco, bien un *arbusto* que comienza a ramificarse al ras del terreno, inmediatamente por encima de la raíz; únicamente el tallo carnoso de ciertas plantas (cáceas, etc.) se exceptúa en este respecto.

El aspecto o porte de la planta está condicionado por diversos factores, bien apreciables en los árboles: disposición de las hojas y de las ramas (la mayoría de las Palmáceas no se ramifican); el ángulo que las ramas forman con el tronco (muy agudo en *Populus pyramidalis*); la dirección del crecimiento de la planta en relación con la vertical, etc. Influye, además, en gran manera la necesidad de una iluminación más o menos intensa por parte del vegetal, hasta el punto de que las

ramas situadas en la profundidad de la copa del árbol, y, por consiguiente, en un lugar demasiado sombrío, pueden morir. En algunas plantas se hace patente el influjo del género de vida especial; así, por ejemplo, las ramas de las plantas trepadoras se alargan mucho, pero manteniéndose delgadas y flexibles, a modo de cuerdas; en cambio, las ramas de los vegetales parásitos experimentan frecuentemente una reducción muy considerable (Balanoforáceas, Raflesiáceas).

Rara vez produce la planta una flor en el extremo de su eje principal; en estos casos denominase el vegetal *uniáxico*, aun cuando puedan existir simultáneamente ramas laterales floridas o no floridas (amapola, *Radiola*). En la mayoría de los casos las flores aparecen en una rama lateral de primero, segundo, tercer orden, o de un orden aún más elevado, siendo la planta entonces *biáxica*, *triáxica* o *poliáxica*. Con este modo de formarse las flores en las distintas ramas, característico para cada especie vegetal, está relacionada la aparición de una cierta división del trabajo; no es raro que las hojas inferiores, las normales y las superiores se distribuyan en diversas generaciones de ramas (fig. 54). Denominanse *brotos* o *renuevos* las ramas que cada año aparecen en las plantas perennes.

Para que las plantas anuales y bianuales produzcan flores y frutos es necesario que transcurran respectivamente uno o dos períodos vegetativos a partir del momento de la germinación de sus semillas. Después de producir frutos mueren, lo cual quiere decir que fructifican una sola vez en su vida, que son *monocárpicas*.

Policárpicas, esto es, que fructifican varias veces, son por el contrario, las plantas perennes : árboles, arbustos

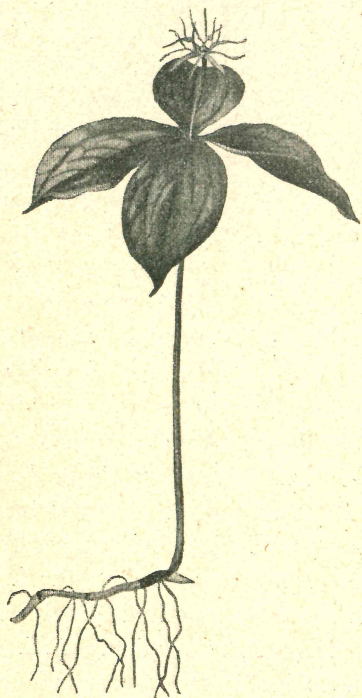


FIG. 54. *Paris quadrifolia*.
(Según STRASBURGER)

particularmente, la capacidad de crecimiento en longitud de los entrenudos puede conservarse durante largo tiempo, sobre todo en la base de éstos. Estas zonas de crecimiento *intercalar* están protegidas frecuentemente por

y matas. Constituyen una excepción en este respecto algunas hierbas (*Orobanche*), así como también ciertas Palmáceas y pitas (*Agave*) que fructifican una sola vez en el transcurso de algunos años (o lustros, como las Palmáceas del género *Corypha*) y mueren a continuación.

El crecimiento del tallo, así como la formación del esbozo de todos los órganos importantes, se realiza a favor de una activa multiplicación celular en el ápice; además, los entrenudos aumentan en longitud muy considerablemente. En las Monocotiledóneas, par-

vainas foliares, como acontece, por ejemplo, en las Gramíneas. Las ramas crecen, en general, indefinidamente, existiendo algunas, no obstante, cuyo crecimiento es limitado, como el de las hojas.

Las ramas axilares están ya esbozadas en la yema que da origen a la rama madre, desarrollándose ordinariamente después de la hoja que les sirve de soporte, rara vez antes, como sucede en muchas inflorescencias de Crucíferas. En nuestras plantas leñosas se desarrollan normalmente en el siguiente período vegetativo. Exceptúanse, por ejemplo, las ramas del agracejo, cuyas yemas axilares, al igual que las situadas en las partes que sobresalen del suelo en las plantas herbáceas, se desarrollan al mismo tiempo que las hojas que les sirven de soporte, es decir, durante el mismo verano; es de advertir, sin embargo, que estas últimas, en forma de espina, no actúan como órganos asimiladores, exactamente lo mismo que ocurre con las escamas de los pinos (véase pág. 81).

b) FORMA Y FUNCIÓN DEL EJE VEGETATIVO

El eje vegetativo no se limita a desempeñar funciones mecánicas sino que, además, facilita el intercambio de materiales entre la raíz y las hojas, para lo cual parece ser la forma cilíndrica la más adecuada. Pero al mismo tiempo suele estar encargado de otras diversas funciones, a la ejecución de las cuales van ligadas a veces notables modificaciones de su forma. La parte del eje vegetativo que sobresale del terreno interviene

de modo importantísimo en la función asimiladora. Todos los tallos herbáceos, así como también los jóvenes troncos leñosos de nuestros árboles y arbustos, contienen abundante clorofila, siendo aptos, en consecuencia, para formar sintéticamente sustancias orgánicas, no siendo raro que suplanten en este respecto a las hojas total o parcialmente. En este caso, los tallos conservan perennemente su color verde, mientras las hojas pueden quedar reducidas a escamas incoloras o caer precozmente. La reducción de tamaño de las superficies asimiladoras puede tener su compensación en el alargamiento de los tallos y



FIG. 55. *Casuarina*. Rama con escamas foliares

abundante ramificación de los mismos, como acontece en la retama de escobas, *Casuarina*, etc. (fig. 55). En otros casos se compensa mediante el aplanamiento de los tallos (*Opuntia*, *Muehlenbeckia*, fig. 56), hasta el extremo a veces de que ramas de crecimiento limitado adquieren completamente el aspecto de hojas (*Phyllocladus*, *Ruscus*); los tallos aplanados de esta última clase reciben la denominación de *filocladios* (fig. 57), reservándose modernamente la de *cladodios* para los de la primera clase.

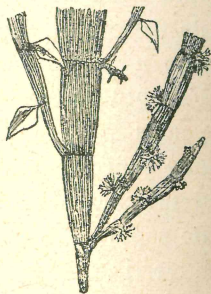


FIG. 56. *Muehlenbeckia platyclados* presentando cladodios. (Según BONNIER)

En general, el tallo actúa indirectamente favoreciendo la distribución de las hojas con respecto a la luz, particularmente mediante la producción de diversas formas de ramas, ya *largas*, con largos entrenudos y considerable crecimiento en longitud, ya *cortas*, con entrenudos cortos y crecimiento en longitud lento o limitado (fig. 58). A estas últimas, que ordinariamente no se ramifican y viven poco tiempo, corresponde la misión de llenar con su follaje los huecos que dejan entre sí las ramas largas. En el alerce sucede frecuentemente que una rama corta se convierte súbitamente en larga, lo cual se puede conseguir artificialmente en otros casos cortando ramas más grandes. En los pinos indígenas (alemanes) (1), las ramas largas llevan exclusivamente escamas de yemas, en tanto que las hojas aciculares están dispuestas por pares en pequeñas ramas cortas. Además, las flores nacen frecuentemente en ramas cortas, como acontece, por ejemplo, en muchos árboles frutales.

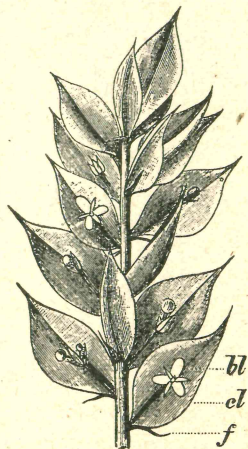


FIG. 57. *Ruscus aculeatus*. *f*, hoja; *cl*, filocladio; *bl*, flor. (Según SCHENCK)

Depósitos de materiales de reserva. En concepto de tales actúan en primer lugar las ramas y tallos subte-

(1) Y también en los de la Península Ibérica.—*N. del T.*

rráneos, más rara vez los situados por encima del terreno. Entre los primeros figuran principalmente los *rizomas*, los cuales, en general, llevan exclusivamente hojas inferiores, cuyas cicatrices persisten en los lugares en que estuvieron insertas. Por esta circunstancia, así como también por la ausencia de piloriza y por su estructura especial, se diferencia siempre el rizoma de

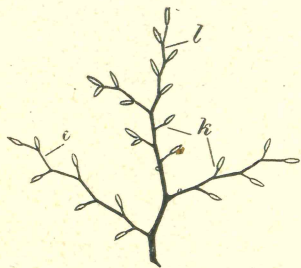


FIG. 58

Rama de haya en invierno.
l, ramas largas; k, ramas cortas

la raíz. Los rizomas, por lo regular, producen raíces en abundancia, si bien en algunos casos pueden desempeñar las funciones propias de la raíz (*Corallozhiza*, *Equisetum*). Los rizomas pueden estar enterrados en posición horizontal o vertical, y en muchas ocasiones, en posición oblicua. Muchas plantas herbáceas resisten los fríos invernales, manteniéndose en vida hasta la próxima primavera, en forma de rizomas. Las hojas normales aparecen por lo regular en los brotes o renuevos que se forman, ya en calidad de ramas axilares, ya directamente en el punto vegetativo principal; el primer caso se presenta cuando la ramificación es monopódica (*Paris*, fig. 54), el segundo cuando es simpódica (*Polygonatum*, fig. 59). El caso más raro es que surjan directamente del rizoma (*Polypodium*, *Oxalis*).

El notable grosor de muchos rizomas (*Iris*) indica ya la gran cantidad de substancias de reserva acumu-

ladadas en ellos; pero esta circunstancia se hace más ostensible aún cuando se trata de órganos que, como los tubérculos y los bulbos, una vez separados de la planta madre pueden servir, o sirven exclusivamente, para la reproducción vegetativa de aquella. El *tubérculo* es una porción del tallo, muy engrosada, que ordinariamente lleva hojas inferiores poco aparentes, y en cuyo interior

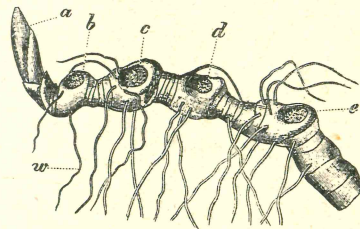


FIG. 59. Rizoma de *Polygonatum multiflorum*. a, yema productora del vástago aéreo del año próximo; b, cicatriz del turión del año; c, d y e, cicatrices de los tres años anteriores; w, raíz. (Según STRASBURGER)

se hallan acumulados los materiales de reserva (almidón, etc.) (fig. 60). Los *bulbos* constan de un eje corto y ancho (*disco* o *platillo*), cuyo papel como órgano almacenador de substancias de reserva es mucho menos importante que el que desempeñan las hojas carnosas o escamas que lo envuelven (fig. 61). Tanto el tubérculo como el bulbo son órganos subterráneos. Como ejemplos de tubérculos citaremos los de la pataca y la patata (los llamados *ojos* de este último tubérculo son yemas algo profundas, situadas en las axilas de las escamas que han desaparecido precozmente). Poseen bulbos subterráneos los jacintos y las cebollas. Yacen, en cambio, superficialmente los tubérculos del colinabo, de muchas Or-

quídeas tropicales, etc. Designanse con el nombre de *bulbillos* unos órganos pequeños, fácilmente destacables, que, en general, poseen estructura semejante a la de los bulbos o los tubérculos; en *Allium* y en *Polygonum viviparum* están situados en el interior de la inflorescencia; en *Dentaria* (fig. 62), en las axilas de las hojas; en *Malaxis*, *Cystopteris bulbifera*, etc., en el limbo foliar.



FIG. 60. Parte inferior de una patatera (*Solanum tuberosum*)
(Según SCHENCK)

También existen órganos encargados de almacenar en sus tejidos gran cantidad de agua, entre los cuales figuran los tallos de las cáceas, euforbias, etc.

Denominanse *estolones* los tallos, destinados asimismo a favorecer la difusión y propagación de la planta, que irradian de ésta en sentido horizontal, ya sobre el suelo, ya subterráneamente. En el segundo caso se asemejan extraordinariamente a los rizomas, distinguiéndose de ellos únicamente por la gran longitud de sus entrenudos.

Correspondiendo a su modo particular de ramificación, parten de ellos las hojas. No es raro el caso de que en sus extremos se formen bulbos o tubérculos (patata, fig. 60). Los estolones situados sobre el terreno poseen también

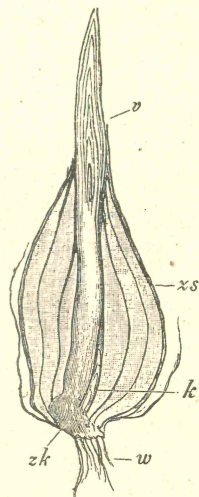


FIG. 61. Cebolla del tulipán cortada longitudinalmente. zk, eje; zs, escamas de la cebolla; v, yema terminal; k, origen de una cebolleta; w, raíces. (Según SCHENCK)

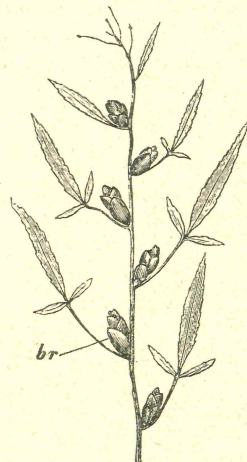


FIG. 62
Dentaria bulbifera provista de bulbos axilares, br.
(Según SCHENCK)

entrenudos alargados, los cuales son portadores de hojas normales o rudimentarias y producen raíces en algunos de sus nudos (fresa). Las partes viejas de los estolones mueren precozmente, quedando entonces independientes unas de otras las porciones que han producido raíces.

Zarcillos. Las ramas se transforman en zarcillos en ciertas plantas trepadoras; los zarcillos se ramifican

con frecuencia, estando privados de hojas en la mayoría de los casos o provistos de hojas escamosas. Se fijan a los objetos inmediatos, ya ciñéndose a su alrededor (*Vitis*, *Passiflora*), ya mediante discos adhesivos que se forman en su extremo (*Ampelopsis*), ya a favor de una especie de ganchos, como acontece en algunos vegetales exóticos (fig. 63). Son muy características las modificaciones que experimentan los zarcillos, determinadas por el contacto con el objeto extraño y encaminadas a aumentar la eficacia de la fijación mecánica, las cuales consisten en la disposición de aquéllos en forma de espiral apretada, en el aumento de grosor de los mismos o de los ganchos, etc. En muchas ocasiones proceden los zarcillos de la transformación de las ramas portadoras de las inflorescencias, existiendo entonces formas de transición entre éstas y aquéllas (*Vitis*, *Passiflora*).

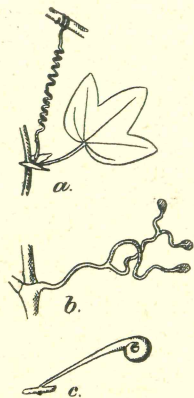


FIG. 63. Zarcillos. a, *Passiflora*; b, *Ampelopsis quinquefolia* con discos adhesivos; c, *Strychnos*, en forma de gancho. (Según SCHENCK)



FIG. 64. Espina de espino blanco. k, brote vegetativo

Fórmanse *espinas* cuando el punto vegetativo suspende su crecimiento en un momento determinado y la rama se convierte en una púa dura y aguzada. Las espinas pueden estar completa-

mente desprovistas de hojas (*Gleditschia*), o bien poseer hojas (espinos blanco y negro) y aun emitir pequeñas ramas laterales (fig. 64). Muchas espinas poseen simultáneamente carácter de cladodios* (*Colletia*).

3. Las flores

Las Fanerógamas y algunas Pteridofitas poseen ciertos órganos de aspecto característico que están al servicio de la reproducción por vía sexual o por esporas. Denominanse *flores* y se distinguen por tener un eje limitado, no ramificado, portador de hojas transformadas llamadas *esporofilos*. Para la mejor comprensión de este asunto es necesario que comencemos por describir someramente el modo de reproducción de los Helechos.



FIG. 65. *Polypodium*. Fronde con soros. a, dehiscencia de un esporangio y esporas

En las hojas del polipodio, por ejemplo, hállanse pequeñas agrupaciones de numerosos botoncitos, a modo de diminutas cápsulas, que reciben el nombre de *esporangios*; los esporangios contienen en su interior gran número de *esporas*, generadas por vía asexual (fig. 65). Cada una de ellas da origen en el curso de la germinación, no a la planta madre, sino a un talo poco aparente, provisto de órganos reproductores masculinos y femeninos, llamado *protalo* (véase más adelante); el helecho propiamente dicho se desarrollará ulteriormente a partir de un óvulo fecundado en el

protalo. Por consiguiente, existen en estos vegetales dos generaciones, una sexual y otra asexual, que alternan rigurosamente (*alternancia de generaciones*). Si, al contrario de lo que sucede en el polipodio, las hojas portadoras de esporangios difieren de las ordinarias, aquéllas son las denominadas *esporofilos* (fig. 82).



FIG. 66. *Selaginella selaginoides*, planta entera con dos 'flores' (Según WETTSTEIN)

Más complicado es el caso de una minoría de Pteridofitas en las que existen protalos muy reducidos con una sola clase de órganos reproductores, diferenciándose, por tanto, los masculinos de los femeninos. A ello se suma, además, no sólo la diversidad de esporas (*heterosporia*), sino también de esporangios, los cuales pueden residir, inclusive, en esporofilos distintos (*Isoetes*, *Selaginella*, fig. 67).

A los protalos masculinos corresponden los llamados *microsporas*, *microsporangios* y *microsporofilos*; a los femeninos, las *macrosporas*, etc.

Con los vegetales que acabamos de mencionar se relacionan directamente las Fanerógamas, ya que unos y otras coinciden en lo esencial bajo el aspecto de la reproducción. Los *estambres* y los *carpelos* corresponden

respectivamente a las microsporofilas y macrosporofilas, pero estando mucho más diferenciados. Los primeros llevan en sus *sacos polínicos* (microsporangios) los *granos de polen* (microsporas); los últimos llevan en su óvulo, o, por mejor decir, en su nuececilla (macrosporangio) el *saco embrionario* (macrospora), en el cual se forma el huevo. Los protalos se reducen extraordinariamente, hasta el punto de que en muchos casos son irreconocibles; los masculinos no llegan a formarse especialmente en las Angiospermas.

Una vez que el polen se ha puesto en contacto con el aparato reproductor femenino y se ha efectuado la fecundación, fórmanse el embrión a expensas del huevo. Las esporofilas están dispuestas de un modo irregular en la mayoría de las Criptógamas vasculares, pero en *Equisetum* y *Selaginella* (fig. 66), y también en todas las Fanerógamas, están reunidas en formaciones especiales llamadas *flores*.

La diferenciación llega al grado extremo en las Angiospermas, en las cuales, además de las esporofilas, se for-

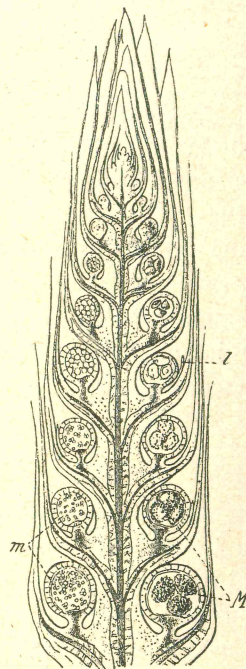


FIG. 67. Sección longitudinal de una espiga de esporofilas ('flor') de *S. inaequalifolia*. l, ligula; M, macrosporangios; m, microsporangios. (Según WETTSTEIN)

man envolturas florales compuestas de hojas estériles, y se constituye el fruto como consecuencia de la madurez de la semilla, dos circunstancias que, en general, no concurren en las Gimnospermas.

A. La flor y sus órganos

Ya hemos hablado anteriormente de la disposición de las diferentes partes de la flor y de la inflorescencia, siendo ahora ocasión de analizar lo relativo a la estructura y forma de la flor. Prescindiremos, sin embargo, del estudio de detalles especiales en este respecto, por pertenecer al dominio de la Botánica sistemática, así como también de lo referente a las disposiciones encaminadas a favorecer la fecundación, asunto que atañe especialmente a la Biología vegetal.

a) LAS ENVOLTURAS FLORALES

Desempeñan estas envolturas la misión de proteger a los importantes órganos internos, y están, además, al inmediato servicio de la reproducción atrayendo por sus brillantes colores a los insectos, etc. Faltan en las flores *desnudas* (Gimnospermas, sauce). Si, como sucede, por ejemplo, en la mayoría de las Monocotiledóneas, existe una envoltura floral compuesta de hojas iguales, designase ésta con el nombre de *perigonio*, tanto si es poco aparente (*Juncus*) como si ostenta brillante color (tulipán), si está formada por un verticilo de hojas o por dos, que es el caso más general. Cuando las dos envolturas florales se diferencian por sus caracteres, la

exterior recibe el nombre de *cáliz* y la interior el de *corola*. Muy frecuentemente están soldadas entre sí las piezas del perigonio, cáliz o corola, siendo raro el caso de que esta concrecencia se limite a algunas piezas (en *Cypripedium* dos piezas exteriores del perigonio); antes bien, en la mayoría de los casos están soldadas congénitamente las porciones inferiores de todas ellas, formando por su reunión una especie de tubo. La parte soldada se denomina entonces *tubo*; el extremo superior de éste, *garganta*, y la porción que queda libre, *limbo*.

Cáliz. Las piezas del cáliz, denominadas *sépalos*, poseen casi siempre una estructura

muy sencilla y, ordinariamente, se insertan sobre el eje floral mediante una ancha base; presentan color verde y son bastante resistentes, pudiendo, sin embargo, mencionar a título de excepción, el cáliz coloreado de la fucsia, de la hortensia y del acónito (fig. 70). En la mayoría de las Compuestas y Valerianáceas está transformado el cáliz en una corona de pelos o escamas (fig. 80); en muchas Umbelíferas está muy reducido o falta casi por completo. En las Compuestas es frecuente el caso de que el cáliz sea transportado fácilmente por el viento, favoreciendo de este modo la diseminación de las semillas; a este fin cooperan, asimismo, ciertas modificaciones que ulteriormente puede experimentar (por ejemplo,

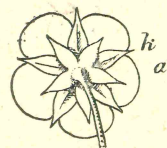


FIG. 68. Flor de fresa, vista por debajo. a, cálculo; k, cáliz



FIG. 69. *Viscaria*. Pétalo con escamas

formación de expansiones a modo de alas en *Dipterocarpus*); también puede acontecer (en las Valerianáceas) que no se forme el cáliz hasta después de haberse efectuado la fecundación. A veces existe un segundo cáliz exterior, procedente en unas plantas de la soldadura de varias estípulas (fresa, fig. 68), y constituido en otras, como en las Malváceas, por hojas dispuestas de un modo regular.

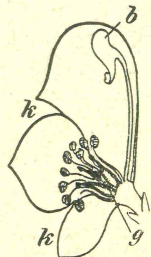


FIG. 70. *Aconitum*. *k*, cáliz coloreado; *b*, nectario, procedente de la transformación de un pétalo; *g*, gineceo apocárpico

Corola. Las piezas de la corola o pétalos se caracterizan por su delicada estructura y por los vivos colores que, en general, ostentan. La base del pétalo libre es estrecha, a modo de pedúnculo, y recibe el nombre de *uña*, denominándose *limbo* la porción ensanchada de aquél. Con el nombre de *coronas* son designadas ciertas prolongaciones de los pétalos, no equivalentes morfológicamente, que en *Viscaria* afectan la forma de escamas (fig. 69). En este caso, como también en la notable corona en forma de tubo del perigonio del narciso, se trata de formaciones ligulares.

Muchas de las denominaciones que se aplican a las diversas formas de flores indican suficientemente la configuración de éstas; así, por ejemplo, se habla de flores amariposadas, labiadas, liguladas, tubulosas (figura 80), etc. Se da el nombre de *espolones* a ciertas prolongaciones en forma de saco que presenta a veces la corola o algunos de sus pétalos (*Linaria*, *Viola*,

figura 31 *a*), aunque también el cáliz puede ser espolonado (espuela de caballero). Conócense ejemplos de flores que han perdido la corola (formas *apétalas* de *Capsella*, *Viola*), así como también con pétalos reducidos o completamente transformados en *nectarios* (acónito, por ejemplo; fig. 70).

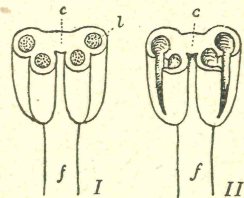


FIG. 71. Anteras de dos estambres cortadas transversalmente. *I*, cerrada; *II*, después de la emisión del polen; *f*, filamento; *c*, conectivo; *l*, sacos polínicos. (Según GILG)

b) EL ANDROCEO

Por lo regular, distingúense dos porciones en los *estambres* de las Angiospermas: una inferior, en forma de columna o pedúnculo, llamada *filamento*, y otra superior o *antera*. Esta última se compone de los *sacos polínicos*, anteriormente mencionados, y una pieza intermedia común (*conectivo*) (fig. 71). En la mayor parte de los casos existen cuatro sacos polínicos, distribuidos por pares en las dos mitades de la antera; rara vez se hallan dos sacos polínicos solamente; en cambio, son muy numerosos en ciertas Gimnospermas (Cicádeas), en las cuales

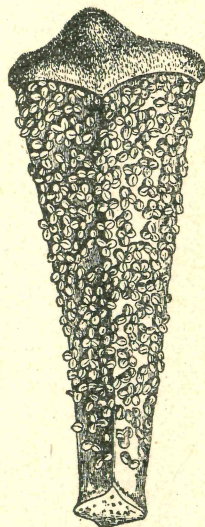


FIG. 72. Microsporofilia (estambre) de *Cycas circinalis*. (Según RICHARD)

recubren toda la cara inferior de las microsporofilas en forma de escama (fig. 72).

Los filamentos de los estambres son ramificados a veces (ricino, fig. 73) o están reunidos constituyendo varios tubos o columnas (tres o cinco en las flores de *Hypericum*). En muchas Papilionáceas, cuyos estambres están dispuestos en dos verticilos, todos ellos se reúnen inferiormente para constituir un tubo cerrado; en las Malváceas, que presentan una disposición aná-



FIG. 73. Estambre ramificado de *Ricinus communis*. (Según GILG)

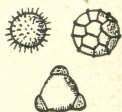


FIG. 74. Granos de polen, muy aumentados

loga, se ramifican, además, en su parte superior. Frecuentemente se observan estambres que parecen nacer del fondo de la corola (Borragináceas, por ejemplo), estando soldadas congénitamente con ésta.

La antera se abre mediante una hendidura longitudinal, y, con menos frecuencia, a favor de orificios (patata) o de una especie de válvulas (*Berberis*). Como quiera que en el primero de estos casos suele abrirse una hendidura común a dos sacos polínicos, la antera parece estar compuesta únicamente de dos piezas (figura 71 II); según que estas dos piezas o cuerpos de la

antera se abran hacia el interior o el exterior de la flor, aquélla se denomina respectivamente *introrsa* o *extrorsa*. Hay ocasiones en que faltan los sacos polínicos o en que los estambres están atrofiados o transformados; estos órganos estériles, de variada conformación, reciben el nombre de *estaminodios*.

Los *granos de polen* son células redondas o alargadas, protegidas por una cubierta que, en muchos casos, se muestra delicadamente esculpida (fig. 74). Una vez puestos en contacto con el aparato reproductor femenino se prolongan en forma de *tubo polínico*, que penetra hasta encontrar al óvulo (fig. 76).

c) EL GINECEO

Los *carpelos* son los portadores de los óvulos. Éstos están al descubierto en las Gimnospermas, como ya indica el nombre de estas plantas, pero en las Angiospermas están situados dentro de un receptáculo cerrado, formado a expensas de los carpelos, denominado *ovario*, que constituye la parte principal del llamado *pistilo* (fig. 75). De la cara superior del ovario, y en algunos casos de una de las laterales, surge casi siempre una especie de vástago o columna más o menos alargado, que recibe el nombre de *estilo* y termina en un ensanchamiento o *estigma*.

El ovario se compone de uno o varios carpelos, siendo, por tanto, monómero o polímero. En el primer caso, los bordes del carpelo se sueldan entre sí para formar la llamada *sutura ventral* situada en oposición dia-

metral a una especie de costilla media, denominada *sutura dorsal*; en el último caso se reúnen todas las esporofilas para constituir un ovario único (*sincárpico*). Digamos, además, que en el gineceo no solamente pueden existir soldaduras congénitas, sino también otras que se producen ulteriormente. El ovario sincárpico es sencillo cuando se sueldan simplemente los bordes externos

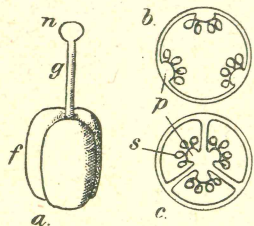


FIG. 75. a, pistilo formado por tres carpelos. Además cortes transversales de ovarios: b, con placentación parietal; c, con placentación axilar; f, ovario; g, estilo; n, estigma; p, placenta; s, óvulos

de los carpelos; es múltiple cuando los bordes de los distintos carpelos se encorvan hacia dentro y se sueldan según la línea axil del ovario (fig. 75). Los tabiques separadores que de este modo se forman son « verdaderos », en oposición a los aparentes (Crucíferas), que consisten en excrescencias secundarias.

El gineceo que contiene un solo ovario recibe el nombre de *monocárpico* (y en este caso el ovario es siempre monómero), y el de *apocárpico* cuando contiene varios (*Ranunculus*, *Potentilla*, fig. 70). Denominase *súpero* el gineceo cuando los carpelos están situados en el extremo cupuliforme del eje floral, por encima de las restantes partes de la flor; la flor se designa en este caso con el calificativo de *hipogina*. Llámase *perigina* a la flor en el caso de que el extremo del eje floral, como muchas veces acontece, afecte la forma de copa, estando los carpelos situados en el fondo de ésta y las restantes partes de

la flor en los bordes u ocupando una posición más elevada (*gineceo medio*). Y si, en este último caso, se sueldan las paredes de la copa con el ovario, queda formado el llamado *ovario infero* y, por tanto, una flor *epigina* (manzano, fig. 77).

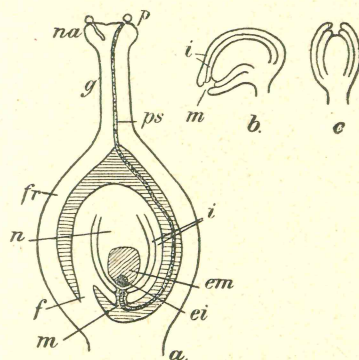


FIG. 76. Óvulos y ovarios: a, ovario con óvulo anatropo, en el momento de la fecundación (esquema); b, óvulo campilotropo; c, óvulo ortotropo; i, tegumentos; f, funículo; m, micropilo; n, nuececilla; em, saco embrionario; ei, oosfera; fr, paredes del ovario; na, estigma; g, estilo; p, grano de polen; ps, tubo polínico

El número de los estilos corresponde al de los carpelos; sin embargo, tratándose de ovarios sincárpicos es frecuente el caso de que aquéllos se sueldan entre sí para constituir un estilo único. El estigma es un órgano destinado a la recepción del polen, por lo cual suele ser áspera y viscosa su superficie; su forma es muy variada: semiesférica, discoidea, lobulada, etc. Estilo y estigma faltan únicamente en las Gimnospermas, si bien no es raro el caso de que el primero esté ausente también en las Angiospermas.

Los óvulos yacen en los bordes de los carpelos en la mayoría de los casos, rara vez en la superficie de aquéllos, estando adheridos a una excrecencia o reborde alargado, denominado *placenta*. Por consiguiente, en los ovarios múltiples (de varias cavidades) están situados los óvulos en los ángulos de los tabiques separadores (placentación axilar), en los sencillos (de una sola cavidad) lo están en las paredes del ovario (placentación parietal), en los monómeros a lo largo de la

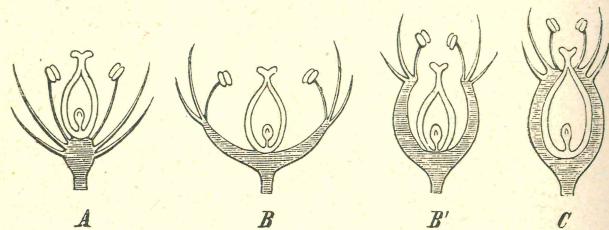


FIG. 77. A, ovario súpero (flor hipogina); B, B', ovario medio (flores periginas); C, ovario ínfero (flor epigina). (Según STRASBURGER)

sutura ventral. Un caso especial es el de las Primuláceas, por ejemplo, en las que existe una placenta libre central, a modo de columna, situada en la prolongación del eje floral, de la cual sobresalen los óvulos en la cavidad del ovario. Este es uno de los casos, no muy raros, en los que, a consecuencia de soldaduras, se dificulta o imposibilita la distinción precisa entre carpelos y eje floral.

El número de los óvulos es variable, pudiendo existir uno o muchos. Poseen forma aproximadamente esférica u ovoidea y están insertos en un delgado soporte

llamado *funiculo*. Compónese cada óvulo de una porción interior o *nuececilla*, que contiene el saco embrionario, protegida por dos cubiertas en forma de saco o de copa (*tegumentos*), los cuales, desde la parte inferior del óvulo o *chalaza* ascienden, rodeándolo, dejando en la parte superior de aquél un orificio libre o *micropilo*. Por su forma son clasificados los óvulos en rectos (*ortotropos* o *atropos*), invertidos (*anatropos*), y encorvados (*campilotropos*, fig. 76), en el caso de que el eje de la nuececilla se muestre arqueado.

d) EL EJE FLORAL

El *eje floral* presenta, en general, particularidades poco acentuadas, entre las cuales, sin embargo, merece ser citada la extraordinaria cortedad de sus entrenudos; sólo excepcionalmente poseen éstos una longitud apreciable, como acontece, por ejemplo, en el clavel entre el cáliz y la corola; son notables en este sentido las flores de *Passiflora* y de algunas Caparidáceas en las que el eje floral se prolonga a modo de columna entre la corola y el andróceo (*androgínóforo*) o entre el andróceo y el gineceo (*ginóforo*). El caso más frecuente es que el eje floral aparezca muy ensanchado o excavado en forma de copa.

Los nectarios, tan importantes por la acción atractiva que ejercen respecto a los insectos, residen en el eje floral, entre los pétalos, pero también pueden hallarse en otras partes de la flor (por ejemplo, en los pétalos de las Ranunculáceas). Cuando el nectario al-

canza grandes dimensiones, afectando la forma de un rodete circular o almohadilla, recibe el nombre de *disco*. El eje floral se prolonga inferiormente para constituir el *pedúnculo floral*, en el cual se insertan eventualmente las bractéolas anteriormente descritas.

e) POLIMORFISMO DE LAS FLORES

No es raro que entre las flores de la misma especie vegetal o del mismo individuo aparezcan diferencias de forma que, en muchas ocasiones, dependen del principio de la división del trabajo u obedecen a la ejecución de funciones especiales. La tendencia a favorecer la fecundación por parte de otras flores explica el hecho, por ejemplo, de que la primavera posea unas flores con estilo largo y otras con estilo corto, estando las anteras en el primer caso situadas por debajo del estigma y en el segundo caso por encima (*heterostilia*). *Viola*, *Oxalis* y otras plantas, además de las flores chasmógamas ordinarias



FIG. 78
Lamium amplexicaule. a, flor normal (chasmógama); b, flor cleistógama; c, corola de esta última, aumentada

presentan otras que se desarrollan muy poco y quedan muy reducidas, no obstante lo cual se fecundan a sí mismas y forman semillas; hállanse junto al suelo y son denominadas *cleistógamas* (fig. 78).

En *Trifolium subterraneum* la inflorescencia penetra en el suelo, transformándose las flores estériles superiores, gracias a la terminación en espina de sus cálices,

en órganos de fijación, mientras que las restantes toman caracteres de cleistógamas. Frecuentemente, ciertas flores estériles de estas inflorescencias desempeñan funciones relacionadas indirectamente con la fecundación y producción de semillas de otras flores de la misma inflorescencia. En muchas Compuestas — *Hydrangea*, (figura 79), etc. — actúan como órganos atractivos de los insectos; en la higuera sirven de receptores de los huevos de Calcídidos, Himenópteros que exclusivamente favorecen la fecundación de dichas plantas; en otras plantas retienen a ciertos insectos, no dejándolos escapar hasta haberse consumado la fecundación de las flores femeninas.

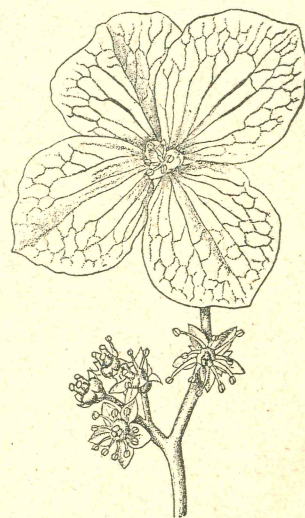


FIG. 79. Fragmento de una inflorescencia de *Hydrangea* con una flor estéril de gran tamaño. (Según WETTSTEIN)

Además de las diferencias entre flores radiales y dorsiventrales, ya expuestas anteriormente (pág. 40, figura 80), mencionaremos las diferencias que dependen del sexo. Las flores que contienen simultáneamente estambres y carpelos se llaman *hermafroditas* o *monoclinas* (se representan gráficamente por el signo ♂). Denominanse *unisexuales* o *diclinas* las flores en que

únicamente se ha formado una clase de esporofilas (Gimnospermas), o en que una de las esporofilas está más o menos atrofiada (especies de arce). Según que las flores masculinas (♂) y femeninas (♀) coexistan en el mismo individuo o residan en individuos distintos, las plantas reciben respectivamente el nombre de *monoicas* o *dioicas* (maíz y sauce, respectivamente). Se llama *polígama* la planta que posee simultáneamente flores

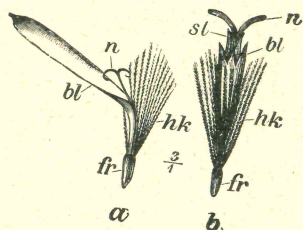


FIG. 80. *Pulicaria dysenterica*. a, flor ligulada, unisexual femenina; b, flor de la parte central de la cabezuela, flosculosa y hermafrodita; fr, ovario; hk, vilano; bl, corola; st, estambres; n, estigma.

(Según DENNERT)

monoclinas y diclinas (fresno, por ejemplo). Es notable la circunstancia de que en las flores de diferente sexo pueden presentarse también notables diferencias en las partes estériles de la flor y en las inflorescencias (*Begonia*, Cupulíferas, Orquídeas, Compuestas, fig. 80).

f) EL VALOR MORFOLÓGICO DE LAS PARTES DE LA FLOR

Se sabe desde hace mucho tiempo que la flor representa una rama transformada y que las piezas florales representan hojas, lo que se infirió principalmente de ciertas anomalías en virtud de las cuales un eje floral

se convierte, por ejemplo, en una rama y las piezas de la flor en hojas. Por lo que respecta a las esporofilas, las transformaciones pueden ser observadas principalmente por comparación con lo que sucede en las Criptógamas vasculares y en las Gimnospermas. Vemos en las primeras que, al formarse los esporangios, prodúcese con frecuencia considerables transformaciones de las hojas, con reducción de sus superficies asimiladoras,

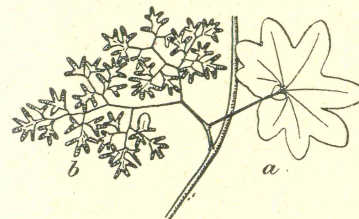


FIG. 81. *Lygodium palmatum*. Porción de una fronde, con dos foliolas: una, a, estéril, y otra, b, fértil (esporofila) dividida

ya mediante una gran subdivisión de las hojas (*Lygodium*, fig. 81), ya a favor de una notable simplificación de las mismas (*Onoclea struthiopteris*, *Rhipidopteris*, figura 82). En *Onoclea* se puede, inclusive, lograr experimentalmente la transformación de esporofilas en hojas despojando precozmente de hojas a la planta. También en virtud de un proceso de simplificación se realiza la formación de esporofilas en las Gimnospermas y Angiospermas, que, por cierto, únicamente en las primeras se puede reconocer todavía con claridad (esporofila femenina de *Cycas*, fig. 83).

Un caso especial representan los órganos reproductores propiamente dichos, los cuales, como ya dijimos,

son formaciones homólogas entre sí (esporangios de Helechos, sacos polínicos, óvulos). Por lo que respecta a las envolturas florales no es difícil demostrar en muchos casos el parentesco del cáliz con las hojas, existiendo en ocasiones formas de transición entre éstas y los sépalos (Ranunculáceas, rosa). Por otra parte, las formas de transición entre estambres y pétalos (en

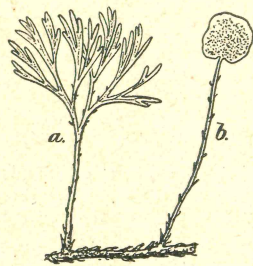


FIG. 82. *Rhipidopteris peltata*. Rama con una hoja estéril, a, y otra fértil, b (esporofila)



FIG. 83. *Cycas revoluta*. Hoja carpelar (macrosporofila) con los óvulos en la parte inferior. (Según STRASBURGER)

Nymphaea y Aizoáceas, por ejemplo) demuestran la posibilidad de que los estambres se conviertan en piezas del perianto.

B. Fruto y semilla

Una vez efectuada la fecundación y paralelamente a la formación de las semillas, verifican ciertas modificaciones en la flor, y a veces también en la inflo-

rescencia, conducentes a la protección de las semillas y a favorecer la diseminación de las mismas, y que dan por resultado la formación del *fruto* propiamente dicho; siendo de advertir que designamos con este nombre al órgano procedente de la transformación de un solo pistilo, incluso en los casos en que se sueldan a éste otras partes de la flor (por ejemplo, el eje floral en los ovarios inferos). La pared exterior del fruto se denomina *pericarpio*, y procede principalmente de las paredes del ovario. A continuación exponemos sumariamente las más importantes formas de frutos:

I. PERICARPIO SECO O CORIÁCEO

A. *Frutos en caja* o *cajas*, que se abren espontáneamente: a) *folículo*: un carpelo, se abre por la sutura ventral (*Delphinium*); b), *legumbre*: un carpelo, se abre por ambas suturas, ventral y dorsal (Leguminosas); c) *silicua*: dos carpelos, sus paredes se desprenden en forma de valvas del « falso » tabique que las separa, el cual subsiste (Crucíferas); d) *caja* propiamente dicha: formada por más de dos carpelos, se abre rara vez por medio de orificios (adormidera) o por levantamiento de una tapa (*Hyosciamus*), más frecuentemente mediante valvas que resultan de la escisión longitudinal de las paredes del fruto. Si la escisión pasa por el nervio medio del carpelo, la dehiscencia o apertura del fruto se denomina *loculicida* (lirio, tulipán); si los tabiques separadores de los carpelos se escinden a lo largo, recibe el nombre de *septicida* (*Colchicum*, fig. 84); si

dichos tabiques se separan simultáneamente de las valvas y persisten en forma de columnitas centrales, la dehiscencia es llamada septifraga (*Rhododendron*).

B. *Nueces*, no dehiscentes, casi siempre con una sola semilla: *nuez*: pericarpio muy duro y recio (ave-llana). Constituyen casos especiales: *aquenio*: pericarpio de pared delgada, separado de las cubiertas de la semilla (Compuestas), y *cariópside*: pericarpio de pared delgada, soldado con las cubiertas de la semilla (Gramíneas).

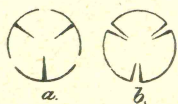


FIG. 84

Sección transversal de frutos en caja con dehiscencia; a, loculicida, y b, septicida

C. *Poliaquenios*, frutos múltiples, que se descomponen en otros tantos frutos parciales del tipo de los aquenios (malva). Cuando las legumbres o las silicuas se hieden al nivel de los tabiques trans-

versales, los frutos se denominan también *articulados* (*coronilla*, *Raphanus*).

II. FRUTOS CARNOSOS

A. *Baya*, casi siempre con varias semillas y pericarpio completamente carnoso (arándano).

B. *Drupa*, casi siempre con una sola semilla. El pericarpio se compone de epicarpio, mesocarpio y endocarpio, partes llamadas por el vulgo, piel, carne y hueso, respectivamente. Este último encierra en su interior la semilla, de cubierta delgada (melocotón).

III. FRUTOS COMPLEJOS E INFRUTESCENCIAS

Denomínase *complejo* el fruto cuando está constituido por un conjunto de frutitos, cada uno de los cuales formado por un carpelo, y reunidos todos ellos en una flor (por ejemplo, la zarzamora con pequeñas drupas, la fresa con eje carnoso y frutitos de tipo de aquenio). Las infrutescencias derivan de la transformación de una inflorescencia (ananás, higo).

Con el nombre de *partenocarpia* se designa el fenómeno, raro por cierto, en cuya virtud se forma el fruto sin que simultáneamente se desarrollen las semillas (mandarinas sin pepitas).

La semilla está constituida por las *cubiertas*, el *embrión* y, muy frecuentemente, un tejido nutritivo especial que se denomina *endospermo* o *perispermo*, según los casos (fig. 85 b). La cicatriz precedente del funículo se puede reconocer a menudo bajo la forma de *hilo* u *ombigo*. Las semillas que proceden de óvulos anatropos presentan casi siempre entre la chalaza y el hilo una línea claramente señalada llamada *rafe*. En ocasiones, la semilla está dotada de una cubierta especial o *arilo*, que procede del funículo y se caracteriza por su consistencia carnosa y casi siempre por su intensa coloración (*Taxus*, *Evonymus*, fig. 85 a). Las semillas de algunas plantas (Euforbiáceas, por ejemplo) poseen una excrecencia carnosa en las inmediaciones del micropilo, que

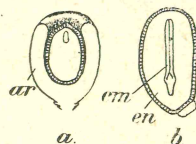


FIG. 85. Semillas en corte longitudinal. a, *Taxus*; b, *Ricinus*. ar, arilo; em, embrión; en, endospermo

se designa con el nombre de *carúncula* (fig. 85 *b*, en la parte inferior).

En el embrión suelen estar esbozados ya los principales órganos, como son el *tallito* o *plúmula*, los *cotiledones* y la *raicilla*, presentándose aquél indiferenciado en raras ocasiones (Orquídeas, orobanque). En la planta « vivípara » *Rhizophora* (manglar) se desarrolla el embrión sobre la misma planta materna hasta constituir un voluminoso individuo vegetal que emerge del fruto. No podemos extendernos más en la descripción de las múltiples disposiciones, de gran importancia biológica, que facilitan la diseminación y germinación de las semillas.

4. Los otros órganos de las plantas

Los vegetales superiores poseen ciertos órganos que no encuadran en el consabido esquema de tallo, hojas y raíces, es decir, que no pueden ser considerados como resultado de la transformación de estas partes fundamentales de la planta. Figuran entre ellos, como los más conocidos, los pelos, respecto a los cuales cabe la duda de si, en realidad, son o no son órganos independientes. Designase con el nombre de *pelos* a las numerosas y diminutas formaciones apendiculares que proceden de la epidermis, ya exclusivamente, ya con la intervención de los tejidos subyacentes a aquélla; en el primer caso el pelo es denominado *tricoma*, en el segundo caso se llama *emergencia*. Hállanse los pelos en los más diversos parajes del cuerpo de la planta, y están inte-

grados, ya por una sola célula, ya por muchas, que pueden constituir por su reunión un verdadero tejido. Según la forma, función y procedencia de los pelos reciben diferentes nombres: escamas, cerdas, pelos lanosos, pelos glandulares, pelos ganchudos, pelos radicales, etc. Además, merecen ser citados especialmente

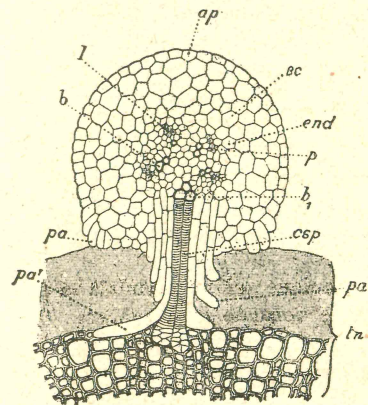


FIG. 86. Sección a través de un suctor de cuscuta. *tn*, tallo de la planta atacada; *pa*, *pa'*, pelos absorbentes; *ap*, capa pilifera; *ec*, tejido cortical; *end*, endodermis; *l*, *b*, liber y leño de los haces liberoleñosos del tallo de cuscuta; *b*₁, *csp*, células del suctor transformadas en vasos (Según BONNIER)

las robustas espinas del rosal, las del fruto del castaño de Indias, etc., las últimas de las cuales constituyen un ejemplo de la presencia, no rara por cierto, de hacecillos libero-leñosos en emergencias.

También debemos mencionar en particular los *órganos de propagación* en el sentido estricto de la palabra, entre los cuales ya hemos aludido anteriormente a los

esporangios, limitándonos, en cambio, a citar aquí los *órganos sexuales*, es decir, los arquegonios y anteridios y sus formas homólogas.

Asimismo es dudoso que podamos considerar como derivados de uno de los tres miembros principales de la planta los *chupadores* de los vegetales parásitos (fig. 86), entre los cuales, los de la raflesiácea *Pilostyles* llegan, inclusive, a penetrar en la planta huésped a modo del micelio de un hongo, quedando fuera de ella únicamente las pequeñas flores. Todavía podríamos añadir muchos otros ejemplos, pero este camino nos llevaría demasiado lejos, ya que aquí, como, en general, en todas las cuestiones referentes a este capítulo de la Morfología, las antiguas y las modernas interpretaciones científicas están casi siempre en abierta contradicción.

IV. Modificaciones en la forma y desarrollo de la planta y de sus órganos

Un estudio somero del desarrollo de una planta o de un órgano vegetal basta para persuadirnos de que aquél no consiste simplemente en un aumento de tamaño de la masa vegetal, sino, como ya lo indica su nombre, principalmente en la neoformación y evolución de órganos que antes no existían. Por consiguiente, el vegetal recorre una serie de fases o etapas en su desarrollo, que se reflejan en las correspondientes variaciones de forma del conjunto. Con singular rapidez se efectúan dichas transformaciones, por ejemplo, en la formación de las hojas en una planta anual, en la cual vemos aparecer sucesivamente los cotiledones, las hojas propiamente dichas, las hojas superiores y las piezas de las envolturas florales.

En otros casos, las variaciones en el desarrollo y forma se repiten de un modo periódico y regular, de lo cual tenemos ejemplo en los cambios de las hojas y escamas de las yemas en las ramas de la mayor parte de nuestros árboles, fenómeno que guarda cierta relación con las épocas del año.

Incluso puede acontecer que se produzcan variaciones, al parecer anómalas y en discordancia con la

forma normal de una especie vegetal determinada. Claro es, por otra parte, que el estudio atento de tales variaciones, de las cuales ya hemos citado anteriormente algunos ejemplos, pueden ilustrarnos sobre manera en el conocimiento de los factores, tanto internos como externos a la planta, particularmente si logramos mediante procedimientos experimentales influir en el desarrollo del vegetal y variar a nuestro arbitrio la forma de éste. Las cuestiones que, eventualmente, pueden derivarse de este género de estudios entran de lleno en el cuerpo de la Morfología experimental.

1. Desarrollo vegetativo

A. Formas juveniles

Relativamente escasas son las plantas que, habiendo recorrido sus primeras fases de desarrollo, muestren ya sus caracteres típicos y definitivos. Por el contrario, las plantas presentan entonces diferencias, más o menos acentuadas, con respecto a las adultas, hasta el punto de justificar la denominación de *formas juveniles*, tanto en los vegetales inferiores como en los superiores.

Prescindiendo de algunos casos típicos que se observan en las Talofitas, hemos de mencionar en primer lugar el *protonema* de los Musgos. La fase juvenil así denominada se desarrolla a expensas de la germinación de la espora y, por afectar la forma de un filamento celular ramificado, asume completamente el carácter de un talo ; en cambio, la fase que se desarrolla ulterior-

mente representa un vástago foliáceo (fig. 106). Entre las plantas superiores citaremos en primer término el tilo y el haya ; el eje de la planta que procede directamente de la germinación de la semilla es radiado, siendo las hojas simétricas y de divergencia $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{5}$; más adelante se convierte en dorsiventral, con hojas asimétricas dispuestas en dos filas.

Precisamente contrarias, prescindiendo de la forma de las hojas, son las relaciones de simetría en muchas plantas trepadoras (Aráceas, hiedra, fig. 89). Las plantas que proceden directamente de la germinación de las semillas de los pinos poseen en su eje principal sencillas hojas aciculares, más tarde solamente escamas, quedando entonces las hojas aciculares dispuestas en cortos y pequeños brotes.

Los tallos de *Phyllocactus phyllanthoides* son cuadrangulares en la juventud, haciéndose finalmente aplanados y biangulares ; esta última forma toman asimismo los tallos viejos de *Carmichaelia* y otros. Mucho más numerosos, empero, son los casos en los que las diferencias más acusadas radican únicamente en la forma de las hojas ; en estos casos, las hojas que proceden directamente de los cotiledones suelen ser denominadas *hojas primarias*, para distinguirlas de las hojas definitivas.

Para interpretar estos últimos casos, y aun también los anteriormente citados, podemos situarnos en diversos puntos de vista. En primer lugar hemos de tener en cuenta que, en muchas ocasiones, las formas juveniles se desarrollan en condiciones fundamentalmente diferentes

que las fases sucesivas, y que, por consiguiente, representan fenómenos especiales de *adaptación*. Supongamos, por ejemplo, que una planta bienal sembrada en verano comienza por formar una roseta de hojas pegada al suelo, las llamadas hojas radicales, que pasa el invierno en esta fase y que, después, en la próxima primavera, produce un tallo erguido, con hojas colocadas de otro modo (cardencha, *Oenothera*, etc.); pues bien, en este caso, la formación de la roseta foliar significa una disposición especial que protege a la forma juvenil contra las inclemencias de la estación fría y que muchas veces, aunque no siempre, es ocasionada directamente por las condiciones externas.

En otros casos el vegetal en formación está rodeado por otras plantas que le hacen sombra (*Campanula rotundifolia*, protonema de Musgos) y le privan, por consiguiente, de los beneficios de una intensa iluminación. Además, se puede observar un fenómeno bastante generalizado. Casi nunca suceden directamente a los cotiledones hojas plenamente desarrolladas, sino que aparecen gradualmente formas *sencillas*, en cierto modo *cohibidas en su desarrollo*, las cuales, por lo demás, pueden repetirse inclusive en los brotes generadores de las ramas. En el haba, por ejemplo, aparecen las primeras hojas primarias en forma de escamas o de hojas inferiores, cosa que también acontece con frecuencia en otras plantas en germinación cuyos cotiledones quedan subterráneos, y que se comprende fácilmente desde el punto de vista ecológico. En lugar de las complicadísimas hojas de los helechos, de las hojas triples

del trébol, etc., hallamos sencillísimas formas primarias; también la planta acuática *Sagittaria* nos proporciona un buen ejemplo de lo que decimos (fig. 92).

De acuerdo con estos hechos tenemos, además, la circunstancia de que las hojas primarias no experimentan ciertas transformaciones que son indicio de una avanzada diferenciación, como, por ejemplo, los zarcillos de muchas Leguminosas. Tal sucede, verbigracia, en *Lathyrus Aphaca*, en donde, normalmente, las hojas propiamente dichas se convierten en zarcillos, las estípulas en extensas láminas asimiladoras. A las primeras hojas en forma de escamas siguen otras, en corto número, las cuales, a su vez, desaparecen prontamente para ser sustituidas en las partes superiores del vegetal por sendos zarcillos (figs. 87 y 45). Algo parecido acontece en las acacias con filodios, donde las hojas son prontamente reemplazadas por sencillos filodios (fig. 88). El mismo fenómeno se repite al transformarse en espinas las hojas de *Ulex* y al reducirse éstas a escamas en especies de *Colletia* y *Carmichaelia*. En todos estos casos, las primeras hojas son tanto o más diferenciadas que las hojas definitivas, hecho que tiene cierta importancia porque establece particularidades características de género y familias que no se encuentran en la planta adulta, como, por ejemplo, la forma pennada de las hojas de Leguminosas en las acacias antes citadas.



FIG. 87. *Lathyrus Aphaca*, joven plantita. a, hojas en forma de escamas; s, semilla; los zarcillos no existen todavía

En general, aunque no siempre, las mencionadas formas juveniles constituyen una pequeña parte del proceso vegetativo. Sin embargo, en la hiedra y en otras plantas trepadoras vemos que las hojas definitivas aparecen muy tardíamente, en las ramas ya prestas a flo-

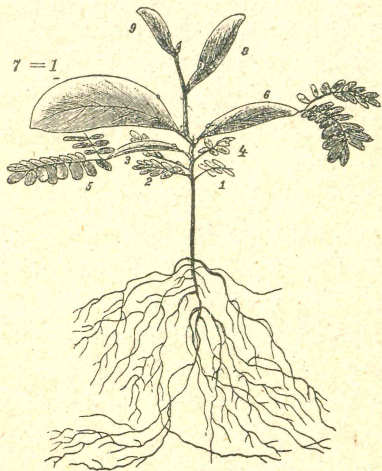


FIG. 88. Plantita de Acacia. Las hojas inferiores 1-4 son como en otras especies de Acacia; las 5 y 6 muestran el tránsito a la formación de filodios; 7-9, filodios. (Según GOEBEL)

recer; dichas hojas en la hiedra tienen el borde entero, contrastando con las hojas pentalobuladas de las ramas estériles, aptas solamente para convertirse en órganos trepadores (fig. 89). También suele suceder lo mismo, bajo el influjo de condiciones externas desfavorables; que incluso pueden ser establecidas artificialmente, y que impiden desarrollarse a la forma definitiva, por

lo menos durante largo tiempo. De acuerdo con lo que llevamos dicho, en los Musgos expuestos a una iluminación débil suele desarrollarse solamente el protonema,

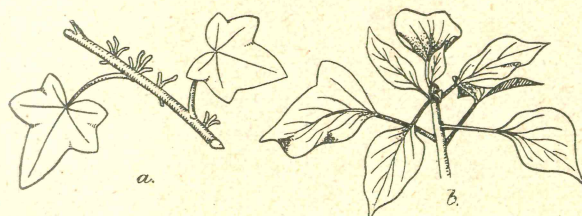


FIG. 89. Hiedra. a, rama dorsiventral con raíces adventicias; b, rama erguida fértil

incluso en el caso de que las demás condiciones sean favorables al vegetal. Análogamente sucede con la forma juvenil de *Campanula rotundifolia*, que puede volver a parecer en los casos de iluminación poco intensa (fig. 90). Por lo demás, tampoco es raro el hecho de que aparezca tal «reversión» en otras plantas, ya por deficiencias de alimentación, ya por la influencia de factores mecánicos (*Acacia*, *Eucaliptus globulus*).



FIG. 90. *Campanula rotundifolia*; forma de las hojas. a, forma juvenil; b, forma de transición; c, forma definitiva

Reviste cierta importancia práctica el hecho singular de que la forma juvenil pueda en muchas ocasiones ser conservada por el cultivo y llegar a alcanzar tamaño normal. De esta manera se han logrado las formas de «Retinospora», conocidas en jardinería, con su aspecto de enebros, a expensas de plantas jóvenes de ciertas

coníferas que en su edad adulta poseen hojas escamosas, como son *Chamaecyparis*, *Thuja*, *Cupressus*, etc. (figura 91). De modo análogo se han obtenido también ejemplares arborescentes de hiedra. Es de advertir que

la no aparición de la forma definitiva no siempre implica la falta absoluta de flores.

Lo que acabamos de decir no agota de ningún modo el número de los notables ejemplos de formas juveniles. En los siguientes capítulos citaremos otros todavía, relacionados con otros hechos de carácter más bien biológico y fisiológico.

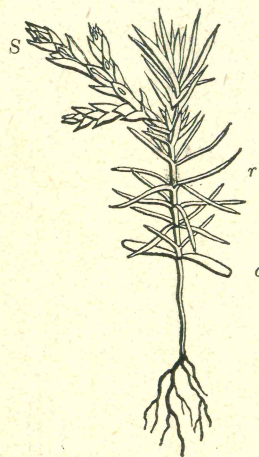


FIG. 91. Plantita de *Thuja occidentalis* (según WAR-MING). c, cotiledones; r, región de las ramas con hojas aciculares; s, rama lateral con hojas definitivas escamosas

licas sumergidas; 2.º, hojas flotantes en la superficie del agua; 3.º, hojas aéreas, que están en contacto con el aire, ya totalmente, ya, por lo menos, su limbo. Prescindiendo de las plantas que, en general, producen una sola clase de hojas, concéñese vegetales provistos simultáneamente de las dos primeras formas foliares (mu-

chas Ninféáceas), de las dos últimas (*Nelumbium*, *Pistia*) o de la primera y tercera (*Myriophyllum proserpinacoides*, *Hippuris*); existen, asimismo, plantas que poseen las tres formas foliares simultáneamente, o bien éstas están distribuidas en distintos individuos (*Sagittaria*, etc.). De ordinario, la aparición de las hojas en la planta joven o en las yemas de los órganos sumergidos se verifica en el orden en que antes las hemos enumerado, de suerte que, en general, la forma acuática debe ser considerada como forma juvenil; sin embargo, y esto es lo característico, esta forma juvenil, como la forma definitiva, depende hasta cierto punto de las condiciones externas y puede ser modificada por influjo de ellas.

Las hojas acuáticas poseen delicada estructura, siendo casi siempre sentadas o estando provistas de un corto peciolo; en las Monocotiledóneas son acintadas y aplanadas. En las Dicotiledóneas, por el contrario, y salvo raras excepciones (por ejemplo, las hojas de *Nymphaea*) predomina la forma de hojas muy divididas, semejantes a branquias (ranúnculo acuático). Estas últimas deben ser consideradas como formas de adaptación, repitiendo la conformación de muchas plantas que viven enteramente sumergidas (*Ceratophyllum*, Algas).

De conformación muy diferente son las hojas flotantes. Su limbo es bastante recio, con el borde entero o relativamente poco dividido; en la base presentan a menudo una profunda escotadura. Aquí, así como también en las hojas en forma de escudo (*Victoria regia*, *Cabomba*), el peciolo se inserta hacia el centro de aque-

llas, lo cual ayuda al limbo a mantenerse en equilibrio en posición horizontal. El peciolo es flexible, encorvándose más o menos según sea mayor o menor la distancia que media entre su punto de inserción en el tallo y la superficie del agua.

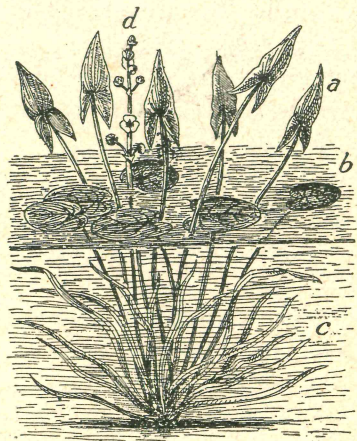


FIG. 92. *Sagittaria sagittifolia*. a, hojas aéreas; b, hojas flotantes; c, hojas inmersas; d, flores. (Según MARTONNE)

En el caso de que las hojas flotantes existan simultáneamente con las *hojas aéreas*, éstas y aquéllas no suelen ofrecer grandes diferencias; no obstante el peciolo de las últimas es más recio y fuerte. Por lo demás, la forma de las hojas aéreas puede ser muy variada, e, inclusive, diferir grandemente de la que afectan las hojas acuáticas (*Bidens Beckii*, fig. 94). Las diferencias anatómicas entre las tres clases de hojas, que no describiremos en detalle, son muy considerables; así, por

ejemplo, los estomas faltan, aunque no con absoluta constancia, en todas las partes del limbo que están en contacto con el agua.

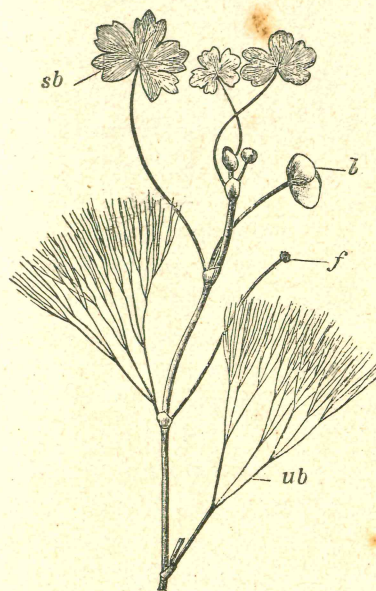


FIG. 93. *Batrachium aquatile*. ub, hoja sumergida; sb, hojas flotadoras; b, flor; f, frutito. (Según SCHENCK)

Para mayor ilustración del lector podemos añadir aún los siguientes pormenores: *Sagittaria sagittifolia* comienza por desarrollar en primavera las hojas acintadas. Conforme prueban los datos embriológicos y las formas de transición a las hojas flotantes, las acintadas representan las hojas primarias típicas. Las hojas flo-

tantes se asemejan a pequeñas hojas de *Nymphaea* y únicamente las hojas aéreas muestran la forma de flecha característica (fig. 92 a-c). En *Batrachium aquatile*, las

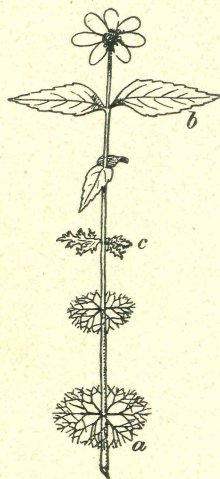


FIG. 94. *Bidens Beckii* (según GOEBEL).
a, hojas sumergidas;
b, hojas aéreas; c, forma de transición

hojas acuáticas semejantes a branquias constituyen casi siempre la mayor parte del follaje; solamente cuando la planta está a punto de florecer aparecen las hojas flotantes, más sencillas (fig. 93). En las ramas que salen verticalmente del agua, en las especies, ya mencionadas, de *Hippuris*, *Myriophyllum* y *Bidens*, aparecen, de abajo arriba, hojas acuáticas, formas de transición entre ellas y hojas aéreas, y, finalmente, hojas aéreas (fig. 94). En las ramas del helecho acuático *Salvinia*, que flotan horizontalmente en el agua, las hojas acuáticas, de aspecto de raíces, ocupan la cara inferior, mientras

que las hojas flotantes, semejantes a pequeños esquifes, parten de la cara superior.

La aparición y la sucesión regular de las distintas clases de hojas pueden ser influidas, tanto en estado natural como en condiciones experimentales, por factores externos. *Sagittaria*, por ejemplo, forma en aguas profundas exclusivamente hojas acintadas. En aguas superficiales produce muy prontamente hojas flotantes y aéreas, el desarrollo de las cuales, sin embargo, puede

ser impedido artificialmente mediante la exposición de las plantas a una luz poco intensa. La inmersión de los individuos vegetales o su trasplante a aguas más profundas hace cesar la aparición de hojas aéreas y provoca, en cambio, una nueva producción de hojas acintadas. Es de notar la circunstancia de que no es la influencia directa del medio sobre las hojas la que determina la aparición de las flotantes ni la reaparición de las acuáticas (al principio aparecen éstas difícilmente o bien pueden no aparecer), puesto que las hojas flotantes se producen frecuentemente debajo del agua y flotan solamente cuando están completamente formadas (*Nymphaea* y otras). Se trata más bien de profundas variaciones de toda la planta o del punto vegetativo, a la acción de las cuales parece sumarse la de la deficiente nutrición de las hojas acuáticas, debida, por ejemplo, a la escasa iluminación, a las excesivas corrientes de agua (*Nuphar*), etc.

Teniendo esto en cuenta no sorprenderá el hecho de que, ocasionalmente, en condiciones que, por lo demás, no son bien conocidas, aparezcan hojas acuáticas en plantas cultivadas en tierra. Tampoco es raro el caso, sin embargo, de que en estas condiciones las hojas flotantes se conviertan en hojas aéreas, y precisamente en plantas que no producen esta última clase de hojas mientras se encuentran en agua (*Potamogeton natans*). Empero, en uno y otro caso, el cambio de medio no se verifica sin dejar huella en la planta; además de algunas modificaciones características de orden anatómico, el cambio de medio provoca un considerable acortamiento

y un encrecimiento de todas las partes del vegetal originariamente sumergidas. La facultad de adaptación, tanto a la vida acuática como a la vida terrestre, es privativa de los llamados *vegetales anfibios*, como *Potamogeton natans*, *Polygonum amphibium*, *Batrachium aquatile* y otras plantas, algunas ya mencionadas, que, en consecuencia, presentan típicas formas terrestres y acuáticas. Dichas plantas prefieren, en general, la vida acuática; no obstante, *Ranunculos sceleratus* se acomoda mejor a la vida terrestre.

La producción de flores se efectúa, de ordinario, en la fase de aparición de hojas flotadoras o aéreas, pero esta regla no deja de tener sus excepciones (*Sagittaria*, *Nuphar*, etc.).

C. Formas de luz y de sombra. Xerofitas e higrofitas

Si comparamos una rama del interior sombrío de la copa de un árbol o un arbusto con otra de la periferia, hallaremos algunas características diferencias entre ellas, que no son meramente cuantitativas. A la menor longitud, grosor y riqueza de follaje de las primeras asóciase algunas otras diferencias que no pueden ser atribuidas directamente a la mejor o peor nutrición debida a la desigual iluminación. En muchas ocasiones, las hojas expuestas a la sombra son mucho más grandes, pero más delgadas, que las hojas soleadas de la periferia (haya), y de constitución anatómica diferente (fig. 95). En el olmo se distinguen las primeras por su menor asimetría con respecto a las últimas, sucediendo lo contrario en el haya. La anisofilia de las ramas co-

locadas en la región sombría aumenta en unos casos (*Abies*) y disminuye en otros (arce). Admitense como causas de estas variaciones la intensidad de la iluminación y la de la evaporación de agua o transpiración, fenómeno este último que alcanza un escaso desarrollo en la atmósfera húmeda del interior de la copa del árbol. Frecuentemente, la diferencia de estos factores no se limita a los órganos en vías de desenvolvimiento, sino que también repercute en los sucesivos periodos de vegetación.

Análogas diferencias pueden ser observadas también en plantas enteras expuestas a diversas condiciones de iluminación, es decir, según

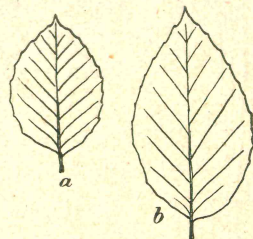


FIG. 95. Haya. a, hoja de luz; b, hoja de sombra

crezcan en un medio soleado o en un medio sombrío. Tales diferencias son en muchas ocasiones las mismas que distinguen en casos extremos las plantas que viven en lugares secos (xerofitas) de las que prosperan en parajes húmedos (higrofitas), y que, en general, pueden ser consideradas como caracteres de adaptación.

Las variaciones de las condiciones de vegetación, por lo que respecta a la intensidad luminosa y a la humedad del suelo y del aire, pueden también influir grandemente sobre la planta; así, por ejemplo, prescindiendo de ciertas modificaciones anatómicas, la humedad del aire provoca un aumento de la superficie de las hojas (fig. 96), un notable aumento de longitud de

los entrenudos, incluso en plantas como *Sempervivum*, incapacidad más o menos completa para formar pelos y espinas (*Leontopodium*, *Ulex*). La exposición a la luz directa del sol y al aire seco producen los efectos contrarios.

La luz y la humedad son, especialmente, los más importantes factores externos que influyen en la forma de las plantas, pero los efectos que producen no son siempre exclusivamente imputables a una acción específica directa sobre los órganos vegetales. En muchos casos se ha podido comprobar que los factores externos determinan la reaparición de caracteres de las fases juveniles, como sucede, por ejemplo, cuando se contrarían las tendencias xerófilas de ciertas plantas que viven en lugares secos, *Veronica lycopodioides* y acacias filodinas, verbigracia (pág. 115). Algo semejante es el caso de la formación, en árboles adultos, de ramas de sombra (véase anteriormente), cuyas hojas primarias presentan caracteres de hojas de sombra incluso cuando están expuestas a la luz solar directa (haya).



FIG. 96. Hojas de *Taraxacum* (según WIESNER). *a*, en aire húmedo; *b*, en vapor de agua a saturación

D. Hojas superiores e inferiores. Rama foliácea y rizoma

En la mayoría de nuestras plantas vemos sucederse según un ritmo determinado, y en estrecha relación con

la época del año, las hojas normales y las hojas inferiores. Obsérvase especialmente este fenómeno en las ramas de las plantas leñosas en donde alternan rigurosamente las hojas normales con las inferiores. Análogamente pueden comportarse también muchos rizomas, si bien la mayor parte de ellos, a favor de una ramificación simpodial y de variación en la dirección del crecimiento se convierten directamente en ramas foliáceas que emergen del suelo y mueren ulteriormente.

Ya hemos visto anteriormente que aquí se verifican determinadas transformaciones en los esbozos de las hojas, si bien reina bastante oscuridad tocante a las causas de dichas transformaciones. Relativamente sencillo es el caso de un rizoma de *Circaea* o de *Mentha aquatica* provisto de escamas incoloras, que, iluminado artificialmente, forma a expensas de los esbozos foliares diminutas hojas verdes, pero bastante bien desarrolladas. Sin embargo, en otros casos fracasa este experimento, y sabemos, además, que, por ejemplo, en el interior de la cebolla de jacinto, desarrollada en un medio subterráneo, se producen auténticas hojas verdes en ausencia de la luz. Por consiguiente, no debemos atribuir el fenómeno a la influencia directa de la luz, sino más bien a causas internas más profundas, verosimilmente relacionadas con variaciones de carácter nutritivo. En efecto, la transformación de las hojas va acompañada frecuentemente de variaciones ostensibles en el eje correspondiente, como, por ejemplo, la transformación del rizoma en rama, el cambio de dirección del crecimiento (de horizontal a vertical), etc.

Resulta difícil analizar estos fenómenos por el procedimiento experimental; no obstante concócese numerosos hechos demostrativos de que es posible transformar experimentalmente un rizoma en rama foliar y, por consiguiente, obtener también una modificación en los esbozos de hojas. Los rizomas se transforman con bastante facilidad en ramas foliares cuando, por ejem-

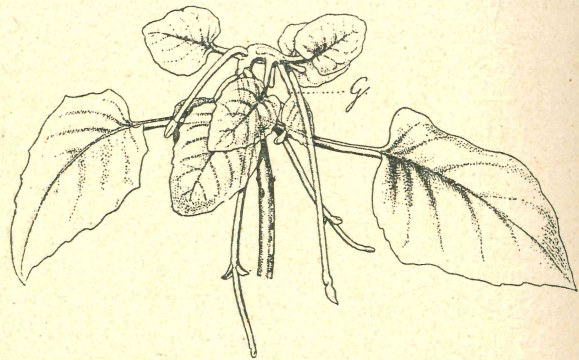


FIG. 97. *Circaea intermedia*, g, estolones. (Según GOEBEL)

plo, se despoja a la planta de todas sus hojas y ramas y se la fuerza, por tanto, a sustituir rápidamente sus perdidos órganos de asimilación (patata, *Circaea*, *Adoxa*). En situación análoga se encuentra una parte de un rizoma que al comenzar el verano haya sido separado de la planta madre y quede privado de este modo de sus medios de nutrición (*Sagittaria*, *Oxalis*, *Circaea*). De manera singular se comportan muchos rizomas que, a favor de una elevación de la temperatura, comienzan a desarrollarse precozmente en otoño o invierno; di-

chos rizomas se convierten en ramas foliares, pero pasado algún tiempo, y a pesar de que disfruten de una buena iluminación, se transforman otra vez en rizomas y en calidad de tales tienden a hundirse en el suelo (*Circaea*, *Epilobium*). Análogamente, las yemas principal y laterales de una rama foliar que se cultiva en otoño a la luz, como vástago, se transforman en rizomas (fig. 97); podríamos decir que la planta busca la manera de sustituir a sus rizomas normales que las condiciones en que se halla le impiden producir (*Circaea*, *Ranunculus lingua*). En parecidas circunstancias se puede conseguir, también experimentalmente, que las ramas foliares de la patata produzcan tubérculos encima del suelo (fig. 98).

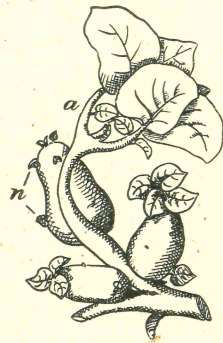


FIG. 98. Patata. Trozo de una rama normal, a, con tres tubérculos superficiales; n, formas intermedias entre hojas inferiores y hojas normales

Es notable el hecho de que en el éxito de estas experiencias influye en muchas ocasiones la época del año, lo que equivale a decir que influye el estado de desarrollo o de nutrición del vegetal. En no pocos casos la luz y la elevación de temperatura influyen en el sentido de estorbar algo la formación de rizomas y de hojas inferiores; por lo cual las formas intermedias entre hojas inferiores y hojas normales se observan con bastante frecuencia (patata, fig. 98).

Análogas son las circunstancias que regulan la formación de las escamas de yemas, la cual está relacio-

nada en cierto modo con la fase de reposo invernal que atraviesan nuestras plantas leñosas. En los países centroeuropeos comienza dicha formación precozmente en la estación estival; por consiguiente, antes de que las yemas puedan sufrir los efectos de los fríos otoñales. Bien es verdad que también puede verificarse en el clima regular de muchos países tropicales, que permite a la planta un crecimiento constante. Influencia decisiva ejercen, por otra parte, factores internos, evidentemente relacionados con la función de las hojas verdes. En efecto, si tempranamente, durante el verano, quitamos las hojas, ya aisladamente, ya cortando la porción terminal de la rama, las jóvenes yemas axilares se desarrollan en seguida hasta convertirse en ramas foliares; en este caso no se forman escamas de yemas, sino, cuando más, aparecen formas de transición a las verdaderas hojas (*Prunus Padus*, arce, etc.).

Además, tampoco se forman escamas de yemas en el caso de que una rama se nutra superabundantemente, como podemos lograr privando a la planta de las yemas inmediatas a dicha rama que puedan disputarle su alimento, o como es dable observar en condiciones naturales cuando la rama se halla en circunstancias análogas a las producidas experimentalmente (olmo, fresno). De ordinario, tales ramas producen exclusivamente hojas propiamente dichas hasta que llegan los primeros fríos invernales.

E. Cambio de forma y de función de los órganos

No hemos de hacer hincapié en el hecho de que la mayoría de los órganos vegetales desempeñan simultáneamente varias funciones, una de las cuales puede tener el carácter de principal. Pero sí merece fijar nuestra atención el caso de que dos funciones se sucedan en el tiempo, lo cual implica un cambio de forma y estructura en el órgano en que aquéllas se desarrollan. Tal cambio de función, que necesariamente va acompañado de directas y ostensibles modificaciones de la forma y de la estructura, exige especialmente nuestra atención, pues, por lo regular, todas las variaciones morfológicas se realizan en las fases muy juveniles del órgano correspondiente; por consiguiente, al hablar aquí de un cambio de función, solamente podemos hacerlo en sentido morfológico.

Universalmente conocido es el hecho de que las raíces actúan en su fase juvenil como órganos de absorción del agua; pero más tarde, después de haber perdido los pelos radicales y haber experimentado modificaciones anatómicas, desempeñan exclusivamente el papel de conductores de sustancias nutritivas y de órganos de fijación de la planta. Las ramas aplastadas de la cáctea *Opuntia* ejercen al principio una acción asimiladora, pero, posteriormente, adquieren forma cilíndrica y sirven entonces únicamente de órganos de sostén del vegetal.

Un ejemplo característico nos proporcionan también los cotiledones. Su primitiva misión es la de servir

de depósito de materiales nutritivos o de órganos de absorción del endospermo, pudiendo después tomar color verde y muriendo casi siempre prontamente. Pero en algunos casos (*Ricinus*, *Streptocarpus*, *Oenothera*, etc.) experimentan un crecimiento, ya generalizado, ya limitado a su base, aumentan considerablemente de tamaño y se convierten en verdaderas hojas verdes (fig. 49). La base de las hojas de *Oxalis*, *Lilium* y otras, una vez desprendida la parte superior de las mismas, se convierte en órgano de reserva, asemejándose mucho a las verdaderas hojas inferiores. Mencionaremos asimismo, por citar un ejemplo de vegetal inferior, el alga roja marina *Hydrolapathum*, la costilla media de cuyo talo foliáceo se transforma en órgano acumulador de reservas después de haber muerto las porciones laterales del talo.

Podemos volver a aludir aquí, sobre todo, a las múltiples modificaciones que, como consecuencia de la fecundación, experimentan, además del gineceo, las otras partes de la flor y de la inflorescencia de las plantas superiores, encaminadas de ordinario a favorecer la diseminación de las semillas y frutos. El cáliz, que durante la formación del fruto suele desprenderse o secarse, crece en el alquequenje (*Physalis*) hasta formar una envoltura voluminosa y de color rojo, que en otras Solanáceas presenta perforaciones a modo de enrejado. Los órganos más diversos, como el eje floral (manzano), el pedúnculo floral (*Anacardium*) y la inflorescencia (higuera, moral), se convierten en partes carnosas del fruto, o bien en órganos voladores, etc.

También pueden ser obtenidos experimentalmente notables resultados forzando a alguna parte del vegetal a desempeñar funciones que en condiciones normales no ejerce nunca. Si se impide a una planta su producción normal de tubérculos, eliminando, por ejemplo, las porciones del vegetal encargadas de producirlos, se puede lograr, a favor de adecuadas condiciones experimentales, que sean otros órganos de la planta los que produzcan tubérculos; así, por ejemplo, en *Oxalis crassicaulis*, *Boussingaultia*, etc., se ha observado que suplen a los tallos subterráneos en la producción de tubérculos hojas inferiores, peciolo de hojas, entrenudos de ramas, hojas normales y hasta raíces.

Más interesante desde el punto de vista fisiológico que desde el morfológico es el siguiente caso. Si se separa del vegetal una hoja de *Begonia Rex* y se planta en tierra húmeda con la base del peciolo, éste produce raíces, mientras que el extremo superior del peciolo da ramas adventicias. La nueva planta así formada puede crecer, y el peciolo, que en cierto modo ha quedado convertido en tallo asume funciones de tal.

Fácilmente podríamos aumentar el número de ejemplos de resultados experimentales de este linaje; de algunos de ellos volveremos a ocuparnos más adelante.

2. Vegetación y reproducción

Las más notables variaciones en la planta son correlativas de la formación de los órganos reproductores en el estricto sentido de la palabra. En las plantas su-

periores culminan en la formación de flores y semillas ; en los vegetales inferiores, en la producción de esporas generadas por vía sexual o asexual. En cuanto a los otros procesos de reproducción asexual que se observan más frecuentemente (por división, bulbillos, etc.) podemos prescindir aquí de su estudio.

Bajo el aspecto morfológico, la formación de los órganos reproductores, exteriorizada en la producción de flores e inflorescencias, va ligada en general, pero especialmente en las Fanerógamas, a profundas modificaciones de forma, el origen de las cuales excita particularmente nuestro interés. La formación de dichos órganos en condiciones naturales suscita frecuentemente la idea de que representa la etapa final de un plan evolutivo preestablecido, ya que, por lo regular, las plantas anuales y bianuales mueren inmediatamente después de haber producido semillas. Pero la experimentación demuestra la escasa consistencia de dicho concepto, ya que, por el contrario, demuestra que la influencia de los factores externos es decisiva, aunque quizá no exclusiva, en la aparición del mencionado fenómeno. Mediante la variación y combinación de las distintas condiciones externas se logra modificar la marcha natural del desarrollo de muchas plantas, ya en el sentido de favorecer el crecimiento vegetativo, ya en el de la preponderancia de la función fructificadora, de donde resulta que las condiciones favorables para estas dos formas del desarrollo difieren fundamentalmente entre sí.

Como es natural, los fenómenos se desarrollan de un modo mucho más complicado en las plantas superiores que en las Talofitas, de las que trataremos más adelante. Con relativa facilidad se consigue en condiciones adecuadas prolongar durante largo tiempo el estado vegetativo de una planta o impedir que florezca (*Glechoma hederacea*). La reproducción continuada por medio de acodos o estacas permite a muchas plantas anuales vivir indefinidamente, conservando su crecimiento vegetativo (*Moehringia trinervia*). Por otra parte, también es posible retrotraer a la fase de crecimiento vegetativo a una planta que está a punto de florecer ; en el éxito de este ensayo influyen, naturalmente, el momento y el modo de la intervención experimental. Así, por ejemplo, una inflorescencia, que normalmente tiene un crecimiento limitado y muere cuando las semillas alcanzan su madurez, puede ser obligada, poniéndola en condiciones adecuadas, y tanto aislada como conservando sus naturales relaciones con la planta madre, a producir hojas, es decir, a tomar coloración verde (*Ajuga reptans*, *Veronica chamaedrys*), fenómeno que va acompañado de la variación de otros, tales como ramificación, colocación de las hojas, producción de pelos, etc. (fig. 99).



FIG. 99
Veronica chamaedrys (según KLEBS). Transformación artificial de una inflorescencia en una rama foliar

De manera singular se puede modificar el desarrollo de una planta afín a la llamada siempreviva, *Semprevivum Funkii*. Esta planta forma una espesa roseta de

hojas gruesas y carnosas, de la cual parten finos vástagos que, a su vez, terminan en roseta y sirven para la multiplicación vegetativa. Cuando una roseta florece, lo que no suele acontecer antes del segundo año, el punto vegetativo se extiende a un eje vertical, provisto de hojas más pequeñas, que de esta manera se convierte en una inflorescencia cimosa, después de lo cual muere

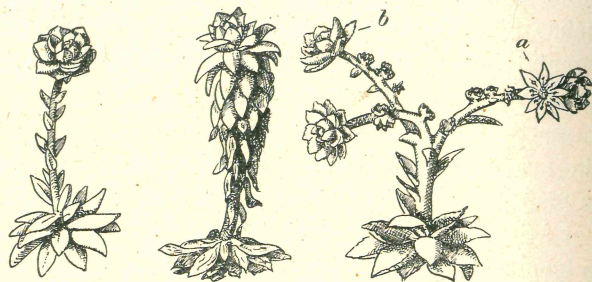


FIG. 100

FIG. 101

FIG. 102

FIGS. 100, 101 y 102. *Sempervivum Funkii*. (Según KLEBS)

la planta (fig. 103). En este fenómeno se pueden observar, entre otras, las siguientes variaciones: *a*) la roseta prosigue su crecimiento como tal, es decir, con entrenudos cortos, sin llegar a florecer (fig. 101); *b*) se forma el eje principal de la inflorescencia, que termina en una roseta foliar (fig. 100); *c*) se produce una inflorescencia completa, en los extremos de cuyas ramas están sustituidas las flores por pequeñas rosetas foliares o por formas intermedias entre éstas y aquéllas; los ejes de la inflorescencia no mueren en este caso (figura 102).

Respecto al modo de llevar a cabo estas experiencias, las cuales, como muchas otras relativas a este género de estudios, tomamos de los importantes trabajos de Klebs, no podemos entrar aquí en más pormenores. Solamente diremos que en tales experiencias se hace intervenir la luz de diversas maneras por lo que atañe a su intensidad y color, la humedad del suelo y del aire, la adición de sales nutritivas y, en parte, también el calor. Sin embargo, la acción directa de dichos factores es poco considerable; la principal influencia de ellos depende, al parecer, de que colocan a la planta en determinadas condiciones de nutrición, o, más exactamente quizá, regulan la proporción en que las sustancias orgánicas e inorgánicas se hallan en el interior del vegetal. La buena asimilación del carbono a plena luz, junto con la abundancia de agua y el aporte de sales nutritivas, estimula las actividades vegetativas de la planta, mientras que la escasez de agua y de sales nutritivas favorece la formación de flores. Una cantidad media de agua y de sales nutritivas favorece la producción de flores; en este respecto también actúa la luz roja en sentido positivo, la luz azul en sentido negativo.

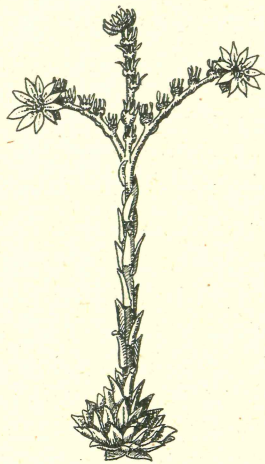


FIG. 103. Forma normal; las restantes obtenidas por cultivos especiales. *a*, flor; *b*, roseta foliar

De acuerdo con estos hechos, es práctica usual en jardinería, por ejemplo, la de restringir temporalmente a las plantas el agua y los alimentos para aumentar la producción de flores, así como también la de encerrar en recintos escasamente iluminados las plantas que no florecen o lo hacen con dificultad en otras condiciones. Hagamos notar, finalmente, que la producción de flores no se efectúa debajo del agua, salvo cuando se trata de ciertas plantas acuáticas.

También la forma de las flores puede ser modificada considerablemente en ciertos casos por la influencia de factores externos. En la flor de *Selaginella*, que, como se sabe, es un tipo floral primitivo, se puede provocar un crecimiento vegetativo tratándola como vástago. En otros casos se puede variar la forma y el color, hasta tal punto en ocasiones que cambia el número y la disposición de las piezas florales o se verifican en ellas las más diversas soldaduras, transformaciones, etc. (*Sempervivum*). También se puede provocar voluntariamente en muchas plantas la formación de flores cleistógamas (fig. 78), sobre todo empeorando las condiciones ambientales, por ejemplo, proporcionando al vegetal iluminación desfavorable, mala alimentación, poco calor (*Linaria*, *Lamium*, *Impatiens*).

Estas modificaciones experimentales en el curso del desarrollo pueden ser obtenidas en muchos organismos inferiores con mucha mayor facilidad que en las plantas superiores, y hasta con exactitud comparable a la de las experiencias que se realizan en los laboratorios químicos. Según Klebs, se obtienen magníficos resultados

con *Vaucheria repens*, que es un alga verde, y con *Saprolegnia mixta*, hongo que vive en agua sobre moscas muertas. Una y otra planta, además de poseer órganos sexuales masculinos y femeninos, producen zoosporas asexuales móviles en esporangios especiales (fig. 104). Colocando al vegetal en condiciones químicas y físicas adecuadas, las cuales consisten simplemente en la variación o modificación cuantitativa de los factores ex-

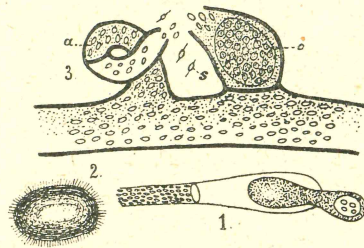


FIG. 104. *Vaucheria sessilis*. 1, salida de la zoospora de un esporangio terminal; 2, zoospora, ciliada todo alrededor; 3, fecundación de la oosfera de un oogonio, o, por los espermatozoides, s, salidos del anteridio, a. (Según PRINGSHEIM)

ternos, lógrase a voluntad el desarrollo de una u otra de dichas formas de reproducción o bien se consigue mantener a la planta en un lozano estado de crecimiento vegetativo. A guisa de ejemplo, y en la imposibilidad de describir los numerosísimos casos particulares que pueden presentarse, nos limitaremos a decir que la producción de zoosporas puede ser provocada, entre otras circunstancias, por las siguientes:

1.º, por disminución de la concentración salina del líquido de cultivo (*Vaucheria*);

2.º, por disminución de la intensidad luminosa (*Vaucheria*);

3.º, por disminución de la cantidad de materias nutritivas orgánicas (*Saprolegnia*);

4.º, por aumento de la cantidad de sales nutritivas o de la humedad, por ejemplo, al pasar la planta del aire al agua (*Vaucheria*), etc.

Demuestran estas experiencias que un mismo proceso de desarrollo puede ser obtenido a favor de diferentes condiciones experimentales; no obstante, el resultado del ensayo depende en muchas ocasiones de las condiciones a las que anteriormente ha estado sometido el organismo, así como también a ciertas circunstancias accesorias. No se puede demostrar la existencia de un proceso de desarrollo determinado, invariable. Incluso cuando, naturalmente, como acontece, por ejemplo, en la citada *Saprolegnia*, precede de ordinario la formación de los esporangios a la de los órganos sexuales, nos encontramos ante un caso especial que podemos atribuir a variaciones regulares de las condiciones del medio ambiente.

3. Alternancia de generaciones y dimorfismo sexual

Conforme queda consignado en otro lugar, designase con el nombre de «alternancia de generaciones» una forma especial de desarrollo que se efectúa en dos etapas sucesivas, representadas por sendas generaciones completamente diferentes bajo el aspecto morfológico, una

de las cuales se reproduce por vía sexual, la otra por vía asexual, y que alternan regularmente. La planta de la primera generación se denomina *gametofito*, la de la segunda *esporofito*.

El ejemplo más claro de alternancia de generaciones lo tenemos en la mayoría de las *Pteridofitas* (véase página 88), en los cuales ambas generaciones, la una sexual o protalo, la otra asexual o helecho propiamente dicho, disfrutan de una amplia autonomía. El protalo, de aspecto de talo, diminuto, insignificante, puede nutrirse durante largo tiempo y crecer, pero muere inmediatamente después de la fecundación de un óvulo, en tanto que el joven helecho que de él procede se nutre al principio a sus expensas (fig. 105). El helecho produce más adelante las esporas asexuales, de las cuales volverán a surgir protalos.

En contraposición a los citados podemos presentar otros ejemplos de alternancia de generaciones, que están caracterizados por el hecho de que una de las dos generaciones goza de menor independencia, en el sentido de que permanece unida a la otra y recibe sus alimentos de ésta. En los Musgos, el esporofito está representado

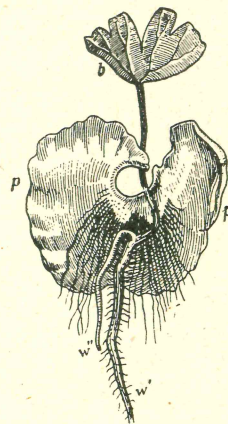


FIG. 105. Joven helecho originado por la ovocélula fecundada sobre el protalo todavía persistente. p, protalo; w', raíz primaria; w'', raíz secundaria; b, primera hoja del helecho.

(Según SACHS)

por una especie de urna, llamada *cápsula*, que contiene las esporas y puede estar provisto de un pedúnculo, apareciendo a modo de apéndice del gametofito. El gametofito está integrado por la forma juvenil (protonema) y la plantita de musgo que emerge de éste y posee hojas frecuentemente (fig. 106).



FIG. 106

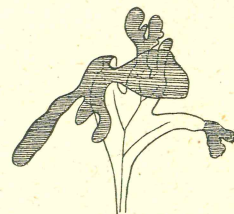
Musgo, esquematizado. s, espina germinada; p, protonema; r, rizoides; b, hojas del musgo; k, cápsula cerrada. Los órganos reproductores no son visibles

En general, se debe admitir que las variaciones de desarrollo y de forma que caracterizan a la alternancia de generaciones obedecen a una ley que rige la evolución individual de la planta. Y, sin embargo, concóncense ciertos hechos que, aunque insuficientes para ilustrarnos acerca de las causas de dichas variaciones, imponen algunas limitaciones al concepto que acabamos de expresar. Los protalos de muchos Helechos pueden mul-

tiplicarse vegetativamente a favor de propágulos formados por exiguo número de células (Himenofiláceas). Algo parecido acontece con cierta frecuencia en las verdaderas formas de helecho, especialmente en aquellos cuyas hojas producen de un modo adventicio bulbillos o jóvenes plantas. En uno y otro caso se suceden dos generaciones de la misma clase. Contra la objeción de que tal vez los propágulos y bulbos no son equivalentes a las esporas que normalmente se producen, tenemos el hecho de que en ciertos Helechos puede producirse la siguiente generación por vía puramente vegetativa, faltando, por consiguiente, la formación de esporas o la de órganos sexuales femeninos u

óvulos (*Aposporia* y *Apogamia*, respectivamente).
También en la alternancia de generaciones descrita modernamente en muchas *Algas* y *Hongos*, el individuo perteneciente a una generación (asexual) está reducido frecuentemente a un exiguo número de células. No podemos extendernos aquí en más pormenores sobre este asunto.

Hasta se da el caso de que en ciertas especies se presenta de un modo típico y característico una u otra forma de reproducción; en otras ocasiones se observa solamente de un modo eventual. Así, por ejemplo, los protalos apógamos de *Doodya caudata* y de *Pteris cretica* producen casi regularmente jóvenes formas de helecho por vía vegetativa; por otra parte, se ha observado la formación de protalos en las hojas de ciertas especies de *Athyrium*. Este último fenómeno se puede provocar experimentalmente en diversos Helechos cultivando sobre turba húmeda hojas primarias separadas de la

FIG. 107. *Alsophila* (según GOEBEL). Hoja primaria con protuberancia formada por un protalo (sombreado)

tiplicarse vegetativamente a favor de propágulos formados por exiguo número de células (Himenofiláceas). Algo parecido acontece con cierta frecuencia en las verdaderas formas de helecho, especialmente en aquellos cuyas hojas producen de un modo adventicio bulbillos o jóvenes plantas. En uno y otro caso se suceden dos generaciones de la misma clase. Contra la objeción de que tal vez los propágulos y bulbos no son equivalentes a las esporas que normalmente se producen, tenemos el hecho de que en ciertos Helechos puede producirse la siguiente generación por vía puramente vegetativa, faltando, por consiguiente, la formación de esporas o la de órganos sexuales femeninos u

planta. De éstas nacen protalos por vía vegetativa o también, simultáneamente, ramas foliáceas y, eventualmente, hasta formas de transición entre unos y otras (fig. 107). Además, las cápsulas de Musgos separadas de la planta madre, o sus pedúnculos, pueden desarrollarse en circunstancias análogas hasta formar protonemas. Fenómenos semejantes a los de apogamia pueden ser observados también en muchas Fanerógamas.

Otra causa de variación en el desarrollo de una planta puede depender de que, tratándose de reproducción sexual, los sexos estén distribuidos en distintos individuos, sumándose entonces en éstos, a la diversidad de los órganos sexuales, la diferencia de los caracteres sexuales secundarios. El caso más notable, que repetidamente se observa en muchas Criptógamas, es el de que las plantas masculinas presentan a veces una talla enana, por ejemplo, en el alga *Oedogonium*, en los Musgos *Buxbaumia* y *Ephemerum*, y en los protalos de ciertos Helechos heterosporos (*Selaginella*).

Cuando el dimorfismo sexual se hace patente también en el esporofito, como sucede en las Fanerógamas, pueden observarse diferencias secundarias, no sólo en el esporofito, sino también en las restantes partes de la flor y en sus inmediaciones, tanto en plantas dioicas como en monoicas: *Valeriana dioica*, *Begonia*, *Cataseptum* (Orquídea); sin embargo, las diferencias son poco acusadas en el conjunto de la planta.

4. Anomalías morfológicas

Dícese que nos hallamos en presencia de una *anomalía morfológica* (deformidad, monstruosidad) cuando el desarrollo de una parte de la planta conduce a una forma que difiere notablemente de la típica y normal característica de la especie. De todos modos, esta definición adolece un tanto de falta de precisión porque, como es sabido, la llamada forma normal de un organismo varía dentro de ciertos límites, además de que lo que en una especie consideramos como normal podemos conceptuarlo como anormal en otra, como, por ejemplo, sucede con la aparición de flores de simetría radiada en lugar de dorsiventral, la multiplicación de piezas florales, etc. Como es natural, las anomalías más ostensibles son las que consisten en modificaciones morfológicas inadecuadas a la función peculiar del órgano correspondiente, o de carácter patológico, es decir, las que responden a la genuina significación de la palabra « monstruosidad ». Vamos ahora a pasar breve revista a algunos hechos importantes, cuya descripción y estudio corresponden, por lo demás, a la rama científica especial denominada *Teratología*.

Hoja. La forma del borde de las hojas experimenta frecuentemente variaciones que tienden a simplificarla o a complicarla, como acontece, por ejemplo, en las hojas del fresno, que aparecen enteras en lugar de pinadas, o en el trébol, que presenta cuatro folíolas en vez de tres. Designanse con el nombre de *ascidias* las hojas que afectan la forma de copa o de cucurucho, debida

a la aparente soldadura de los bordes foliares, o, eventualmente, a un crecimiento anormal de tejidos sobre el limbo (fig. 108).

Tallo. Llámase *fasciación* el fenómeno en cuya virtud crece la superficie del tallo hasta dar a éste la forma aplanada de cinta. A consecuencia de este cambio de forma la posición de las hojas se hace muy irregular, arrollándose frecuentemente sobre sí mismo el extremo de la rama (fig. 109). En muchas ocasiones parece depender este fenómeno



FIG. 108
Hoja de col de forma de currucho

de una superabundancia nutritiva de la rama, debida, por ejemplo, a una fuerte poda del vegetal. En los brotes de *Phaseolus multiflorus* y en muchas plantas leñosas (álamo, sauce) se produce de este modo con facilidad. Preséntase la *torsión* en un tallo

que se retuerce y se hincha en torno de su eje longitudinal, quedando, en consecuencia, modificadas la posición de las hojas y la de las ramas (fig. 110).

Las *flores* y las *inflorescencias* presentan deformidades muy a menudo. En la mayor parte de los casos consisten tales deformidades en transformaciones de algunas piezas de la flor en otras dotadas de distintos caracteres, que, cuando se verifican en los estambres y carpelos, suelen ser correlativas de una reducción de



FIG. 109. Fasciación de una rama de fresno; las hojas han sido separadas

las principales partes de estos órganos. Así, por ejemplo, no es raro observar en la adormidera la conversión de la mayoría de los pétalos en pequeños pistilos (pistilodia). Más conocido es el caso de la *petalodia*, en la que los estambres y carpelos se convierten en pétalos a favor de una modificación más o menos acentuada. La petalodia es reforzada frecuentemente por el simultáneo aumento de las piezas florales modificables; también pueden producirse en las axilas de los sépalos y pétalos diminutas formaciones, a su vez cargadas de pétalos (rosa). Asimismo, los pétalos pueden tomar color verde y transformarse en hojas o en expansiones semejantes a éstas, transformación que pueden experimentar incluso los óvulos. El eje floral o la inflorescencia pueden proseguir anormalmente su crecimiento, originando de este modo una rama foliácea o bien otra nueva rama florida. Por otra parte, el número de las piezas florales depende frecuentemente de la alimentación que recibe la planta; así, por ejemplo, el número de estambres puede reducirse considerablemente en la adormidera y en otros vegetales a favor de una nutrición deficiente. Recordemos, finalmente, a título de anomalías, las pelorias anteriormente mencionadas (pág. 41).

Agallas. Independientemente de lo que queda expresado en los anteriores párrafos, las agallas, es decir,

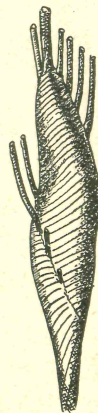


FIG. 110
Torsión de *Dipsacus*; ramas laterales separadas parcialmente; las hojas, totalmente

las deformidades producidas por parásitos animales y vegetales (Hongos en la mayoría de los casos), merecen una descripción especial. El hongo que se desarrolla en el interior de la planta, o el animal (insecto) que ab-

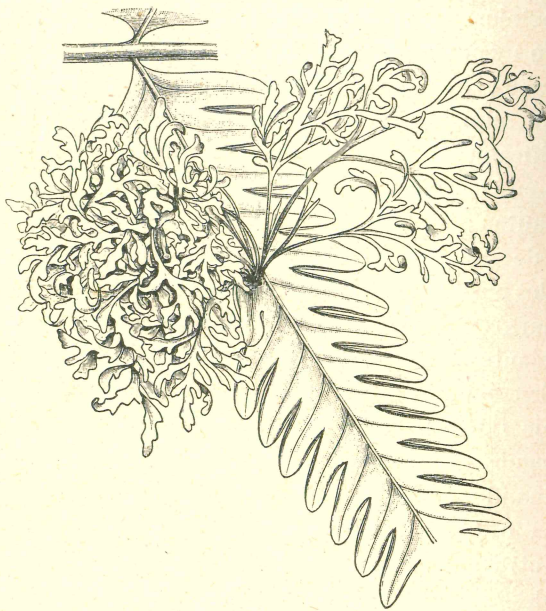


FIG. 111. Foliola de *Pteris quadriaurita* presentando las denominadas « escobas de bruja » provocadas por el hongo *Taphrina*. (Según GOEBEL)

sorbe los jugos de ésta para nutrirse o que, a partir del huevo, pasa sus primeras fases de desarrollo en el seno de los tejidos vegetales, provoca en la planta transformaciones y neoformaciones que frecuentemente, sobre

todo tratándose de agallas producidas por animales, reportan innegable utilidad al parásito.

Son Hongos los que producen las conocidas *escobas de bruja*, es decir, excrecencias a modo de brotes abundantes y extrañamente ramificados, como, por ejemplo, lo hace *Exoascus* en el abedul; en una especie tropical de helecho afectan dichos brotes forma aplanada con numerosas expansiones foliáceas (fig. 111). El hongo *Peronospora violacea* provoca una singular transformación en la flor de *Knautia arvensis* (flor doble). Un hongo ustilagíneo determina en las flores femeninas de *Melandryum album* la formación de estambres, o, mejor dicho, se desarrollan por completo esbozos de estambres que en condiciones normales se atrofiarían precozmente; sin embargo, en las anteras no se forman granos de polen sino esporas del hongo.

Grandísimo es el número de las agallas producidas por parásitos animales, entre las cuales las más conocidas son las de las encinas, que albergan las larvas de ciertos Himenópteros. Los parásitos en cuestión determinan en otros casos la aparición de formaciones muy extrañas, como, por ejemplo, unas excrecencias de la encina semejantes a alcachofas que proceden de las yemas por aumento y crecimiento de sus escamas. En las hojas de *Juncus* se desarrolla la base del pecíolo hasta constituir una extensa vaina. En *Poa nemoralis* aparecen en los entrenudos numerosas y diminutas raicillas, cosa que nunca sucede en circunstancias normales (fig. 112); una especie de ácaro produce flores dobles en Valerianáceas y Crucíferas, etc.

El estudio concienzudo de las anomalías morfológicas nos enseña que aquéllas resultan principalmente de la combinación o el cambio de caracteres ya existentes, si bien puede ocurrir, aunque con menos frecuencia, que representen formaciones nuevas para la planta. La realización de uno u otro de los términos de esta disyuntiva depende, sobre todo, de la época en que la variación se efectúe; la transformación es tanto más profunda cuanto más juvenil es la fase de desarrollo en que comienza a verificarse. Aun cuando las deformidades ponen de manifiesto frecuentemente caracteres, de los cuales sabemos que eran propios de los antepasados de la planta en cuestión, lo que anteriormente hemos dicho muestra que aquéllas, por sí solas, proporcionan un material insuficiente para la resolución

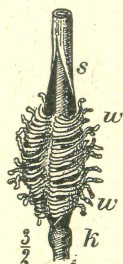


FIG. 112. Tallo de *Poa nemoralis* con formación de raíces anormales, provocada por la larva de un cinípido. Las numerosas raíces (w) salen al exterior por desgarramiento de la vaina (s); k, nudo

de problemas morfológico-filogenéticos; razón por la cual no se les debe conceder un excesivo valor. Su importancia estriba más bien en el hecho de que suscitan, tocante a las causas de los procesos morfológicos vegetales, multitud de sugerencias y puntos de vista que, eventualmente, pueden ser contrastados a favor del estudio experimental. Muchas de las experiencias anteriormente mencionadas, como, por ejemplo, la formación sobre el terreno de tubérculos en la patata, etc., consisten esencialmente en la producción de «deformidades»;

en este caso, gracias a la experimentación, conocemos en parte las circunstancias determinantes de la aparición de la deformidad, mientras que en la mayoría de los casos análogos que se presentan naturalmente las conocemos de un modo puramente superficial o las desconocemos en absoluto.

De todos modos, tocante a los factores determinantes de la producción de anomalías morfológicas podemos distinguir, en general, dos o tres casos. En el de las agallas se trata de un determinado organismo viviente que, verosíblemente, influye sobre la planta huésped mediante la secreción de sustancias que actúan químicamente, o bien a favor de excitaciones mecánicas. Asimismo, en muchas ocasiones, son responsables de las deformidades las especiales condiciones de vida del vegetal, esto es, los factores del medio ambiente, como acontece, por ejemplo, en la transformación en hojas de las inflorescencias y flores, repetidamente mencionada con anterioridad. Modernamente se considera también como tercero e importantísimo factor de los fenómenos en cuestión la *herencia*, a la cual son imputables la mayoría de los casos de flores dobles, torsión, formación de pelorias, etc. Por lo demás, la herencia no influye de un modo absoluto, puesto que solamente presenta los caracteres morfológicos anormales un determinado tanto por ciento de los descendientes del vegetal afectado por aquéllos; pero también los demás conservan latentes dichos caracteres, los cuales pueden aparecer súbitamente, ya de un modo espontáneo, ya bajo la influencia de un estímulo, por ejemplo, las fa-

vorables o desfavorables condiciones de nutrición, las heridas, etc.

Por consiguiente, los factores del mundo exterior pueden desempeñar una doble misión, así como también la misma anomalía morfológica puede ser producida por diferentes causas. De todos modos, conócense también casos en los que las plantas transmiten hereditariamente una deformidad a todos sus descendientes, de lo cual nos proporciona un ejemplo la conocida *Gloxinia*, así como también la cresta de gallo (*Celosia cristata*). Las flores de la primera son pelorias, la inflorescencia de la segunda es un caso de fasciación. Sin embargo, juzgando con un criterio restringido podemos afirmar que en estos ejemplos se trata de caracteres típicos de una nueva raza fijada por la herencia, con lo cual entramos de lleno en el terreno del estudio experimental de la especie.

V. Los factores determinantes de la forma de las plantas

En los anteriores capítulos hemos aludido repetidas veces a los factores que condicionan la forma vegetal; en los sucesivos trataremos de estudiar brevemente dichos factores. En todo caso, no hemos de disimular que nuestros conocimientos tocante a estos trascendentales y difícilísimos problemas de nuestra ciencia son todavía sumamente deficientes; en muchos casos se reducen a la simple comprobación de la existencia de un determinado factor, respecto a cuya manera de obrar sobre la planta, nada o muy poco se sabe. Este ligero estudio que ahora vamos a realizar nos servirá al propio tiempo para hacernos conocer algunos hechos de los que todavía no hemos hablado. Comenzaremos por distinguir dos clases de factores: externos e internos.

1. Los factores externos de la forma

Denomínanse factores externos a todos los agentes que, situados exteriormente con respecto a la planta, influyen sobre ella, tanto si son de naturaleza inorgánica (luz, gravedad, etc.) como si son organismos vi-

vientes. Nos interesa aquí el estudio de tales factores por su capacidad para ejercer sobre la planta una verdadera influencia morfológica (*formativa*), no representando condiciones absolutamente necesarias para la vida y crecimiento del vegetal.

Como en todos los fenómenos fisiológicos, casi siempre nos encontramos aquí en presencia de las llamadas excitaciones, es decir, el factor externo, da, en calidad de excitante, el impulso a los procesos de crecimiento, el curso y el resultado de los cuales depende de la estructura y del estado de la planta, con completa independencia del factor excitante. Por lo demás, el excitante puede obrar sobre la planta de un modo más o menos directo. Si, por ejemplo, los extremos de los zarcillos de la vid silvestre (*Ampelopsis*) se ponen en contacto con un objeto sólido, como consecuencia de la excitación se forman en el punto de contacto los conocidos discos adhesivos; es decir, que la influencia del excitante se hace ostensible en el mismo punto de aplicación de éste.

Empero, en la mayor parte de los casos no acontece así: la excitación puede propagarse a lugares alejados de su punto de aplicación, o bien se necesita, para producir una reacción en un punto determinado, una excitación que se extienda a todo el paraje orgánico en que aquél se halla o, eventualmente, a la planta entera, y provoque allí modificaciones profundas (véase lo que decimos acerca de las correlaciones en la página 161). Realízase, por ejemplo, la última de estas eventualidades cuando provocamos en la planta acuática *Sagittaria*

la formación de hojas aéreas y acuáticas a favor de diversos modos de iluminación, o cuando queremos determinar en el haya la producción de «hojas de luz» o de «hojas de sombra». Algo parecido sucede con las acciones estimulantes de la formación de flores.

En estos casos, como es natural, ocurre a menudo que el resultado de la excitación tarde mucho tiempo en hacerse ostensible, a cuya circunstancia se debe que las experiencias morfológicas sean de larga duración. Además, hay que tener en cuenta lo siguiente: en general, como es sabido, un órgano vegetal adulto es poco susceptible de variación. Incluso durante el desarrollo es a menudo muy corta la fase en la cual se muestra el órgano accesible a las influencias plásticas, y no obstante perdura el desarrollo normal a despecho de los influjos opuestos a que el órgano ha estado expuesto. Si, por ejemplo, antes de abrirse las yemas de una rama modificamos la posición de ésta de suerte que la yema terminal gire 180° con respecto a su situación originaria, la rama procedente de ella mostrará una anisofilia que corresponde a la posición primitiva, y solamente en los últimos pares de hojas se hará sensible una ligera influencia de la nueva posición, que se irá acentuando en los años sucesivos. En este caso fué, principalmente, la fuerza de gravedad la que imprimió o *indujo* a la yema muy joven o a los esbozos de hojas una configuración especial, que únicamente en las últimas partes formadas ha podido experimentar una ligera modificación o inversión.

Por otra parte, si iluminamos por un solo lado los propágulos de la hepática *Marchantia*, de forma aplana y estructura isolateral, aquéllos toman el aspecto dorsiventral característico de la planta adulta, siendo la cara iluminada la que afecta la posición dorsal (fig. 113). Esta dorsiventralidad, al contrario de lo que ocurre con la que muchos protalos de Helechos presentan, originada del mismo modo, no desaparecerá ulteriormente. Como suele decirse, se ha hecho *inherente* a la planta.

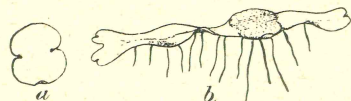


FIG. 113. *Marchantia*. a, propágulo discoidal; b, el mismo (punteado) después de la germinación, iluminado por arriba

Los puntos vegetativos, así como las nuevas partes procedentes de ellos, permanecen bajo el influjo duradero de las partes dorsiventrales del talo más viejas, es decir, de factores internos. De análoga manera se induce a la polaridad a las esporas en vías de germinación de *Equisetum*. Demuestran, por consiguiente, estos ejemplos la imposibilidad de señalar un límite preciso entre los factores externos y los internos, pues existen transiciones graduales entre unos y otros.

De un modo más sensible pueden influir en la forma de la planta los siguientes factores: gravedad, luz, calor, agentes mecánicos (contacto con objetos sólidos, y, eventualmente, también tracción y presión), condiciones especiales del medio ambiente (aire, agua, etc.), caracteres químicos del alimento o de sustancias ex-

citantes determinadas y, finalmente, organismos vivos. En páginas anteriores hemos consignado ya algunos hechos demostrativos de la acción de dichos factores, a los cuales podemos añadir todavía otros ejemplos.

Mientras que la *fuerza de gravedad* influye principalmente sólo en la disposición de los órganos, es decir, regulando la polaridad y la dorsiventralidad, la *luz* ejerce una acción mucho más considerable, debida en muchos casos a la influencia de los rayos luminosos de mayor potencia química (azules), los cuales desempeñan un papel poco importante en la asimilación del carbono. Muy notables son los resultados que se obtienen manteniendo la planta en la oscuridad, entre los cuales son bien conocidos el alargamiento de los entrenudos y la atrofia de los limbos foliares en las Dicotiledóneas y el desmesurado crecimiento en longitud de las hojas de las Monocotiledóneas. Asimismo, manteniendo en la oscuridad los cuerpos fructíferos de muchos Hongos superiores, plantas, por consiguiente, que carecen de clorofila y, por tanto, incapaces de elaborar materias orgánicas a expensas de sustancias inorgánicas, se observa el alargamiento de sus pedúnculos y la atrofia de la parte superior del sombrerillo (*Coprinus*, *Lentinus*, fig. 114). Las ramas de algunas Cactáceas (*Opuntia*), privadas de luz, se comportan de otra manera: toman forma cilíndrica, no aplastándose ni alargándose en demasía. Mencionemos, en fin, el caso de muchos árboles (haya), cuyas yemas, privadas de la excitación luminosa, no se desarrollan en absoluto.

También debemos mencionar aquí los notables casos de la llamada simbiosis, de la que los líquenes nos proporcionan ejemplo. En un líquen, el alga y el hongo están asociados sobre la base de un mutuo cambio de sustancias nutritivas, constituyendo una nueva unidad morfológica; experimentalmente puede ser separado el uno del otro componente del líquen, y continuar ambos viviendo en medios de cultivo adecuados, siendo también posible volver a reunirlos.

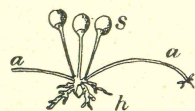


FIG. 116. *Mucor stolonifer*. a, retoños; h, filamentos adhesivos; s, esporangios

Cuando el alga y el hongo están separados, cada uno de ellos actúa como factor

externo con respecto al otro; cuando están unidos y constituyendo el líquen, las acciones que respectivamente ejercen deben ser consideradas como factores internos.

2. Los factores internos de la forma

Con el nombre de factores internos designamos a todos los agentes morfológicos que actúan en el interior de la planta. Únicamente hasta cierto punto es posible definirlos en particular, ya que ignoramos en absoluto su verdadera naturaleza, si bien es seguro que ésta puede ser muy diversa. Cuando vemos desarrollarse



FIG. 117. *Mucor spinosus*. a, micelio normal; b, micelio deformado. (Según RITTER)

una semilla de avena y producir una planta de avena, atribuimos este proceso morfológico a factores internos que, como se sabe, radican en propiedades hereditarias, y este fenómeno debe ser aceptado por nosotros ingenuamente, como una de tantas características internas absolutamente inseparables de la esencia de un organismo viviente. Empero, existen otros factores morfológicos que son algo más accesibles a nuestra comprensión.

La vida de la planta es posible solamente a condición de que las diferentes partes que la componen, tanto los tallos como las raíces o las células, estén subordinadas en su estructura y en su funcionamiento a un principio superior que imprime al conjunto el carácter de una individualidad orgánica. Lo cual se realiza únicamente en el caso de que entre las citadas partes existan ciertas relaciones, que designamos con el nombre de *correlaciones*, las cuales regulan el desarrollo y el funcionalismo de los distintos órganos. Si todos los puntos vegetativos que existen en un árbol se desarrollasen al llegar la estación estival, la planta resultaría perjudicada, puesto que las ramas se quitarían mutuamente la luz y el aire; pero no sucede así, sino que queda un cierto número de yemas que, incluso en condiciones favorables de crecimiento, no se desarrollan, o, cuando más, lo hacen hasta generar una pequeña rama que, en cierto modo, constituye una reserva para posibles eventualidades. Encontramos frecuentemente tales yemas, por ejemplo, en la porción inferior de cada uno de los brotes anuales (fig. 118). En este caso nos hallamos en presencia

de una regulación o correlación entre las distintas yemas, que se comportan de modo diferente.

En la mayoría de los casos no podemos descubrir exteriormente la existencia de una correlación a causa de que los distintos órganos nos parecen a primera vista independientes entre sí;

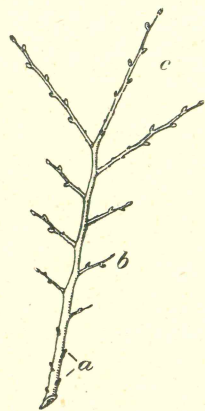


FIG. 118. Rama de olmo, de dos años.
a, yemas latentes; b, ramas cortas; c, ramas largas

poseemos, sin embargo, recursos indirectos para poner de manifiesto la realidad de tales correlaciones. En efecto, si eliminamos las yemas en vías de desarrollo del supuesto tallo, ya una por una, ya conjuntamente a favor de la amputación del extremo superior de aquél, se desarrollarán las yemas inferiores. El mismo resultado lograremos si encastramos en yeso las yemas superiores, o, más sencillamente, si las privamos convenientemente de luz o las enfriamos fuertemente; en una palabra, siempre que impidamos el crecimiento o el funcionalismo de dichas yemas, ya sea violentamente, ya atenuando la eficacia de adecuados factores externos. Un caso idéntico representa el ejemplo anteriormente citado, conforme al cual vimos que si se priva de las hojas a un tallo o rama, dejan de desarrollarse las yemas y sus escamas, apareciendo hojas verdes en sustitución de estas últimas.

De los ejemplos que acabamos de exponer se infiere que la influencia de una correlación puede hacerse ostensible, ya principalmente en el aspecto cuantitativo, ya en el cualitativo, si bien es de advertir que en la mayor parte de los casos no existe entre el uno y el otro una línea divisoria bien marcada. El primero de estos casos se realiza en el primer ejemplo, en el cual se trata simplemente de la formación o no formación de un órgano: en estado normal, las yemas que se desarrollan ejercen un influjo perjudicial para el desarrollo de las que ocupan una posición más inferior. El segundo caso se refleja en el segundo ejemplo, en el que intervienen órganos de diversa naturaleza, a saber, hojas y escamas de yemas.

Vemos, además, que una correlación no está ligada simplemente a la existencia de un órgano, sino que también depende de la circunstancia de que éste pueda desarrollarse y funcionar; ahora bien, como quiera que los dos órganos correlacionados entre sí pueden ser modificados de diversa manera por las condiciones del medio exterior, claro está que las correlaciones mismas son variables e inconstantes. Incluso es posible demostrar que las correlaciones no están condicionadas exclusivamente por factores externos, sino también por agentes internos. Ya vimos anteriormente que el resultado de una experiencia varía en función de múltiples circunstancias que afectan a la planta, es decir, según su estado de nutrición y de desarrollo, edad, etc. Si cortamos el extremo inferior de un retoño de *Sagittaria*, su ápice producirá en primavera una rama foliácea,

pero a fines de verano un tubérculo que no se desarrollará hasta que pase el próximo invierno. Tomemos una yema procedente de la parte inferior de una inflorescencia de remolacha (*Beta*), y que, por consiguiente, en condiciones normales no prosigue su desarrollo, e injertémosla sobre una raíz anual de otro individuo de la misma especie: la yema se desarrolla y forma una rama foliácea; pero si la injertamos sobre una raíz bianual producirá una rama florida; en uno y en otro caso el resultado de la experiencia es debido a la existencia de correlaciones que, una vez que ha prendido el injerto, actúan del mismo modo que en una planta normal. En los dos ejemplos expuestos, los factores internos y las correlaciones han actuado de diferente manera en relación con la época del año y con la edad, respectivamente.

Las correlaciones desempeñan un importantísimo papel en la morfología de las plantas, y actúan sobre todo en los casos de formación de órganos. Frecuentemente nos ilustran tocante al modo de obrar de muchos factores externos con los cuales coexisten siempre. Basta recordar lo que hemos dicho anteriormente acerca de la reproducción, el cambio de función, la anisofilia, etc., para poder entresacar inmediatamente de los datos allí consignados numerosos ejemplos en los que se hace patente la actuación de las correlaciones. Las correlaciones regulan, además, las relaciones mutuas de posición entre las distintas partes de la planta, como se ve en la disposición de las hojas, ramificación, polaridad, dorsiventralidad, exotrofia, etc.

Podemos crear artificialmente correlaciones nuevas favoreciendo la unión íntima de dos partes separadas de la misma especie o plantas pertenecientes a especies afines, como acontece en la transplantación y, especialmente, en el injerto, las cuales constituyen, por lo regular, conservando sus caracteres específicos o raciales, un conjunto armónico. Como nos enseña el ejemplo de *Beta* antes mencionado, incluso pueden hacerse inmediatamente ostensibles las nuevas correlaciones establecidas por recíproco influjo de ambos componentes.

Un caso especial de injerto representan las notables *quimeras*, que Winkler consiguió por primera vez con la hierba mora y el tomate. Las quimeras son plantas que resultan, ordinariamente, de la unión o soldadura de dos mitades longitudinales de sendas plantas pertenecientes a distintas especies.

Aún podemos exponer algunos otros ejemplos de correlaciones, pero considerándolos desde un punto de vista algo diferente. Cuando una planta reacciona de un modo determinado ante la mutilación o amputación de uno de sus órganos, denunciando con ello la existencia de correlaciones que, en condiciones normales, impedían el desarrollo de tal reacción, es fácil comprobar que la reacción producida tiende, directa o indirectamente, a la sustitución del órgano perdido. Este fenómeno, de importancia tan extraordinaria para la planta, es designado generalmente con el nombre de *regeneración*.

Prescindiendo del proceso de curación de heridas propiamente dicho, el cual no estudiaremos aquí en detalle, la marcha de la regeneración puede variar mucho

de unos casos a otros. Muy rara vez se realiza la regeneración de un modo directo reproduciéndose en el lugar mismo de la lesión exacta y completamente el órgano perdido; esto acontece únicamente en los casos de pequeñas heridas del tejido embrionario en el punto vegetativo del tallo, raíz u hoja. En partes más viejas de la planta también puede verificarse la sustitución del

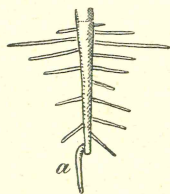


FIG. 119. Raíz principal de altramuz. El ápice mutilado es reemplazado por la raíz (a)

órgano perdido a partir del lugar lesionado, pero precediendo a aquella la formación de una excrecencia especial o callo; a expensas del tejido del callo se forman entonces, por ejemplo, y precisamente de modo endógeno en la mayoría de los casos, los nuevos retoños en los muñones de ramas o troncos aserrados de los sauces.

Con mucha mayor frecuencia, sin embargo, se efectúa la reacción de una manera completamente indirecta, esto es, transformándose para sustituir a las partes perdidas esbozos de órganos que se hallan a mayor o menor distancia de aquéllos, los cuales pueden preexistir en estado latente o bien desarrollarse ulteriormente a modo de formaciones adventicias. Así, si cortamos el extremo de la raíz principal, la raíz secundaria inmediata o el esbozo de ésta se convierte en raíz principal (fig. 119). En circunstancias análogas, una yema axilar del tallo o la yema terminal de una rama lateral se desarrolla para constituir el miembro principal y adquiere los caracteres peculiares de éste.

Algo más complicada es la sustitución de hojas, la cual no se realiza casi nunca de un modo directo; antes bien, se estimula el desarrollo de los puntos vegetativos próximos y la producción de hojas, pudiendo suceder inclusive que los esbozos foliares ya destinados a formar escamas de yemas formen hojas (véase pág. 130).

Pero no solamente la planta mutilada sino también las partes separadas del organismo vegetal, por pequeñas que sean, pueden, en general, reconstituir el individuo entero siempre que estén en condiciones adecuadas para ello. Bien conocido es el comportamiento de las *estacas* o *vástagos*, que son trozos de tallos o ramas que, plantados en el suelo, producen raíces fácilmente. También las hojas o los fragmentos de hojas colocados

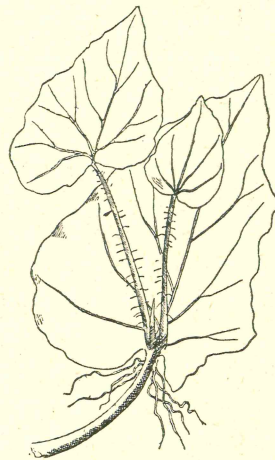


FIG. 120. Hoja de *Begonia Rex* aislada, emitiendo yemas foliares y raíces (Según CHODAT)

en condiciones análogas dan raíces a menudo y producen nuevos brotes; éstos, en la *begonia*, proceden de la epidermis, preferentemente en la base del limbo, o bien en trozos del limbo, de la nerviación principal (fig. 120); en otros casos de esbozos de ramas ya existentes en los bordes foliares (*Bryophyllum*). Incluso raíces separadas de la planta pueden, frecuentemente,

regenerar el vegetal completo con ayuda de tallos adventicios (álamo), llegando en ocasiones a transformarse directamente en ramas sus puntos vegetativos (*Platy-cerium* y otros). En todos estos casos, la regeneración favorece la multiplicación vegetativa de la planta; téngase en cuenta que también la germinación de las semillas y el ulterior desarrollo de órganos típicos de reproducción representan, en cierto modo, una regeneración de los órganos que faltan.

Sucede con relativa frecuencia que, siendo idéntico el estímulo que provoca la regeneración, el proceso regenerativo se desarrolle de diversos modos y, en ocasiones, conduzca a la formación de un individuo algo diferente del que sirvió de base para la regeneración. Si se utilizan hojas de *Achimenes* en calidad de vástagos, a expensas de ellas se forman, ya ramas foliáceas, ya ramas floridas, ya pequeños tubérculos bulbosos, según, respectivamente, que la planta madre no esté todavía madura para florecer, o que ya haya florecido, o que, finalmente, se halle al final de su período vegetativo. La begonia se comporta de una manera análoga. Los vástagos de *Circaea* y de patata, conforme hemos visto anteriormente, forman ramas foliáceas, o rizomas, etc. Así, pues, la planta regenera unos u otros órganos según la fase de desarrollo en que se halla, siendo frecuentemente los que la planta intacta produciría en la misma fase de su desarrollo. Por ejemplo, los individuos viejos de *Achimenes* o de *Circaea* producen respectivamente tubérculos bulbosos o rizomas, que no se desarrollan hasta la siguiente primavera. Así, pues,

la planta, por así decirlo, más bien que reproducir exactamente la forma que antes tenía, procura mantener íntegramente las funciones que en aquel momento son más importantes para la conservación del individuo.

Por lo demás, la facultad de regeneración depende estrechamente de las características individuales. Las plantas inferiores regeneran en general más fácilmente que las superiores. Las semillas se comportan frecuentemente de un modo muy particular; amputando artificialmente el limbo del único cotiledón que posee *Cyclamen persicum*, aquél es sustituido directamente por el extremo superior de su peciolo, pero, además, el hipocotilo, de apariencia tuberculosa, privado artificialmente de su parte superior junto con el cotiledón, produce «hojas adventicias» completamente aisladas a las cuales falta el correspondiente punto vegetativo (fig. 121).

Asimismo, muchas hojas primarias de helecho regeneran protalos además de tallos adventicios (figura 107).

La facultad regenerativa de un órgano determinado disminuye con la edad, y en ocasiones llega a extinguirse por completo, lo cual explica el hecho de que, a veces, quede incompleta la regeneración. En efecto, muchas hojas utilizadas como vástagos (por ejemplo, de pelargonio, de hiedra, etc.) pueden producir raíces, pero no tallos. Estacas de *Araucaria*, *Phyllanthus*, etc., procedentes de ramas laterales viejas siguen creciendo



FIG. 121

Cyclamen persicum (según GOEBEL). Cotiledón desmochado, con diversas hojas adventicias

en dirección horizontal sin perder sus caracteres propios y sin convertirse en tallos verticales, de simetría radiada, como puede acontecer, por lo menos, en ramas de *Phyllanthus* más jóvenes (fig. 122). Parecido comportamiento observan las inflorescencias de *Veronica anagallis* plantadas en tierra a manera de vástagos: estando en idénticas condiciones, las más jóvenes producen ramas foliáceas, mientras que las más viejas



FIG. 122. *Araucaria excelsa*. Estaca de una rama lateral de seis años

pueden proseguir su crecimiento hasta constituir inflorescencias de enorme longitud.

Muy característica es la disposición de los órganos regenerados que revela muy claramente la ingénita polaridad de la planta o está condicionada por ella. Un trozo de rama de sauce, suspendido en una atmósfera húmeda, produce raíces en su extremo inferior, ramas en su extremo superior (fig. 123). Si cortamos dicho trozo en dos o más fragmentos o si quitamos en varios sitios de aquél la corteza en forma de estrechos anillos, al efectuarse la regeneración o formación de nuevos órganos, cada uno de los nuevos trozos presenta la misma oposición de los dos polos, exactamente como lo harían los trozos de una barra imantada.

Los factores determinantes de la polaridad son internos, como lo demuestra el hecho de que las raíces y las ramas nacen siempre en los mismos extremos del vástago, aunque éste se mantenga en posición invertida. Sin embargo, también pueden ejercer influencia en este respecto, aunque dentro de ciertos límites, los factores externos, como la fuerza de gravedad, la luz

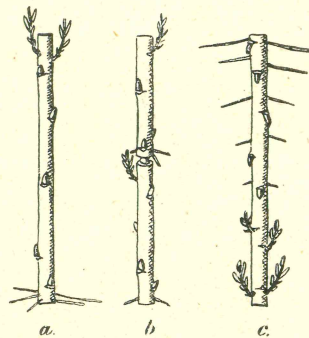


FIG. 123. Brotación de un trozo de rama de sauce. *a* y *b*, en posición normal; *c*, en posición invertida; el contraste polar es algo atenuado por la acción de la fuerza de gravedad

y la humedad; por ejemplo, las raíces prefieren siempre los parajes que están dirigidos hacia el centro de la Tierra, así como también los más húmedos y oscuros. Utilizando adecuadamente estas propiedades se puede llegar a invertir aparentemente la polaridad, aunque en realidad no se consigue. Ciertas Algas (*Bryopsis*) se muestran en este respecto algo más plásticas que los vegetales superiores. Raíces y hojas presentan asimismo una polaridad.

Por lo que atañe a las causas determinantes de la regeneración, la lesión inferida a la planta no desempeña por sí misma un papel especial, sino que más bien se necesita únicamente producir una variación o perturbación de las correlaciones preexistentes. Conforme hemos indicado anteriormente, análogos efectos a los que ocasiona la pérdida de un órgano pueden obtenerse en este respecto impidiendo a aquél en mayor o menor grado el ejercicio de su función peculiar por la intervención de factores externos, tales como su encastamiento en yeso, su mantenimiento en la oscuridad, su exposición a bajas temperaturas, etc., o bien interrumpiendo más o menos completamente su comunicación con el resto del organismo. En la rama de sauce antes mencionada bastó una solución de continuidad en la corteza para provocar el proceso regenerativo; en los trozos de tallos herbáceos o en las raicillas puede ser suficiente una ligera lesión de ciertos elementos celulares (haces conductores), o bien una acción narcótica local por medio de éter sulfúrico, para provocar la regeneración en los órganos inmediatos. Estas y otras observaciones hacen sospechar que en el fenómeno de las correlaciones intervienen sustancias químicas que son transportadas de unos parajes orgánicos a otros por las vías conductoras de los jugos vegetales, o bien por excitantes específicos que son transmitidos de modo análogo a las excitaciones nerviosas en los organismos animales.

ÍNDICE ALFABÉTICO

- Adaptación, 114.
 Agalla, 147.
 Alternancia de generaciones, 140.
 Andorginóforo, 99.
 Androceo, 36, 93.
 Anisofilia, 33, 124.
 Anomalías morfológicas, 145.
 Antela, 43.
 Antera, 93.
 Apocárpico, 96.
 Árbol, 76.
 Arbusto, 76.
 Arilo, 107.
 Ascidias, 145.
- Base, 57.
 Baya, 106.
 Brácteas, 39, 75.
 Bractéolas, 29, 39, 75.
 Brotes, 77.
 Bulbillos, 54, 84.
 Bulbos, 74, 83.
- Cabezuela, 42.
 Cáliz, 36, 91.
 Capacidad de reproducción, 12.
 Capítulo, 42.
 Cápsula, 142.
 Carpelos, 36, 88, 95.
 Cima bípara, 43.
 — escorpioidea, 43.
 — helicoidea, 43.
 — unípara, 43.
- Cimas, 43.
 Cladodios, 80.
 Cojinete, 57.
 Coleóptilo, 73.
 Colonias celulares, 12.
 Concrecencia congénita, 36.
 Cormo, 11.
 Cormofitas, 11.
 Corola, 36, 91, 92.
 Coronas, 92.
 Cotiledones, 71, 108.
 Crecimiento ortotropo, 24.
- Chupadores, 110.
- Desarrollo basipeto, 43.
 Dicasio, 43.
 Dicotomía, 21.
 Dimorfismo sexual, 140.
 Diplostémona, 37.
 Disco, 100.
 Disposición decusada, 25.
 Divergencia, 26.
 Dorsiventralidad, 13.
 Drupa, 106.
- Eje floral, 99.
 — vegetativo, 79.
 Emergencia, 108.
 Endospermo, 107.
 Entrenudos, 25.
 Envés, 58.
 Envoltura floral, 36, 90.

- Epicotilo, 72.
 Epifitas, 51.
 Escamas, 19.
 Escobas de bruja, 149.
 Escudete, 73.
 Espiga, 41.
 Espinas, 86.
 Espolones, 92.
 Esporangios, 87.
 Esporas, 87.
 Esporofilos, 87, 88.
 Esporofito, 141.
 Estacas, 167.
 Estados celulares, 12.
 Estambres, 36, 88.
 Estaminodios, 95.
 Estigma, 95.
 Estilo, 95.
 Estípulas, 57, 65.
 — axilares, 66.
 Estipulitas, 66.
 Estivación, 61.
 Estolones, 84.
 Exotrofia, 35.
 Falsa dicotomía, 21.
 Fasciación, 146.
 Filamento, 93.
 Filocladios, 80.
 Filodios, 64.
 Flor, 90.
 — epigina, 97.
 — hipogina, 96.
 — perigina, 96.
 Flores, 35, 87, 146.
 — actinomorfas, 40.
 — asimétricas, 40.
 — chasmógamas, 100.
 — cleistógamas, 100.
 — desnudas, 90.
 — diclinas, 101.
 — dorsiventrales, 40.
 — eucíclicas, 39.
 — hermafroditas, 101.
 — heterocíclicas, 39.
 — monoclinas, 101.
 — radiadas, 40.
 — unisexuales, 101.
 — zigomorfas, 40.
 Foliolos, 63.
 Fruto, 105.
 Frutos carnosos, 106.
 — complejos, 107.
 Funiculo, 99.
 Gametofito, 141.
 Gineceo, 36, 95, 96.
 Ginóforo, 99.
 Haplostémona, 37.
 Heterofilia, 118.
 Heterosporia, 88.
 Higrofitas, 124.
 Hipocotilo, 72.
 Hoja abrazadora, 62.
 — decurrente, 62.
 — entera, 63.
 — forma y función de la, 67.
 — perfoliada, 62.
 — primordial, 59.
 Hojas, 10, 47, 57, 145.
 — acuáticas, 119.
 — aéreas, 120.
 — asimétricas, 59.
 — embrionarias, 71.
 — flotantes, 119.
 — formas de, 61.
 — inferiores, 71, 73.
 — isolaterales, 58.
 — de luz, 155.
 — primarias, 113.
 — de sombra, 155.
 — superiores, 39, 71, 75.
 — tectrices, 23.
 Inflorescencias, 35, 41, 146.
 Invólucro, 42.
 Limbo, 57, 92.
 Macrosporas, 88.
 Metamorfosis, 47.
 Micelio, 11.
 Micrópilo, 99.
 Microsporangios, 88.
 Microsporas, 88.
 Microsporofilos, 88.
 Monocárpico, 96.
 Monocasío, 43.
 Monopodio, 21.
 Morfología, 7.
 — experimental, 8.

- Raíces adventicias, 45.
 — aéreas, 51.
 — asimiladoras, 54.
 — carnosas, 54.
 — disposición de las, 44.
 — espinosas, 55.
 — laterales, 20.
 — respiratorias, 55.
 — de sostén, 52.
 — trepadoras, 52.
 — tuberosas, 53.
 Raicilla, 44, 108.
 Raíz, 9, 47, 49.
 — fasciculada, 49.
 — napiforme, 49.
 Ramas adventicias, 24.
 — axilares, 22.
 — dorsiventrales, 25.
 Ramificación, 20.
 Regeneración, 165.
 Renuevos, 77.
 Reproducción, 133.
 Rizoides, 13.
 Saco embrionario, 89.
 Sacos polínicos, 89, 93.
 Sépalos, 36, 91.
 Serie de Braun, 28.
 — de Schimper, 28.
 Simpodio, 21.
 Sincárpico, 96.
 Súpero, 96.
 Sutura dorsal, 96.
 — ventral, 95.
 Talo, 11.
 Talofitas, 11.
 Talos, 70.
 Tallito, 108.
 Tallo, 9, 10, 47, 76, 146.
 Tallos dorsiventrales, 31.
 — radiales, 25.
 Teratología, 145.
 Tricoma, 108.
 Tronco, 10.
 Tubérculo, 83.
 Tubo polínico, 95.
 Umbela, 42.
 Nectarios, 93.
 Nervios, 63.
 Nudos, 25.
 Nuez, 106.
 Ombligo, 107.
 Órgano adhesivo, 12.
 Organografía, 7.
 Órganos chupadores, 15.
 Ovario, 95.
 — infero, 97.
 Óvulo, 98.
 Partenocarpia, 107.
 Pecíolo, 57, 64.
 Pedúnculo floral, 100.
 Pelorias, 41.
 Pelos, 108.
 — radicales, 50.
 Periantio, 36.
 Pericarpio, 105.
 Perigonio, 90.
 Perispermo, 107.
 Pétalos, 36, 92.
 Pieza intermedia, 73.
 Pistilo, 95.
 Placenta, 98.
 Plano de simetría, 25.
 Planta polígama, 102.
 Plantas dioicas, 102.
 — monoicas, 102.
 — parásitas, 56.
 — saprofitas, 56.
 Plelocasio, 43.
 Plúmula, 72, 108.
 Polaridad, 12.
 Polen, 89, 95.
 Poliaquenos, 106.
 Polimorfismo, 100.
 Polistémona, 37.
 Protalo, 87.
 Protonema, 112.
 Punto vegetativo, 13, 17, 20.
 Racimo, 41.
 Racimos corimbiformes, 42.
 — de espigas, 43.
 — tirsoideos, 42.
 Rafe, 107.

Vaina foliar, 65.
 Vástagos, 167.
 — radicales, 57.
 Vegetación, 133.
 Velo, 51.
 Vernación, 61.
 Vesículas natatorias, 15.

Xerofitas, 124.
 Yema, 18, 19.
 Yemas accesorias, 23.
 Zarcillos, 85.

ÍNDICE DE LOS MANUALES PUBLICADOS

1. Introducción al estudio de la Química experimental (3.ª ed.)..... R. BLOCHMANN
2. Introducción al estudio de la Botánica (3.ª edición)..... B. F. RIOFRÍO
3. Teoría general del Estado (4.ª ed. en prep.)... O. G. FISCHBACH
4. Mitología griega y romana (5.ª ed.)..... H. STEUDING
- 5-6. Introducción al Derecho hispánico (3.ª ed.)... J. MONEVA
7. Economía política (4.ª ed.)..... C. J. FUCHS
8. Tendencias políticas en Europa en el siglo XIX (2.ª ed.)..... HEIGEL-ENDRES
9. Historia del Imperio bizantino (3.ª ed.)..... K. ROTH
10. Astronomía (4.ª ed.)..... J. COMAS SOLÁ
11. Introducción a la Química inorgánica (3.ª edición)..... B. BAVINK
12. La escritura y el libro (3.ª ed.)..... O. WEISE
13. Los grandes pensadores (3.ª ed.)..... O. COHN
14. Los pintores impresionistas (3.ª ed.)..... BÉLA LÁZAR
15. Compendio de Armonía (3.ª ed.)..... H. SCHOLZ
18. Hacienda pública, I : Parte general (3.ª ed.)... VAN DER BORGH
- 19-20. Hacienda pública, II : Parte especial (3.ª ed.)... VAN DER BORGH
21. Cultura del Renacimiento (3.ª ed.)..... R. F. ARNOLD
22. Geografía física (4.ª ed.)..... S. GÜNTHER
- 23-24. Etnografía (3.ª ed.)..... M. HABERLANDT
25. Las Antiguas civilizaciones del Asia Menor... FELIX SARTIAUX
26. Totemismo..... MAURICE BESSON
27. Concepción del Universo, según los grandes filósofos modernos (4.ª ed. en preparación)... L. BUSSE
28. La poesía homérica (2.ª ed.)..... G. FINSLER
29. Vida de los héroes : Ideales de la Edad Media, I (2.ª ed.)..... V. VEDEL
30. Historia de la Literatura italiana (2.ª ed.)... K. VOSSLER
31. Antropología (5.ª ed.)..... E. FRIZZI
- 32-33. Zoología, I : Invertebrados (2.ª ed.)..... L. BÖHMIG
34. Meteorología (2.ª ed.)..... J. M. LORENTE
- 35-36. Aritmética y Álgebra (4.ª ed.)..... P. CRANTZ
37. La educación activa (4.ª ed.)..... J. MALLART CUTÓ
38. Islamismo (3.ª ed.)..... S. MARGOLIOUTH
39. Gramática latina (3.ª ed.)..... W. VOTSCH
40. Kant (3.ª ed.)..... O. KÜLPE
41. Prehistoria, I : Edad de la piedra (3.ª ed.)... M. HOERNES
- 42-43. Historia de los Estilos artísticos (4.ª ed.)... K. HARTMANN
44. Introducción a la Química general (3.ª ed.)... B. BAVINK
45. Trigonometría plana y esférica (3.ª ed.)... G. HESSENBERG
- 46-47. Física teórica, I : Mecánica. Acústica. Calor (2.ª ed.)..... C. JÄGER
48. Psicología aplicada (3.ª ed.)..... TH. ERISMANN
- 49-50. Historia de la Literatura inglesa (2.ª ed.)... A. M. SCHRÖER
51. Los Rusos..... G. K. LOUKOMSKI
52. Los Negros..... M. DELAFOSSE
53. Orientación profesional..... A. CHLEUSEBAIRGUE
- 54-55. Geología, I : Volcanes. Estructura de las montañas. Temblores de tierra (3.ª ed.)..... F. FRECH
56. Historia de la Geografía (3.ª ed.)..... C. KRETSCHMER
- 57-58. Historia del Derecho romano, I (2.ª ed.)... R. VON MAYR
59. Grafología (3.ª ed.)..... MATILDE RAS
60. Derecho internacional público (3.ª ed.)..... TH. NIEMEYER
- 61-62. Historia de las Artes industriales, I : Antigüedad y Edad Media (2.ª ed.)..... G. LEHNERT
63. El Teatro (3.ª ed.)..... CHR. GABBE
- 64-65. Historia de la Economía, I : Antigüedad y Edad Media (3.ª ed.)..... O. NEURATH y H. SIEVEKING
66. Introducción a la Ciencia (3.ª ed.)..... J. A. THOMSON

INDICE DE LOS MANUALES PUBLICADOS

68. Compendio de Instrumentación (3.ª ed.) .. H. RIEMANN
 69. Historia de la España musulmana (3.ª ed.) A. G. PALENCIA
 70. Historia de Inglaterra (3.ª ed.) .. L. GERBER
 71. El Parlamento (2.ª ed.) .. SIR C. P. LIBERT
 72. Orientación de la clase media (2.ª ed.) .. L. MÜFFELMANN
 73-74. La Pintura española (3.ª ed.) .. A. L. MAYER
 75. La era de los grandes descubrimientos (3.ª ed. en preparación) ..
 76. Cooperativas de consumo (3.ª ed. en prep.) F. STAUDINGER
 77. India (3.ª ed.) .. S. KONOW
 78-79. La escultura de Occidente (2.ª ed.) .. H. STEGMANN
 80. Prehistoria, II: Edad del bronce (3.ª ed.) M. HOERNES
 81. Introducción a la Psicología (3.ª ed.) .. E. VON ASTER
 82. Cultura del Imperio bizantino (2.ª ed.) .. K. ROTH
 83-84. España bajo los Borbones (4.ª ed.) .. ZABALA LERA
 85. Prácticas escolares (4.ª ed.) .. R. SEYFFERT
 86. Techumbres y artesanos españoles (3.ª ed. en preparación) .. J. RÁFOLS
 87-88. Geología, II: Ríos y mares (3.ª ed.) .. F. FRECH
 89-90. Historia de Francia (2.ª ed.) .. R. STERNFELD
 91. Derecho canónico (2.ª ed.) .. E. SEHLING
 92-93. Geografía económica (5.ª ed.) .. W. SCHMIDT
 94. Arte romano (2.ª ed.) .. H. KOCH
 95-96. Psicología del trabajo profesional (2.ª ed.) A. CHLUSEBAIRGUE
 97. Geografía de Bélgica (2.ª ed.) .. P. OSWALD
 98-99. Historia de la Literatura latina (3.ª ed.) .. A. GUDEMANN
 100. Arte árabe (2.ª ed.) .. AHLENSTEL-ENGEL
 101-102. Historia del Derecho romano, II (2.ª ed.) .. R. VON MAYR
 103. Geografía de Francia (2.ª ed.) .. E. SCHEU
 104. Política económica (2.ª ed.) .. VAN DER BORGHT
 105. Romántica caballeresca: Ideales de la Edad Media, II (2.ª ed.) .. V. VEDEL
 106-107. Historia de la Pedagogía (3.ª ed.) .. A. MESSER
 108. Artes decorativas en la Antigüedad (2.ª ed.) F. POULSEN
 109. Psicología del niño (4.ª ed.) .. R. GAUFFP
 110-111. Historia de Italia (2.ª ed.) .. P. ORSI
 112. La Música en la Antigüedad (2.ª ed.) .. K. SACHS
 113. Química orgánica (3.ª ed.) .. B. BAVINK
 114. Zoología, II: Insectos (2.ª ed.) .. J. GROSS
 115. Prehistoria, III: Edad del hierro (3.ª ed. en preparación) .. M. HOERNES
 116. Desarrollo de la cuestión social (2.ª ed.) .. F. TONNIES
 117-118. Física experimental, I (2.ª ed.) .. R. LANG
 119. Historia de la Literatura alemana, I (2.ª ed.) M. KOCH
 120. Historia de la Literatura alemana, II (2.ª ed.) M. KOCH
 121. Teoría del conocimiento (2.ª ed. en prep.) M. WENTSCHER
 122. Fundamentos filosóficos de la Pedagogía (2.ª ed.) .. A. MESSER
 123-124. Historia de la Literatura portuguesa .. F. DE FIGUEIREDO
 125. Arte indio .. O. HÖVER
 126. Música popular española (2.ª ed.) .. E. LÓPEZ CHAVARRI
 127-128. España bajo los Austrias (2.ª ed.) .. E. IBARRA
 129. Geometría del plano (2.ª ed.) .. G. MAHLER
 130. Geometría del espacio (2.ª ed.) .. R. GLASER
 131-132. Historia del Derecho español (3.ª ed.) .. S. MINGUIJÓN
 134. Historia del Comercio mundial (2.ª ed.) .. M. G. SCHMIDT
 135. Mineralogía (2.ª ed.) .. R. BRAUNS
 136-137. Física teórica, II (2.ª ed.) .. G. JÄGER
 138-139. Historia de las Matemáticas (2.ª ed.) .. H. WIELEITNER
 140-141. Física general (2.ª ed.) .. J. MAÑAS y BONVÍ
 142. Petrografía (2.ª ed.) .. W. BRUHNS
 143. Bajo elfrado (Armonía al piano) (2.ª ed.) .. H. RIEMANN
 147. Pedagogía experimental (3.ª ed.) .. W. A. LAY
 148. Geografía de Italia (2.ª ed.) .. G. GREIM
 149. Historia de la Filología clásica (2.ª ed.) .. W. KROLL
 150. Reducción al piano de la partitura de orquesta (2.ª ed.) .. H. RIEMANN

INDICE DE LOS MANUALES PUBLICADOS

151. Historia de la antigua literatura latino-eris-tiana (2.ª ed.) .. A. GUDEMANN
 152-153. Derecho político general y constitucional comparado (2.ª ed.) .. G. FISCHBACH
 154. Historia del Antiguo Oriente (2.ª ed.) .. ERICH EBELING
 155-156. La orquesta moderna (2.ª ed.) .. FR. VOLBACH
 157. Bergson (2.ª ed.) .. EDUARDO LE ROY
 158. Europa medieval (2.ª ed.) .. H. W. C. DAVIS
 159-160. Marfiles y azabaches españoles (2.ª ed. en preparación) .. J. FERRANDIS
 162. Fraseo musical (2.ª ed.) .. H. RIEMANN
 163. La Escuela (2.ª ed.) .. J. J. FINDLAY
 164-165. Historia de la Literatura árabe-española (2.ª ed.) .. A. G. PALENCIA
 166. Los animales prehistóricos (2.ª ed. en preparación) .. O. ABEL
 167-168. Geometría descriptiva (2.ª ed.) .. R. HAUSSNER
 169. Los animales parásitos (2.ª ed.) .. E. F. GALIANO
 170. Introducción al estudio de la Zoología .. F. G. DEL CID
 171. Geografía del Mediterráneo .. O. MAULL
 172. Teoría general de la Música (2.ª ed.) .. H. RIEMANN
 173. Dictado musical (2.ª ed.) .. H. RIEMANN
 174. Países polares (2.ª ed.) .. H. RUDOLPHI
 175. Lógica (3.ª ed.) .. J. GRAU
 176. Los problemas de la Filosofía (2.ª ed.) .. B. RUSSELL
 177. Filosofía medieval .. M. GRABMANN
 178. El alma del educador (2.ª ed.) .. KERSCHENSTEINER
 180-181. La escultura moderna y contemporánea .. A. HEILMEYER
 182. Manual del pianista (2.ª ed.) .. H. RIEMANN
 183. Citología y anatomía de las plantas .. H. MIEHE
 184. Orígenes del régimen constitucional en España. (Agotado) .. M. F. ALMAGRO
 185. El Crédito y la Banca (2.ª ed.) .. W. LEXIS
 186. Estadística (3.ª ed.) .. S. SCHOTT
 187-188. Psiquiatría forense (2.ª ed.) .. W. WEYGANDT
 189-190. Arqueología española (2.ª ed.) .. E. R. MELIDA
 191. Los animales marinos .. J. RIOJA
 192-194. Paleografía española, I-II (2.ª ed. en preparación) .. A. M. MILLARES
 195. Geografía del Japón .. F. W. LEHMANN
 196. Geografía política .. A. DIX
 197. La vida en las aguas dulces .. C. ARÉVALO
 199-200. Geobotánica .. E. H. DEL VILLAN
 202. El Comercio .. W. LEXIS
 203. Ética (2.ª ed. en preparación) .. J. B. MOORE
 204. Higiene escolar (3.ª ed.) .. L. BURGERSTEIN
 205. Manual del Organista .. H. RIEMANN
 206. Historia de Portugal (2.ª ed. en preparación) A. SERGIO
 207-208. Historia de la Literatura rusa .. A. BRUCKNER
 209-210. La Arquitectura de Occidente .. K. SCHAFFER
 211-212. Composición musical (2.ª ed.) .. H. RIEMANN
 213. Geografía de Suiza .. H. WÄLSER
 214. Geografía de las Islas Británicas .. F. MOSCHLES
 216-217. Los fundamentos de la Biología (2.ª ed.) E. F. GALIANO
 218. Introducción a la Bioquímica .. W. LÖB
 221-222. Arte italiano (2.ª ed.) .. A. VENTURI
 223-224. La Edad Media en la Corona de Aragón (2.ª ed.) .. A. GIMÉNEZ SOLER
 225. Introducción a la Psicología experimental (2.ª ed. en preparación) .. N. BRAUNSHAUSEN
 226-227. Introducción a la Ciencia del Derecho (2.ª ed.) .. TH. STERNBERG
 228. Aristóteles (2.ª ed.) .. F. BRENTANO
 229. Fuga (2.ª ed.) .. S. KREHL
 230. Contrapunto (2.ª ed.) .. S. KREHL
 231. Federico Froebel (2.ª ed.) .. J. PRÜFER
 232. Economía y Política agraria (2.ª ed.) .. W. WYGODZINSKI

ÍNDICE DE LOS MANUALES PUBLICADOS

233. Países bálticos	M. FRIEDERICHSEN
234. Oceanografía física	G. SCHOTT
235-238. Historia de las ideas políticas I-II (2.ª ed.)	R. G. GETTELL
240. Santo Tomás de Aquino (2.ª ed.)	M. GRABMANN
241. La Psicología contemporánea (2.ª ed.)	J. V. VIQUEIRA
242. La Enseñanza científico-natural (2.ª ed.)	KERSCHENSTEINER
244-245. Historia de la Música (3.ª ed.)	H. RIEMANN
246. Historia de Rusia (2.ª ed.)	A. MARKOFF
247. Instituciones romanas (2.ª ed.)	L. BLOCH
249. Despoblación y colonización (2.ª ed. en preparación)	S. AZNAR
250-252. Geografía de la Rusia soviética, I-II	E. F. LESGAFI
253-254. Países escandinavos	H. KERP
255-256. Derecho mercantil comparado (2.ª ed.)	A. VICENTE Y GELLA
257. Metafísica (2.ª ed. en preparación)	H. DRIESCH
258-259. Literatura dramática española	A. VALBUENA
260-261. Historia de la Literatura griega (2.ª ed.)	W. NESTLE
263. La Pintura alemana	A. L. MAYER
264. Música bizantina	E. WELLESZ
265-266. Armonía y modulación (2.ª ed.)	H. RIEMANN
267-268. Historia de Grecia (2.ª ed.)	J. SWOBODA
269-270. Historia de Roma (2.ª ed.)	J. KOCH
271. Geografía de la Argentina (2.ª ed.)	FRANZ KÜHN
272-273. Geología, III	F. FRECH
274. Morfología y Organografía de las plantas	M. NORDHAUSEN
275. Geografía de México	J. GALINDO VILLA
276. Los vertebrados terrestres	L. LOZANO REY
277. Pestalozzi (2.ª ed. en preparación)	P. NATORP
279. Literatura sueca	H. DE BOOR
280. Literatura noruega	H. BEYER
281-282. Arte francés	P. GUINARD
283. Arte sumero-acadio	E. UNGER
284. Música de Oriente	R. LACHMANN
285. Manual de la Melodía	E. SOCH
286. Instituciones griegas	R. MAISCH Y F. POHLHAMMER
288. Geografía de Bolivia y Perú	W. SIEVERS
289. Geografía de Ecuador, Colombia y Venezuela	W. SIEVERS
290. Geomorfología	S. PASARGE
292. La Industria	W. SOMBART
293. El cuerpo humano	CH. CHAMPY
294. Los microbios	P. G. CHARPENTIER
295. Geografía humana (2.ª ed.)	N. KREBS
296. El espíritu de las ciudades: Ideales de la Edad Media, III	V. VEDEL
297-298. Filosofía natural	F. LIPSUS-K. SAPPER
301-302. Filosofía de la Historia (2.ª ed. en preparación)	H. SCHNEIDER
303. Juan Federico Herbart	TH. FRITZSCH
304. Vida monástica: Ideales de la Edad Media, IV	V. VEDEL
305. Organización del trabajo intelectual (2.ª ed.)	P. CHAVIGNY
306. Historia de Polonia	A. BRANDERBURGER
307. Arte asirio-babilónico	E. UNGER
308. Mitología nórdica	E. MOGK
309. Arte egipcio	H. A. KEES
310. Fundamentos de la Política	H. V. ECKARD
311. Vida económica de los pueblos	F. KRAUSE
313. Educación de la mujer contemporánea	V. MARGUET
314. El Eneide en España	C. BAROJA
315-316. Historia de las Artes Industriales, II	G. LEHNERT
317-318. Esmaltes españoles	V. JUARISTI
319. La tonadilla escénica	J. SUBIRÁ
320. Heráldica	A. ARMENGOL
321. Geografía de Australia y Nueva Zelanda	G. A. MELON
322. Derecho musulmán	J. LÓPEZ ORTIZ
323. Sociología	L. VON WIESE

CENTRO DE DOCUMENTACION
MANUALES ESCOLARES

ÍNDICE DE LOS MANUALES PUBLICADOS

324-325. Geografía de la Europa Central, I	F. MACHATSCHKE
326-327. Geografía de la Europa Central, II	F. MACHATSCHKE
330. La escuela nueva (2.ª ed.)	L. FILHO
331. Anormalidades mentales y educabilidad de niños y jóvenes (2.ª ed. en preparación)	ERICH STERN
332. Historia de la Química	HUGO BAUBER
333. Psicotecnia (2.ª ed. en preparación)	FRITZ GIESE
334-335. Arqueología clásica	J. RAMÓN MÉLIDA
336-337. Historia de la Arquitectura española	ANDRÉS CALZADA
338. Cerámica española	M. GONZÁLEZ MARTÍ
339. Psicología del delincuente	P. POLLITZ
340-341. Física experimental, I	R. LANG-B. CABRERA
342. Derecho administrativo	LUDWIG SPIEGEL
343-344. Derecho civil	P. OERTMANN
345. Doctrina social católica (2.ª ed.)	CUERVO-ARTAJÓ
346. La situación espiritual de nuestro tiempo	KARL JASPERS
348. Historia de Suiza	ANTON LARGIADÉR
351. La herencia biológica	G. JUST
352-353. Historia de la Física	A. KISTNER
354. Educación cívica	G. KERSCHENSTEINER
355. Práctica de la orientación profesional	A. CHELUSEBAIGUE
356-357. Los ornamentos sagrados en España	A. P. VILLANUEVA
358-359. Historia del grabado	F. ESTEVE BOTET
360. Estética	F. CHALLAYE
361-362. Historia de la Filosofía (2.ª ed. en preparación)	E. V. ASTER
363-364. Rogerio Bacon	A. AGUIRRE
365. Pedagogía sistemática	W. FLINER
366. Psicología pedagógica	O. KLEMM
367-368. Los orígenes neolatinos	SAVI-LÓPEZ
369-370. Historia del Arte ruso	V. NICOLSKY
371-372. Historia del Arte hispano-americano	MIGUEL SOLÁ
373-375. La Revolución Francesa, I-II-III	A. MATHIEZ
376-377. La Riqueza	EDWIN CANNAN
378-379. La Economía nueva	MAURICE COLBOURNE
380. Teoría económica de las explotaciones (2.ª ed. en preparación)	K. MELLEROVICZ
381-382. Filosofía moral	FÉLICIEN CHALLAYE
383. Introducción a la Lógica moderna	DAVID GARCÍA
384-385. Derecho español del Trabajo	A. GALLART
386. Teoría del proceso	J. GOLDSCHMIDT
387-388. Derecho internacional privado	M. WOLFF
389. La Ley, de Santo Tomás de Aquino	C. FERNÁNDEZ ALVAR
390. Metodología de las ciencias	FÉLICIEN CHALLAYE
391-392. Arte precolombiano	MIGUEL SOLÁ
393. Los Incas	A. CAPDEVILA
394. Un milenio de vida griega antigua	E. BETHE
395-396. Introducción al estudio de la Historia	E. BERNHEIM
397. Teoría y prácticas ornamentales	F. PÉREZ DOLZ
398. Filosofía del Derecho	M. E. MAYER
399-400. Introducción a la Ciencia financiera	K. ENGLIS
401-402. La Poesía lírica española	G. DÍAZ-PLAJA
403. Los mayas	M. SOTO-HALL
404. Introducción al estudio de la Música	J. J. MATECÓN
406. El Ritmo en la educación de la infancia	J. LLONGUERAS
407. El Atlántico	W. SIEWERT
408-409. La Música religiosa en España	A. ARAIZ MARTÍNEZ
410-411. Historia de la Economía, II	H. STEVINGK
412-413. Historia del Romantismo en España	J. GARCÍA MERCADAL
414. Organización y eficiencia profesional	J. VICENS CARRIÓ

NUEVOS VOLÚMENES EN PREPARACIÓN

