D. E. HOJA Y O. CENDRERO

ELEMENTOS DE BIOLOGÍA

GENERAL Y ESPECIAL

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ELEMENTOS
DE
BIOLOGIA

Instituto San Isidro de Madrid 2008

0054

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ELEMENTOS

DE

BIOLOGÍA

GENERAL Y ESPECIAL

Instituto San Isidro de Madrid 2008

DE ORESTES CENDRERO CURIEL

TROZOS DE HIGIENE MODERNA

Son unas nociones de divulgación científica, muy útiles para toda aquellas personas que no hayan estudiado esta rama de la Ciencia en al gún Centro docente, puesto que en dichos TROZOS hallarán las principale reglas para prevenirse contra el contagio de las enfermedades más fre cuentes, etc., etc., según puede deducirse por los títulos de los folleto que constituyen la colección completa, y que se enumeran a continuación

TÍTULOS Y PRECIOS DE CADA UNO DE LOS FOLLETOS QUE CONSTITUYEN LA COLECCIÓN COMPLETA

		Pesetas
FOLLETO	1.—*Qué son los microbios, cómo viven y cómo se desarrollan.*	0,5
—	2.—*Esterilización y desinfección.*—Procedimientos sencillos para desinfectar objetos, etc.	0,5
—	3.—*Conceptos de los términos etiología, profilaxis, invasión, infección, receptividad, inmunidad, incubación, endemia, epidemia y pandemia*	0,30
—	4.—*La tuberculosis.*—Con los principales procedimientos para destruir *las moscas*, que tanto contribuyen a la propagación de ésta y demás enfermedades.	0,75
—	5.—*La fiebre tifoidea o tifus abdominal.—Las fiebres paratifoideas.—El tifus exantemático o tabardillo*	0,40
—	6.—*La gripe.—La tos ferina.*	0,30
—	7.—*Las fiebres eruptivas (viruela, sarampión y escarlatina)*	0,30
—	8.—*La difteria.—La pulmonía y la bronconeumonía.*	0,30
—	9.—*La meningitis cerebro-espinal.—La parálisis infantil.*	0,30
—	10.—*La encefalitis letárgica.—La erisipela.—La gangrena.*	0,30
—	11.—*El carbunco.—El tétanos.—El muermo.*	0,30
—	12.—*El cólera.—La peste.*	0,30
—	13.—*La fiebre amarilla.*—Con los principales procedimientos para destruir las larvas de los mosquitos o agentes transmisores de esta enfermedad, del paludismo, etc.	0,40
—	14.—*El paludismo.*	0,30
—	15.—*La rabia.*	0,30
—	16.—*La sífilis.—La disentería.*	0,30
—	17.—*Higiene del sistema muscular.*	0,30
—	18.—*Higiene del sistema nervioso.—El sueño.*	0,30
—	19.—*Higiene de la piel y del pelo.*	0,30
—	20.—*Higiene del olfato, gusto, vista y oído.*	0,30
—	21.—*Higiene de la boca, dientes y faringe.*	0,30
—	22.—*Higiene de la digestión.—Acción del tabaco sobre el aparato digestivo.*	0,30
—	23.—*El agua: su grado de potabilidad según su procedencia: su purificación.*	0,30
—	24.—*La leche.—Las bebidas aromáticas (café, mate, coca, etc.): su acción sobre el organismo.*	0,30
—	25.—*Las bebidas alcohólicas (vinos, cervezas, licores, etc.).—Alcoholismo y su profilaxis.*	0,40
—	26.—*Alimentos vegetales y animales: su valor nutritivo.*	0,40
—	27.—*Enfermedades que pueden adquirirse por intermedio de los alimentos vegetales (quiste hidatídico, etc.)*	0,40
—	28.—*Enfermedades que pueden adquirirse por intermedio de los alimentos animales (solitarias y triquina)*	0,40
—	29.—*La alimentación insuficiente y la sobrealimentación.—Los condimentos.—Las conservas.—Los utensilios de cocina.*	0,30
—	30.—*Higiene del aparato circulatorio: acción del tabaco sobre el mismo.*	0,30
—	31.—*Higiene del aparato respiratorio: acción del tabaco.—Capacidad y ventilación de las habitaciones.*	0,30
—	32.—*El calor del cuerpo.—Los vestidos.*	0,40
—	33.—*Los baños.—Las viviendas.*	0,30
—	34.—*Los retretes.—Los pozos negros y su desodorización.—Las alcantarillas.*	0,40
—	35.—*Higiene de los niños (1.ª y 2.ª infancia y puericia)*	0,50
—	36.—*Las calles: su pavimentación y limpieza.—Las basuras.*	0,50

De venta en las principales librerías de España y América.

Cada folleto se vende separadamente, tanto por unidad como en grandes cantidades

Para pedidos al por mayor, dirigirse al autor.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ELEMENTOS
DE
BIOLOGÍA
GENERAL Y ESPECIAL

POR

ENRIQUE RIOJA LO BIANCO
DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

EX-CATEDRÁTICO, POR OPOSICIÓN, DE HISTORIA NATURAL
Y FISIOLOGÍA E HIGIENE EN VARIOS INSTITUTOS.
CATEDRÁTICO, TAMBIÉN POR OPOSICIÓN, DE HISTORIA NATURAL
DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL MAGISTERIO Y EN
EL INSTITUTO NACIONAL DE SAN ISIDRO (MADRID).
JEFE DE LA SECCIÓN DE ANIMALES INFERIORES Y MOLUSCOS DEL MUSEO
NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES.
SECRETARIO DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL

Y

ORESTES CENDRERO CURIEL
DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

EX-ENCARGADO DE LOS CURSOS PRÁCTICOS DE ORGANOGRAFÍA Y FISIOLOGÍA COMPARADAS
EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID.
EX-PENSIONADO POR EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES Y JUNTA PARA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS
E INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS EN LA ESTACIÓN DE BIOLOGÍA MARÍTIMA DE SANTANDER.
INDIVIDUO DE LA COMISIÓN EXPLORADORA DE LAS COSTAS DEL NORTE DE ÁFRICA, ENVIADO POR EL MUSEO
NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES DE MADRID Y LABORATORIO BIOLÓGICO MARINO DE BALEARES
CORRESPONDIENTE DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HIGIENE Y DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE BIOLOGÍ
EX-AUXILIAR DE MINERALOGÍA Y BOTÁNICA Y ZOOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
EX-CATEDRÁTICO, POR OPOSICIÓN, DE HISTORIA NATURAL Y FISIOLOGÍA E HIGIENE EN EL INSTITUTO
NACIONAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE HUELVA.
Y ACTUALMENTE CATEDRÁTICO, TAMBIÉN POR OPOSICIÓN, DE DICHA ASIGNATURA
EN EL INSTITUTO NACIONAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE SANTANDER.

PRIMERA EDICIÓN

Esta obra no ha sido presentada al concurso de libros de texto

PRECIO: TREINTA Y DOS PESETAS

SANTANDER
1930

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ES PROPIEDAD DEL AUTOR, QUIEN SE RESERVA, EN TODOS LOS PAÍSES, LOS DERECHOS DE REPRODUCCIÓN DE TEXTO Y GRABADOS, DE ADAPTACIÓN Y DE TRADUCCIÓN

Títulos y precios de las obras didácticas de O. Cendrero.

	Pesetas
Elementos de Anatomía y Fisiología, *8.ª edición*	12,00
Elementos de Higiene, *8.ª edición*	6,00
Nociones de Anatomía, Fisiología e Higiene, *7.ª edición.*	8,00
Lecciones de Anatomía, Fisiología e Higiene, *2.ª edición*	16,00
Geología, *5.ª edición.*	8,00
Botánica, *5.ª edición*	8,00
Zoología, *5.ª edición*	9,00
Nociones de Historia Natural, *5.ª edición*	12,00
Lecciones de Historia Natural, *2.ª edición.*	14,00
Biología *(en colaboración con el Dr. E. Rioja).*	30,00
Elementos de Biología general y especial *(en colaboración con el Dr. E. Rioja).*	32,00
Prácticas elementales de Biología *(en colaboración con el Dr. E. Rioja).*	12,00
Prácticas elementales de Anatomía y Fisiología *(en colaboración con el Dr. E. Rioja)*	8,00
Elementos de Geología *(en colaboración con el Dr. F. Navarro)*	32,00
Prácticas de Mineralogía y Geología *(en colaboración con el Dr. J. Royo)*	15,00
Clave mineralógica *(en colaboración con el Dr. J. Royo).*	3,00

ALDUS, S. A. DE ARTES GRÁFICAS. SANTANDER

Instituto San Isidro de Madrid 2008

PRÓLOGO

La benévola acogida que entre nuestros compañeros de profesorado tuvo la obra titulada BIOLOGÍA (1927) de que somos Autores, editada con premuras inevitables de tiempo, nos ha decidido a la publicación de esta obra, en la que aquélla se corrige y complementa.

El libro que hoy ofrecemos a la consideración del público tiene por principal fin el facilitar la labor del estudiante de la Sección de Ciencias del Bachillerato Universitario, que encontrará reunido en él las nociones fundamentales y los conocimientos biológicos elementales con los que puede contestar al Cuestionario Oficial vigente, base de sus futuros exámenes.

Debemos, sin embargo, confesar, que no resignándonos a que nuestra obra tenga la vida efímera que le tiene trazada la no lejana aparición del texto oficial único, hemos procurado buscar una esfera más amplia de difusión. Con este propósito hemos incluído en las páginas que siguen asuntos y problemas que estimamos fundamentales para la formación cultural de todos aquellos que se interesen por las Ciencias biológicas y, que no obstante, no están comprendidos en el Cuestionario vigente.

En este caso se encuentran el problema biológico del sexo y la sexualidad, las doctrinas acerca del origen de las especies y la de la variación, cuyo conocimiento estimamos imprescindible para escolares que, en lo futuro, han de seguir cultivando el campo de la ciencia.

Por la misma razón no hemos prescindido en Botánica de eslabones evolutivos tan fundamentales como las Muscíneas y las Criptógamas fibroso-vasculares, sin los cuales no es posible dar una visión exacta de la unidad del Reino vegetal en lo que a su reproducción se refiere. Ni en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Zoología hemos dejado al margen capítulos tan interesantes como el de l os Celentéreos o Pólipos y el de los Equinodermos.

Por otra parte, hay muchos epígrafes que aparentemente aparecen suprimidos en el Cuestionario Oficial modificado; pero que en realidad, no lo están: tal ocurre, por ejemplo, en Biología, con «La fecundación», de la que no puede dejarse de hablar al tratar del tema «La reproducción sexual», y en Botánica con «Gimnospermas» y «Angiospermas», cuyo estudio nos parece imprescindible hacer por existir un epígrafe titulado «Fanerógamas: estudio especial de la flor y de la reproducción», a continuación de otro que dice «Botánica descriptiva».

Para simplificar la labor del estudiante hemos creído conveniente adoptar dos tipos de letra; uno mayor para las cuestiones que taxativamente se exigen en el Cuestionario Oficial modificado, y otro más pequeño para aquellas que parece que no se piden en el referido Cuestionario y para las que añadimos nosotros y que, por lo tanto, no han de ser materia de examen en las pruebas oficiales.

Hemos de prevenir al lector respecto al lenguaje empleado en algunos capítulos de esta obra (Ecología y Distribución geográfica, principalmente). Deseosos siempre de que la ciencia aparezca, en lo posible, grata y atractiva para aquellos que hacen en ella sus primeras armas, hemos procurado emplear un lenguaje quizá excesivamente finalista, que estimamos más rico en sugestiones que el que se ajusta estrictamente a los últimos descubrimientos de los investigadores. Los párrafos dedicados a la defensa de los animales, mimetismo, asociaciones biológicas, etc., ganan con ello en vigor y colorido, sin que por eso nos apartemos grandemente de la verdad.

En todo momento hemos procurado dar una ilustración lo más selecta posible para que el lector encuentre aclarado en el documento gráfico aquello que la pluma quizá no acierte a describir con la precisión requerida.

Las circunstancias desfavorables por que atraviesan los libros dedicados a la Segunda Enseñanza y editados privadamente, nos obliga a que éste salga con algunos defectos, que en otras circunstancias hubiéramos procurado subsanar.

E. RIOJA Y O. CENDRERO

Santander, octubre 1929.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

BIOLOGIA

CONCEPTO DE LA BIOLOGÍA
CIENCIAS BIOLÓGICAS
CIENCIAS AUXILIARES

Desde la más remota antigüedad, el hombre conoce hechos y fenómenos referentes a su propia actividad vital o a la de los seres vivientes que le rodean, pero se puede afirmar que estos conocimientos inconexos no han formado una verdadera ciencia hasta época relativamente reciente.

Dos insignes naturalistas, Lamarck y Reinhold Treviranus, en 1802, emplean simultáneamente la palabra *Biología* para expresar con ella el conjunto de conocimientos referentes a los seres vivos y, aun mejor, a los fenómenos íntimos de la vida.

La *Biología*, en su sentido más amplio, es la ciencia que estudia la vida. Como se ve por esta definición, el término Biología es sumamente impreciso, ya que los seres vivos pueden ser estudiados desde los puntos de vista más diversos. Todo aquello que se refiere a una planta o a un animal caería bajo el dominio de la Biología; pero realmente en la práctica el campo de esta ciencia está mucho más restringido. Así, la Patología, la Sociología, la Higiene, etc., son ciencias que, no obstante tener marcadas relaciones con la Biología, y aun algunas de ellas sus bases científicas, gozan de métodos y medios propios que las hacen independientes. Así y todo, el dominio de la ciencia de la vida es muy vasto, encerrando múltiples ramas íntimamente ligadas entre sí.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La Biología, al enfocar sus problemas hacia aquellos fenómenos que son comunes a los animales y a las plantas, a todos los seres vivos, en una palabra, da lugar a la llamada *Biología general.* Los seres vivos no tienen diferencias fundamentales entre sí, todos ellos coinciden en lo esencial, siquiera haya modalidades peculiares que son base de la división en animales y vegetales.

La Biología general puede dividirse en *Morfología* y *Fisiología*, según que se ocupe de los seres vivos de un modo meramente estático o, por el contrario, de un modo activo y dinámico; es decir, funcionando. Las leyes generales fisiológicas y morfológicas pueden establecerse estudiando un fenómeno en un ser determinado o, lo que es más generalmente seguido, observando el mismo fenómeno en varios seres vivos y estableciendo las analogías y las diferencias que en ellos existen. Del empleo de este método han nacido la *Morfología* y la *Fisiología comparadas.*

La *Morfología* puede ocuparse de la teoría de la forma y de los elementos químicos o biológicos constitutivos de los seres vivos, naciendo así la *Morfología general*, la *Estequiología*, si analiza los elementos químicos que entran a formar parte de la materia viviente; la *Citología*, si estudia la célula, y la *Histología*, si son los tejidos el campo de su actividad. La *Morfología especial*, *Organografía* o *Anatomía*, se ocupa del estudio descriptivo de los órganos que integran los diversos seres vivientes.

La *Fisiología general* se ocupa de las actividades comunes de los diversos seres vivos o la de sus células y tejidos. Se puede decir que en el estado actual de nuestros conocimientos la Fisiología celular es resumen y compendio de cuanto se sabe de Fisiología general. La *Fisiología especial* se refiere concretamente a la dinamicidad de determinados órganos, sistemas o aparatos.

Si el biólogo se ocupa del estudio del desarrollo del ser, adquirirá una serie de conocimientos que se conocen con el nombre de *Embriología* u *Ontogenia.*

Durante mucho tiempo la Biología ha sido una ciencia meramente descriptiva; pero, gracias a los esfuerzos de numerosos hombres de ciencia, se ha introducido el método experimental en su dominio. Infinidad de conquistas debemos hoy a este método fecundo, hasta el punto que ningún investigador desdeña las enseñanzas que la biología experimental le proporciona.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

De la necesidad de agrupar y clasificar los seres vivos nace la *Taxonomía*. La rama que se ocupa de los vegetales se denomina *Botánica*, y la que atiende a los animales, *Zoología*. Parte destacada de la Zoología, como ciencia en cierto modo independiente, es la *Antropología*, que estudia al hombre y a los grupos humanos desde un punto de vista histórico natural.

El estudio de la distribución sobre la superficie de la Tierra de los seres vivos constituye la *Biogeografía*, y la *Palentología* el de su distribución y seriación en el tiempo desde la aparición de la vida sobre la Tierra hasta la época actual. Una rama de la Biología que en estos últimos tiempos ha tomado gran importancia, es la *Ecología*, que se ocupa de la actividad de los seres vivos en relación con las circunstancias que les rodean.

Muchas son las ciencias auxiliares de la Biología, pero concretamente las más directamente relacionadas con ella son las restantes ciencias naturales. La Química y la Física han prestado poderoso auxilio a la ciencia de la vida, a fin de interpretar los procesos íntimos de fenómeno vital y la constitución de la materia viviente.

La *Química* y la *Física biológicas* son hoy conocimientos indispensables a todo biólogo; otro tanto pudiera decirse de la físico-química de la materia viviente. La aplicación a los fenómenos vivientes de los datos del cálculo ha dado nacimiento a la *Biometría*, que de día en día adquiere más importancia, ampliando constantemente el marco de su actividad.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

NOCIONES ELEMENTALES DE QUÍMICA BIOLÓGICA

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MATERIA VIVA

Un grupo numeroso de biólogos y naturalistas admiten que los seres vivientes, y, por tanto la materia viva, están regidos exclusivamente por las mismas leyes y principios, por las mismas fuerzas y formas de la energía que dirigen y regulan el mundo inorgánico; otros, por el contrario, suponen que el secreto de la vida está en un cierto principio o fuerza vital, irreductible a las leyes de la física y de la química, y que, por tanto, escapa a la investigación de físicos y químicos, por ser inadecuados para su estudio los métodos que éstos emplean en sus laboratorios.

Una de las razones que inducía a los hombres de ciencia, a principios del siglo XIX, a admitir la fuerza vital, era el hecho de que los químicos no habían logrado obtener por síntesis perfecta ni uno solo de los compuestos elaborados por la materia viviente. Este argumento perdió gran fuerza con la síntesis de la urea realizada por Wohler en 1828 y posteriormente aún más por la obtención de gran número de sustancias existentes en los animales y en los vegetales, algunas tan interesantes como la adrenalina, en 1904, y la tirosina, en 1920, sustancias elaboradas, respectivamente, por las glándulas suprarrenales y por el tiroides.

Cualquiera que sea la opinión que los biólogos sustenten al interpretar los fenómenos vitales biológicos, todos ellos están conformes en que innumerables procesos están presididos por los mismos principios físico-químicos que intervienen en la actividad de la materia inorgánica o inerte; así, nadie duda de que la digestión tiene un carácter físico-químico o que la marcha de los rayos luminosos en el ojo obedece a las leyes que la óptica enseña.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

No obstante esto, es evidente que las transformaciones materiales que en los seres vivos se producen tienen una peculiar fisonomía, un particular modo de ser. De aquí que la rama de la Química que estudia más especialmente los cambios químicos que en los organismos tienen lugar se denomine *Química Biológica*, *Bioquímica* o *Química de la materia viviente*, como también pudiéramos llamarla.

Como fácilmente se comprende, no es posible emprender este estudio sin conocer los elementos y compuestos químicos que entran a formar parte de la materia viva y su comportamiento y propiedades ante las manifestaciones vitales. Pero este conocimiento no puede ni debe circunscribirse a la enumeración y descripción de tales cuerpos, sino que habrá de extenderse a cómo estas sustancias se agrupan entre sí, cómo se originan y cómo actúan en los fenómenos biológicos en que intervienen.

Elementos biogenésicos.—La materia viva está formada por un determinado número de *elementos químicos* o *cuerpos simples*, que son los mismos que aparecen en la materia mineral o inerte, sin que uno tan solo de los que constituyen los seres vivos deje de encontrarse en los compuestos inorgánicos. El análisis químico ha demostrado que los seres vivos están formados por combinaciones de los elementos químicos que más abundan en la atmósfera, en las aguas y en las rocas exteriores de la corteza terrestre.

Estos elementos químicos o cuerpos simples que entran a formar parte de los seres vivos se conocen con el nombre de *elementos biogenésicos* (gr. *bios*, vida; *génesis*, origen), y si bien varían de un ser a otro, puede afirmarse que ocho de ellos son constantes en toda materia viviente; éstos son el Hidrógeno (H.; p. a. 1), el Carbono (C.; p. a. 12), Nitrógeno (N.; 14), Oxígeno (O.; 16), Magnesio (Mg.: 24), Fósforo (P.; 31), Azufre (S.; 32) y Potasio (K; 39). Además de éstos existen otros seis que, sin ser imprescindibles, se los encuentra muy frecuentemente en un gran número de seres, y éstos son el Sodio (Na.; 23), Silicio (Si.; 28), Cloro (Cl.; 35), Calcio (Ca.; 40), Manganeso (Mn.; 55) y Hierro (Fe.; 56); y, por último, otros seis, Flúor (Fl.; 19), Aluminio (Al.; 27), Cobre (Cu.; 63), Bromo (Br.; 80), Estroncio (Str.; 87) y Yodo (Y.; 127), que sólo se hallan de un modo excepcional.

Un examen atento de estos elementos nos demuestra que, efectivamente, según se ha dicho, son los que predominan en las capas exteriores de la Tierra. No es extraña esta coincidencia, puesto que «cualquiera

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que haya sido el origen de la vida es evidente que hubo de estatuirse sobre la base material que estaba a su inmediato alcance, asimilando en la gradación de sus necesidades los elementos químicos del medio ambiente, es decir, los de la atmósfera y los predominantes en la constitución del suelo» (*).

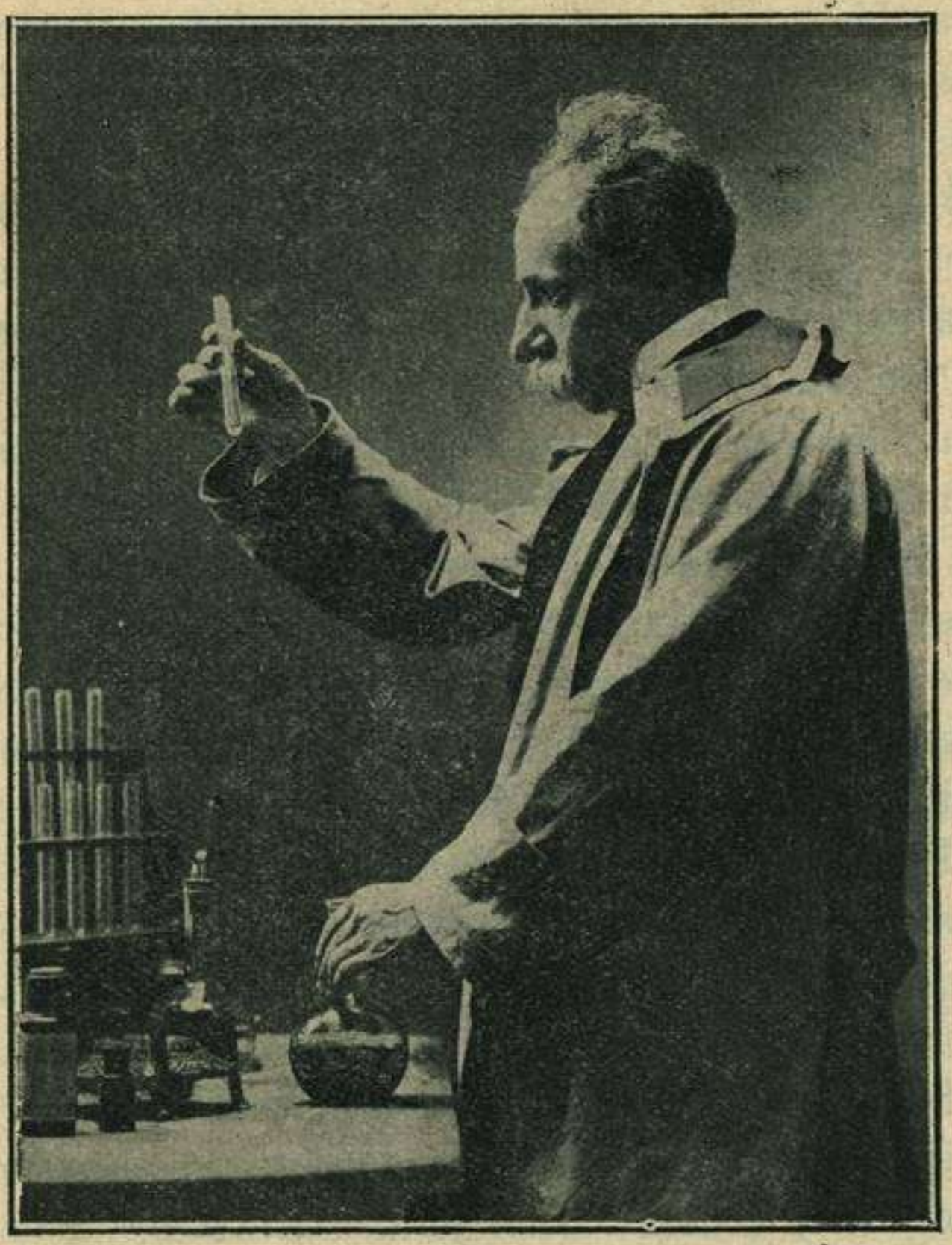


Fig. 1.—Doctor José R. Carracido, ilustre bioquímico español (1856-1928). (Fot. comunicada por Padró).

Se echa de ver que la casi totalidad de los elementos biogenésicos tienen un escaso peso atómico. De los del segundo grupo es el hierro en el que lo tiene más elevado, ya que alcanza la cifra de 56, y en el tercer grupo sólo le superan cuatro: el cobre, el bromo, el estroncio y el yodo, que son verdaderas rarezas en los compuestos que forman parte de la materia viviente.

Esta circunstancia es altamente favorable y se aviene perfectamente al modo peculiar de ser de la materia viva, ya que los elementos químicos de peso atómico poco elevado dan lugar a compuestos muy solubles y de gran calor específico (**).

El poseer gran calor específico es esencial para los cuerpos que forman parte de la materia viva, ya que en ellos los cambios térmicos son

(*) Del Tratado de Química biológica, por D. José R. Carracido, sabio bioquímico español (1856-1928) que fué Catedrático y Rector de la Universidad de Madrid *(fig. 1)*.

(**) Según la ley de Dulong y Petit, el calor específico de los elementos químicos está en razón inversa de sus pesos atómicos. Los compuestos tienen un calor específico que está en relación con el de los elementos que los integran, por cuya razón los formados por elementos ligeros, como son precisamente los biogenésicos, tienen un calor específico muy elevado.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

más lentos y graduales, según conviene al modo como los procesos biológicos se producen, y además porque encierran a una determinada temperatura mayor cantidad de calor que los compuestos de calor específico más bajo.

La gran solubilidad de los compuestos formados por elementos de escaso peso atómico es de gran importancia en los cambios químicos vitales, que requieren que las sustancias que en ellos intervienen sean solubles.

Es digno de atención que el carbono, que es uno de los elementos más importantes que entra a formar parte de la mayoría de los compuestos orgánicos, es tetravalente, por lo que es capaz de formar compuestos muy complejos, a lo que contribuye además el que pueda unirse a otros átomos de carbono y formar a la vez combinaciones con los elementos electropositivos y electronegativos. Por estas y otras razones, las moléculas de los compuestos orgánicos son con frecuencia sumamente complicadas, gozando de una considerable inestabilidad, como conviene a la perpetua actividad e inquietud constante de la materia viva.

Principios inmediatos.—Los elementos biogenésicos anteriormente citados, combinados generalmente en formas diversas y más rara vez solos, dan lugar a los *principios inmediatos*. Son éstos, según la breve y precisa definición del doctor Cajal, «aquellos cuerpos simples o compuestos, separables por medios puramente físicos, y de cuya mezcla, en proporciones determinadas, están construídas las células y los tejidos. Lo que caracteriza, por tanto, a los principios inmediatos no es su naturaleza, pues los hay orgánicos e inorgánicos, ni su complejidad, pues los hay simples, como el oxígeno, y complicadísimos, como la albúmina, sino el doble atributo de ser cuerpos anatómicamente disociables y de constituir la materia de que están modelados los seres vivientes» (*). De la definición se desprende que hay principios inmediatos comunes a los reinos inorgánico y orgánico; en tanto que un gran número de ellos se encuentran exclusivamente formando parte de los seres orgánicos.

Los principios inmediatos los agrupamos para su estudio del siguiente modo: *agua* y *materias minerales*, *compuestos ternarios* o formados por C. O. y H. (dentro de los cuales se comprenden los hidratos de car-

(*) Del *Manual de Histología normal*, por D. Santiago Ramón y Cajal, eminente catedrático (jubilado) de Histología y Anatomía patológica en la Facultad de Medicina de la Universidad de Madrid. De renombre mundial por sus notabilísimos trabajos sobre Histología en general y particularmente sobre el sistema nervioso.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bono y las grasas) y *compuestos nitrogenados*, en los que además de los elementos que existen en los ternarios se encuentra también, por lo menos, el nitrógeno; entre estos compuestos se admiten los lipoides y los albuminoides, con los amino-ácidos y los polipéptidos.

AGUA Y MATERIAS MINERALES.—El agua es un componente esencial e indispensable para la vida, sin que ésta sea posible en un medio anhidro, ya que en estas condiciones no pueden verificarse los fenómenos vitales.

Los seres vivos contienen, aproximadamente y por término medio, el 50 por 100 de su peso en agua, existiendo algunos animales marinos, como las medusas, y ciertos vegetales en que esta proporción se eleva hasta cerca de un 98 por 100. Es curioso que de los diversos tejidos que forman el cuerpo humano, la sustancia gris del cerebro, aquello que pudiéramos considerar lo más noble de todo el sistema nervioso, tiene hasta el 85,8 por 100 de agua.

Si el agua disminuye en los seres vivos, bien por desecación o por ósmosis, la actividad vital comienza a disminuir paulatinamente de un modo paralelo, llegando a su completa anulación cuando la desecación alcanza un grado determinado. Cuando esta pérdida no produce daños irreparables, la actividad se recupera a medida que el organismo vuelve a reponer el agua que antes perdiera. Este es el caso de las semillas que permanecen inactivas, en un estado especial que se denomina de vida latente, hasta que la absorción del agua del terreno rompe su inercia y comienza el intenso período de la germinación. Algunos Rotíferos que viven en los musgos y los infusorios que habitan en charcos poco extensos, susceptibles de desaparecer por evaporación, están en el mismo caso. A medida que la evaporación avanza, su materia viva se retrae, pierde su primitiva organización, y estos diminutos seres se protegen por una cubierta o quiste que impide que la desecación del protoplasma avance, aunque puede desaparecer totalmente el charco en que antes vivieron. Cuando las condiciones son de nuevo favorables, porque exista agua en abundancia, ésta penetra dentro del quiste y el Rotífero o el Infusorio ofrecen el curioso fenómeno de la *reviviscencia*, o sea una especie de resurrección que le hace abandonar su estado de vida latente, situación especial de muerte aparente en la que la actividad vital no se acusa al exterior por el más leve movimiento.

Este fenómeno tiene únicamente lugar cuando la desecación no ha

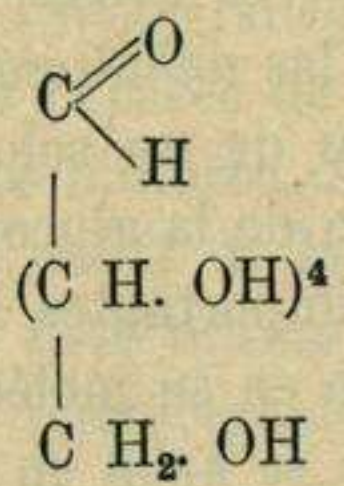
Instituto San Isidro de Madrid 2008

narios, llamados también *oxihidrogenados*, están formados por carbono, oxígeno e hidrógeno. Dentro de ellos son los más importantes los *hidratos de carbono* y las *grasas*. A continuación de las grasas estudiamos los *lipoides* por sus afinidades de composición, no obstante de que muchos de ellos tienen fósforo y nitrógeno en su molécula.

a) Los hidratos de carbono o glúcidos.

Entre los hidratos de carbono típicos, uno de los más conocidos es el azúcar de uva o glucosa, cuya fórmula es $C_6\ H_{12}\ O_6$. Como se ve por el simple examen de esta fórmula, en este cuerpo el hidrógeno entra en proporción doble que el oxígeno, o sea en la relación necesaria para formar agua. Circunstancia a la que alude el nombre de hidratos de carbono con que estos compuestos se conocen. Por esto mismo se llaman también *sustancias hidrocarbonadas*.

Este carácter por sí solo no basta para definir estos cuerpos, ya que existen algunos otros en los que el oxígeno y el hidrógeno entran en igual proporción que en ellos y, sin embargo, no son hidratos de carbono. La fórmula desarrollada de la glucosa es la siguiente:



Ella nos enseña que este cuerpo es un polialcohol, con un grupo alcohólico primario (CH_2. OH) y cuatro secundarios $\left(\begin{array}{l}|\\(C\ H.\ OH^4),\\|\end{array}\right)$ a los que se añade el grupo aldehídico $\begin{array}{l}O\\\diagup\!\!=\\C\\\diagdown\\H\\|\end{array}$. Otros hidratos de carbono, como la llamada levulosa o azúcar de frutos, tienen igual fórmula global que la glucosa, o sea $C_6\ H_{12}\ O_6$; pero su fórmula desarrollada es distinta, como puede verse:

Instituto San Isidro de Madrid 2008

$$\begin{array}{l} C\ H_2.\ OH \\ | \\ (C\ H.\ OH)^3 \\ | \\ C\ O \\ | \\ C\ H_2.\ OH \end{array}$$

en la que comprobamos que se trata también de un polialcohol (2 grupos alcohólicos primarios $C\ H_2.\ OH$ y tres secundarios $(C\ H.\ OH)^3$ a más de un grupo cetónico $C\ O$ en vez del aldehídico que tiene la glucosa.

Estos dos ejemplos nos autorizan a definir de un modo más completo los hidratos de carbono, de los que diremos que son cuerpos ternarios con varios grupos alcohólicos (polialcoholes) con un grupo cetónico o aldehídico, en los que el oxígeno y el hidrógeno entran, como ya dijimos, en la proporción para formar agua.

Los hidratos de carbono más conocidos y de mayor importancia en la constitución de los seres vivos corresponden a tres grupos: los *monosacáridos*, los *disacáridos* y las *anhidrosas* o *polisacáridos*.

Los *monosacáridos* constan de un solo grupo molecular sencillo no hidrolizable (*) que en el caso de la glucosa es el $C_6\ H_{12}\ O_6$. Dentro de los monosacáridos, los más importantes son las llamadas exosas, por poseer seis átomos de carbono en su molécula, y dentro de ellos el más importante es la glucosa, que se halla en las uvas, en las cerezas y en la orina de los diabéticos. También pertenecen a este grupo la levulosa (azúcar de frutos o fructosa) y la galactosa.

Los *disacáridos* o *glucobiosas* son aquellos hidratos de carbono hidrolizables en los que se reúnen dos o más grupos moleculares sencillos con pérdida de una molécula de agua. Uno de los más importantes es el azúcar de caña o sacarosa, formado por dos moléculas de $C_6\ H_{12}\ O_6$ con la deshidratación consiguiente, por lo que su fórmula es $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$. Este azúcar se encuentra en la caña de azúcar y en la raíz de remolacha, de donde lo extrae la industria.

(*) Se dice de un cuerpo que es *hidrolizable* cuando por la acción de un ácido, de un álcali, un fermento, etc., se hidrata y se desdobla en otros más sencillos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Son disacáridos también la maltosa o azúcar de malta y la lactosa o azúcar de leche.

Los llamados *polisacáridos* o *anhidrosas*, también hidrolizables, son el resultado de la condensación de los monosacáridos con pérdida de varias moléculas de agua; así, de la condensación de la glucosa se considera derivado el almidón, que tiene por fórmula $(C_6\ H_{10}\ O_5)^5$, según la ecuación siguiente:

$$5\ C_6\ H_{12}\ O_6 - 5\ H_2\ O = (C_6\ H_{10}\ O_5)^5 + 5\ H_2\ O$$

Los polisacáridos más conocidos son el almidón, el glucógeno, la celulosa y la inulina.

Los hidratos de carbono son sintetizados por los vegetales en virtud de la función clorofílica a partir del anhidrido carbónico del aire y del agua mediante la acción de ciertas radiaciones luminosas. Como consecuencia de esta elaboración, las plantas desprenden oxígeno, con el que enriquecen y purifican la atmósfera.

No son únicamente las plantas verdes las que son capaces de utilizar los hidratos de carbono. Winogradsky descubrió hace años que algunas bacterias incoloras son capaces de fijar el carbono de los carbonatos, con el que fabrican los hidratos de carbono, merced a la acción del ácido nítrico, formado a partir de la oxidación del amoníaco o de los compuestos amoniacales. Este mismo autor demostró la síntesis de los hidratos de carbono por microorganismos que recurren a otros variados artificios.

Este hecho es de una importancia suma en biología, por lo que más adelante insistiremos sobre él, ya que explica el paso de los productos inorgánicos a orgánicos en virtud de una acción vital. Los animales en su nutrición utilizan los hidratos de carbono que las plantas elaboran, ya que ellos de por sí son incapaces de fabricar estos productos.

Los hidratos de carbono desempeñan en los animales el papel de combustibles, para lo cual se desdoblan y se oxidan hasta dar lugar, en último término, a anhidrido carbónico y vapor de agua. Estas sustancias, que son eliminadas de continuo por el pulmón, tienen su principal origen en el lento proceso de oxidación que los hidratos de carbono sufren en la intimidad de los tejidos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

b) Las grasas (*).

Al combinarse la glicerina, que es un polialcohol, con los ácidos orgánicos que se denominan grasos, se produce separación de agua y un compuesto que es una grasa. Son, por tanto, estos productos ésteres de la glicerina y un ácido graso.

La glicerina, que tiene tres grupos alcohólicos, es de la fórmula: $C_3\ H_5\ (OH)_3$, que desarrollada es como sigue:

$$\begin{array}{l} C\ H_2.\ OH \\ | \\ C\ H.\ OH \\ | \\ C\ H_2.\ OH \end{array}$$

Entre los ácidos grasos más frecuentes podemos mencionar el esteárico, cuya fórmula es $C_{17}\ H_{35}\ CO.\ OH$. Reaccionando tres moléculas de este ácido con la glicerina se separan tres moléculas de agua y se forma una grasa, que recibe el nombre de estearina, según la fórmula que expresamos a continuación:

$$\begin{array}{l} C\ H_2 - \boxed{OH + H}\ O - CO - C_{17}\ H_{35} \\ | \\ C\ H - \boxed{OH + H}\ O - CO - C_{17}\ H_{35} \\ | \\ C\ H_2 - \boxed{OH + H}\ O - CO - C_{17}\ H_{35} \end{array} = 3\ H_2O + \begin{array}{l} C\ H_2 - O - CO - C_{17}\ H_{35} \\ | \\ C\ H - O - CO - C_{17}\ H_{35} \\ | \\ C\ H_2 - O - CO - C_{17}\ H_{35} \end{array}$$

glicerina. — tres moléculas de ácido esteárico. — estearina.

Las grasas comunes son ésteres de la glicerina de tres ácidos grasos, el esteárico, el palmítico y el oleico: estas grasas se denominan *triestearina*, *tripalmitina* y *trioleína*, o bien sencillamente, *estearina*, *palmitina* y *oleína*. En los organismos las materias grasas son el resultado de la mezcla, en proporciones casi constantes, de estos tres ésteres. La trioleína es líquida, por lo que las grasas son tanto más blandas cuanto más abun-

(*) Según Bang y otros tratadistas modernos, las grasas y los lipoides se reúnen en un grupo común que recibe el nombre de *Lípidos*, el cual divide en lipoides ternarios o *grasas*, lipoides con algún otro elemento, además de C. H. y O., los cuales pueden ser no fosforados o *cerebrósidos* y fosforados o *fosfátidos*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dante es este compuesto; la grasa de carnero, que es muy dura, no contiene casi oleína y tiene, en cambio, gran proporción de estearina, que es sólida. En la manteca se encuentra, además de los tres ésteres glicéricos mencionados, otro formado por el ácido butírico.

Las grasas son más ligeras que el agua, blancas, inodoras e insípidas. Según acaba de decirse, son líquidas o sólidas, y en este último caso fusibles a temperaturas bajas; siempre son insolubles en el agua y solubles en el éter, en el cloroformo y en el sulfuro de carbono.

Las grasas se forman en los organismos vivos a expensas de las grasas que toman durante la alimentación y por efecto de la transformación de los hidratos de carbono y los albuminoides. Cuando las grasas se ponen en presencia de las bases, como la sosa o la potasa, de los ácidos o de ciertos fermentos, se desdoblan al recuperar el agua que perdieron, o sea por hidrólisis, como dicen los químicos, en glicerina y el ácido graso que se combina con aquellas bases, según la reacción siguiente:

$$\begin{array}{l} C_{15}H_{31}-CO-O-CH_2 \\ C_{15}H_{31}-CO-O-CH \\ C_{15}H_{31}-CO-O-CH_2 \end{array} + 3\,H_2O = \begin{array}{l} CH_2OH \\ CHOH \\ CH_2OH \end{array} + 3\,(C_{15}H_{31}-COOH)$$

tripalmitina + tres moléculas de agua = glicerina + tres moléculas de ácido palmítico.

Este proceso se denomina de *saponificación*, ya que la potasa o la sosa, al combinarse con el ácido graso, forman un jabón, o sea una sal correspondiente al ácido graso, que es soluble en el agua.

Este proceso de hidrólisis se produce en los organismos en virtud de unos fermentos llamados *lipasas*. En el tubo digestivo humano se vierte con el jugo pancreático, una lipasa denominada *esteapsina*, cuya acción hidrolítica se ve favorecida por la acción de la bilis, que, por ser alcalina, actúa al modo de las bases en el proceso de la saponificación.

Las grasas tienen la propiedad de que en una solución alcalina que contenga jabones se dividen en partículas muy finas formando una *emulsión*, circunstancia que al realizarse en el intestino por la influencia de las sales biliares, favorece la hidrolisis, ya que la división extrema de las partículas grasientas determina un considerable aumento de superficie, altamente favorable para que aquella reacción tenga lugar.

Las grasas desempeñan en el organismo el papel de sustancias de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

reserva, acumulándose en determinados órganos, de donde son movilizadas cuando son necesarias para ser utilizadas en la nutrición. Se encuentran en algunos líquidos orgánicos, como en la sangre, formando pequeñas partículas denominadas *hemoconias*, sólo visibles con el auxilio del ultramicroscopio.

b) Los lipoides.

Los lipoides son cuerpos que forman un grupo de constitución química no bien conocida, pero que tienen cierto parecido por sus propiedades y por su estructura con las grasas; sus distintas especies no tienen a veces semejanza de orden químico; pero, en cambio, su papel biológico es muy análogo.

Los lipoides parecen abundar, sobre todo, en las partes externas de las células y tienen una intervención en la absorción hasta el punto que, según la opinión de muchos bioquímicos actuales, el protoplasma no toma otras sustancias, de las que están en su inmediato contacto, que las que sean solubles en los lipoides que entran a formar parte de su membrana celular.

Un carácter general de los lipoides es que se disuelven en todas aquellas sustancias que, como el éter o el cloroformo, actúan como anestésicos.

Entre los lipoides más importantes están las *lecitinas*, que son sustancias que abundan en los elementos reproductores, como en los huevos de los animales y en las semillas en las plantas, o sea en aquellos en que la vida es extraordinariamente activa.

La lecitina fué extraída por primera vez de la yema del huevo, de donde toma su nombre *(lékithos*, yema de huevo).

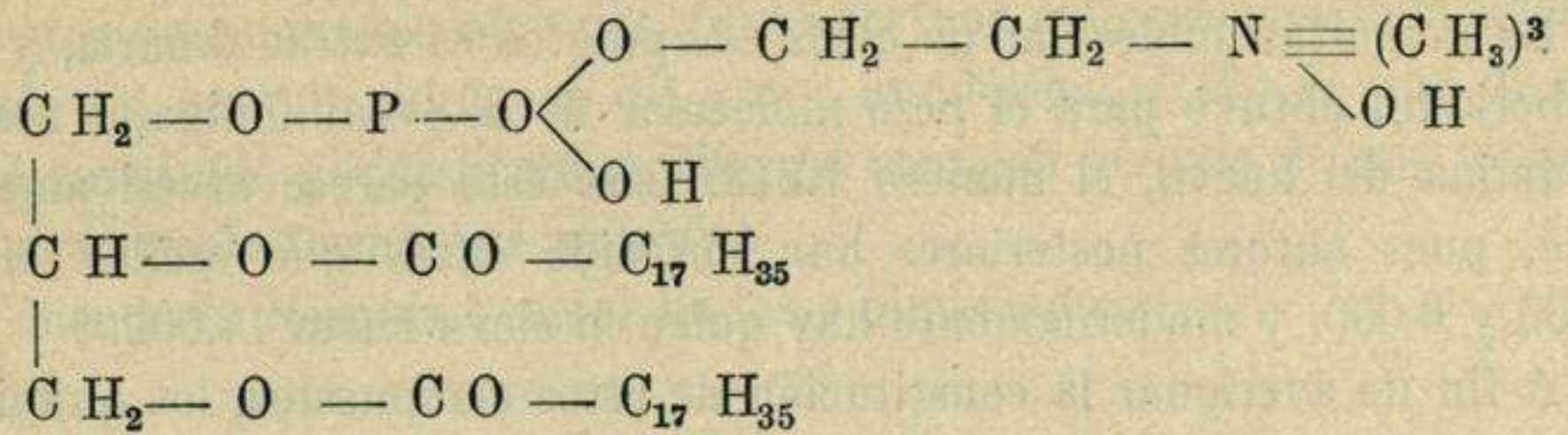
Las lecitinas son ésteres de la glicerina y de los ácidos grasos, en los que, además, existe el ácido fosfórico y una base denominada *colina*, que contiene nitrógeno.

Esquemáticamente la molécula de lecitina puede expresarse del siguiente modo:

glicerina — ácido esteárico.
glicerina — ácido oleico.
glicerina — ácido fosfórico. — colina.

cuya fórmula es la que sigue:

Instituto San Isidro de Madrid 2008



En los tejidos que forman la materia noble del sistema nervioso existen unos lipoides denominados *protagones*, que parecen estar formados por lecitinas y por ciertos lipoides no fosforados denominados *cerebrósidos*, a la que se asocian los llamados fosfátidos. Otro lipoide muy importante es la *colesterina*, que se encuentra muy difundida en los diversos órganos y tejidos de los seres vivos.

La importancia de los lipoides en la actividad vital parece que es considerable, hasta el punto que hay biólogos que atribuyen a la colesterina y a los cerebrósidos un papel muy importante antitóxico, neutralizando las sustancias nocivas que las bacterias patógenas producen. Los modernos estudios han demostrado la importancia capital que los lipoides tienen en la inmunidad de los organismos a los ataques de las bacterias.

COMPUESTOS NITROGENADOS.—En este grupo incluímos aquellos principios inmediatos en los que entra el nitrógeno en su composición, a más del carbono, del hidrógeno y del oxígeno, y otros como el fósforo, el azufre, etc.

Estudiaremos en este grupo los *albuminoides.*

a) Los albuminoides o *prótidos: su constitución. Los amino-ácidos* y *los polipéptidos.*

En la formación de todos los organismos intervienen unos compuestos de complejidad extraordinaria, llamados albuminoides, de cuyas propiedades depende, en gran parte, la peculiar actividad de la materia viviente.

La constitución de estas materias, denominadas también proteicas, es insuficientemente conocida para poder dar una clara definición química, como lo hemos hecho en el caso de los hidratos de carbono y en el de las grasas; pero, no obstante de ello, tienen determinadas afinidades y peculiares reacciones que justifican plenamente la admisión del grupo como tal entidad taxonómico-química.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La magnitud molecular de estos compuestos es extraordinaria, y así Lieberkühn obtuvo para el peso molecular de la ovoalbúmina, o sea la albúmina del huevo, el número 1.612; pero éste parece excesivamente bajo, pues autores posteriores han obtenido cifras que oscilan entre 5.800 y 6.000, y modernamente hay quien la eleva hasta 17.000.

A fin de averiguar la constitución de estos compuestos, los químicos han recurrido a delicados procedimientos de análisis y de síntesis.

Por el primero de estos procedimientos, y utilizando la disgregación producida por hidrólisis, se ha conseguido la simplificación de la molécula albuminoidea hasta obtener los llamados albumosas y peptonas, en los que aun se reconoce la naturaleza albuminoidea, no obstante su sencillez. Actuando de modo análogo sobre estos últimos compuestos, se ha conseguido obtener cuerpos de moléculas aun mucho más sencillas, que corresponden a los cuerpos llamados *animo-ácidos* que no poseen ya el carácter albuminoideo (glicocola, leucina, serina, tirosina, triptofano, etc., etc.)

Los amino-ácidos, según la expresión de los alemanes, son las piedras de construcción de los albuminoides *(bausteine)*. Tales compuestos, según indica su nombre, poseen un grupo amínico de función básica, y otro carboxílico de función ácida, como puede observarse en la molécula de la glicocola, que es el amino-ácido más sencillo de los conocidos.

$$NH_2 - CH_2$$
$$|$$
$$CO.\ OH$$

glicocola.

Los resultados del análisis están corroborados por lo que sucede en la actividad de los organismos, ya que las células vivas no utilizan directamente los albuminoides, sino que producen la degradación de éstos hasta obtener muchas veces los amino-ácidos. Tal es el caso de la digestión, en la cual aparecen estos compuestos.

Estas observaciones se completan con los trabajos de síntesis, efectuado por Fischer, célebre químico alemán, uno de los investigadores que han obtenido resultados más interesantes. Fischer ha logrado obtener amino-ácidos a partir de cuerpos muy sencillos, y, una vez alcanzado esto, ha conseguido ir reuniendo varios de estos cuerpos, originando com-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

puestos denominados péptidos, formados por amino-ácidos enlazados de modo tal que un hidrógeno del grupo amidógeno (NH_2) de uno de ellos está sustituído por radicales ácidos del otro con pérdida de una molécula de agua en la forma que se indica.

Siendo la fórmula general de los amino-ácidos

$$\begin{array}{l} NH_2 - R \\ | \\ CO\ OH, \end{array}$$

la de los péptidos será

$$\begin{array}{lll} NH_2 - R & & R - CO\ OH \\ | & & | \\ CO & - & NH \end{array}$$

Los péptidos reciben el nombre de polipéptidos, denominándose dipéptidos, tripéptidos, etc., según sea el número de amino-ácidos que intervienen en su formación. En sus notabilísimas investigaciones, Fischer ha logrado obtener polipéptidos formados hasta por 18 amino-ácidos, y dos discípulos de éste, Abderhalden y Fodor, han logrado sintetizar uno con 19. Estos polipéptidos tan complejos tienen ya propiedades que los acercan considerablemente a los verdaderos albuminoides, por lo que es de presumir verosímilmente que el núcleo fundamental de las moléculas albuminoideas esté constituído por polipéptidos sumamente complejos.

El lograr la síntesis de tales cuerpos es empresa de mayor empeño de lo que pudiera suponerse, requiriendo tal cantidad de operaciones que el obtener unos cuantos gramos supone cerca de un año de trabajos incesantes. Su coste es tan elevado que no ha sido posible a los investigadores alemanes proseguir sus trabajos sintéticos después de la guerra.

El gran tamaño de las moléculas de los albuminoides hace que estos cuerpos presenten constantemente el estado coloidal. (Véase más adelante) (*).

La existencia de amino-ácidos en las moléculas albuminoideas hace que estos compuestos tengan grupos carboxílicos (— CO — OH) que se

(*) Por esta causa, Ostwald aplica a estos cuerpos la denominación de *eucoloides*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

comportan como ácidos y grupos (— NH_2) que actúan como base. Por este doble comportamiento se dice que la reacción de los albuminoides es anfotera.

Los albuminoides se coagulan por la acción del calor, como fácilmente puede observarse en la clara de huevo, o por la acción de los ácidos, bases o sales, algunas de éstas de acción tan decisiva en este fenómeno como el bicloruro mercúrico.

Los diferentes albuminoides se han agrupado para su estudio en diferentes categorías, estableciéndose una clasificación. Al profesor español doctor Carracido se debe una de las más generalmente aceptadas, por estar basado en el papel y significación biológica de cada uno de los grupos (*).

Los sistemas dispersos o dispersoides.—Estado coloidal.—La materia viviente está formada por sustancias líquidas en cuyo seno existen partículas o porciones materiales interpuestas, de tamaño y dimensiones muy diferentes. Son, por tanto, como dicen actualmente los físico-químicos, sistemas dispersos en los que existen dos fases o estados: el líquido, o sea el medio de dispersión, en el que se interpone el cuerpo que se dispersa. El grado de dispersión depende del tamaño de las porciones materiales dispersadas, siendo éste tanto mayor cuanto menores sean éstas.

Según Oswald, los sistemas dispersos pueden agruparse en tres categorías, atendiendo al tamaño de las partículas dispersas. Así se llaman dispersiones groseras o bastas cuando el diámetro de éstos es superior a una milésima de milímetro (1 μ) y, por tanto, visibles al microscopio; entre los de este grupo se distinguen las suspensiones cuando el cuerpo disperso es sólido, y las emulsiones en el caso de que éste sea líquido. Se dice que son sistemas coloidales cuando las porciones dispersas oscilan entre una micra y una millonésima de milímetro (1 $\mu\mu$), siendo invisibles aun ante los microscopios más potentes. En este caso, si las partículas dispersas son sólidas, se dice que se trata de un *suspensoide*, y si son líquidas, de un *emulsoide:* estos últimos son precisamente los coloides más conocidos. Por último, en las disoluciones moleculares, las partículas dispersas, son moléculas cuyo tamaño es inferior a una millonésima de milímetro.

(*) Véase para más detalles: CARRACIDO (J.). *Tratado de Química Biológica*. Madrid, 1925, y RIOJA (E.). *Sobre las transformaciones bioquímicas de las materias proteicas. (Conf. y Reseñas Científicas*, 1927.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SISTEMAS DISPERSOS

División mecánica grosera → Coloides → Dispersión molecular (disoluciones)

Aumento progresivo del grado de dispersión.

Tamaño de las partículas dispersas mayores de 1 μ, visibles al microscopio. No atraviesan el papel de filtro.	El tamaño oscila entre 1 μ y 1 μμ. No son visibles al microscopio, pero sí con el ultramicroscopio. Atraviesan el papel de filtro. No son difusibles ni dializables.	El tamaño es inferior a 1 μμ. Atraviesan el papel de filtro y son difusibles y dializables. Invisibles con el ultramicroscopio.

Entre estos distintos estados no hay fronteras ni límites precisos, sino que entre ellos existen tránsitos insensibles de modo tal que puede formarse una serie continua desde las soluciones moleculares hasta las emulsiones o suspensiones. Los primeros estudios acerca de los coloides, o mejor del estado coloide, fueron realizados por el italiano Selmi; pero, realmente, los trabajos posteriores del inglés Tomás Graham son los que permiten definirlos. El nombre de coloides con que este sabio designa a los cuerpos que presentan este estado, alude a sus semejanzas con la cola.

Los primeros trabajos y los primeros experimentos que se realizaron permitieron caracterizar a los coloides como cuerpos no difusibles ni dializables.

Si se coloca en un tubo de ensayo una solución salina coloreada y añadimos un poco de agua con cuidado sumo a fin de evitar la mezcla violenta y procurar que ambos líquidos queden lo mejor limitados posible, al cabo de poco tiempo todo el líquido que ocupa el tubo estará coloreado por igual, y entonces decimos que el colorante se ha difundido. Graham encontró que existen sustancias cuya velocidad de difusión es extraordinaria, al paso que otras, como los albuminoides, no eran difusibles o se difundían muy lentamente. Los trabajos posteriores han demostrado el escasísimo o nulo poder de difusión de los coloides.

Para evitar las dificultades de los experimentos con líquidos en los que cualquier movimiento puede hacer fracasar o entorpecer la observación, Graham empleó gelatinas semisólidas colocadas en tubos de ensayo, en los que la velocidad de difusión es casi la misma que la que se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

obtiene con líquidos sobre los que se vierten las sustancias coloreadas que se quieren estudiar *(figura 3)*. Las soluciones que no son coloidales se difunden rápidamente; es decir, que penetran mucho en la gelatina, en tanto que cuando se emplean colorantes coloidales como el rojo congo apenas traspasan las capas superiores de la gelatina.

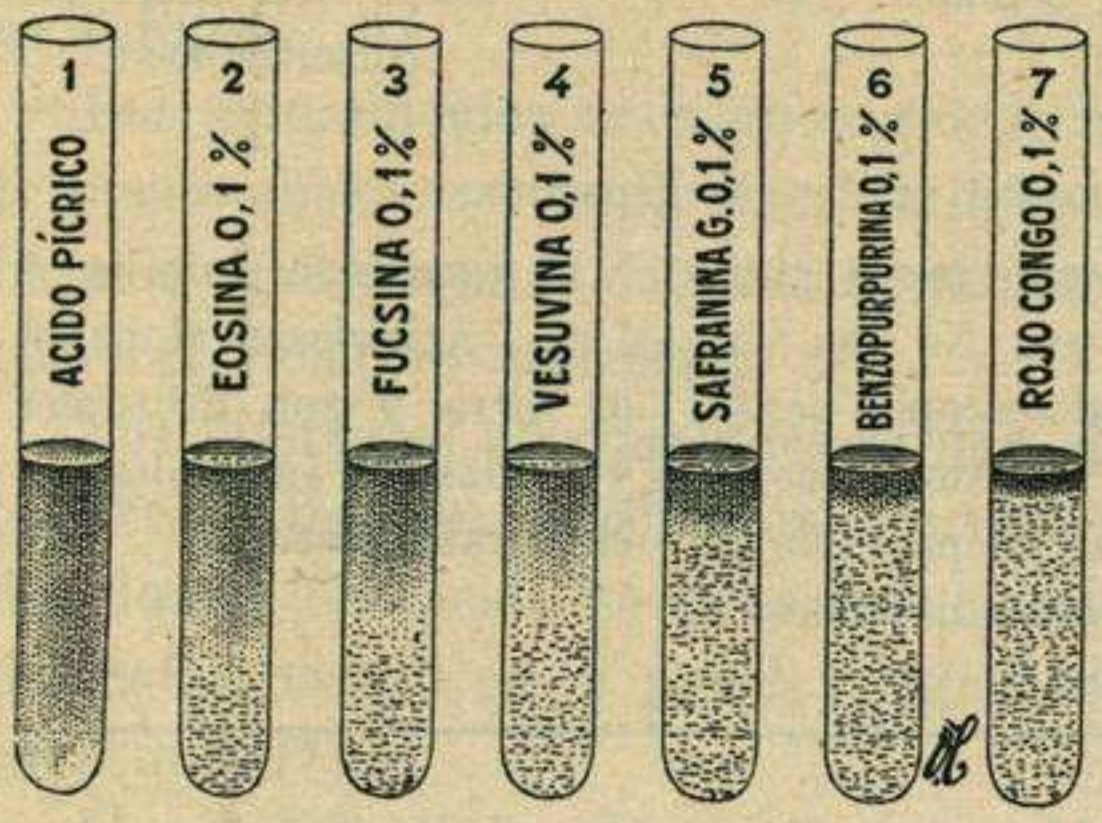


Fig. 3.—Esquema de la difusión a los tres días en gelatina vegetal al 2 % de las sustancias que en cada tubo se indican. La del número 1 se difunde mucho; la del 7, muy poco. (Inspirado en Wo. Ostwald.)

Graham estudió, además, la difusión de las diferentes sustancias a través de las membranas orgánicas. Este fenómeno, que denominó diálisis, le demostró que las sustancias fácilmente difusibles en los líquidos con los que directamente se pongan en contacto lo eran también a través de las membranas orgánicas, e, inversamente, los que no lo eran tampoco eran dializables *(fig. 4)*.



Fig. 4.—Dializador construído valiéndose de la vejiga natatoria A de un pez, en la cual se coloca la disolución. Dicha vejiga se sostiene entre dos varillas de vidrio P sujetas con una goma G y se sumerge en el líquido B contenido en la vasija. (Imit. Susaeta.)

Como antes vimos, el grado de dispersión de los coloides es inferior al que presentan las verdaderas disoluciones y superior a la de las interposiciones mecánicas, sean suspensiones o emulsiones. Esto hace que, aparentemente, constituyan un sistema homogéneo, ya que las partículas dispersas que los integran no son visibles ni aun con el auxilio del microscopio más potente, en virtud de razones ópticas en las que no podemos entrar. Pero, realmente, son sistemas heterogéneos que constan de dos bases: el líquido dispersante y las partículas dispersas íntimamente compenetradas con él, aunque no tanto que no puedan separarse por diálisis.

Las pequeñas partículas dispersas en la disolución coloidal se han denominado *micelas* por Naëgeli, siendo individualidades físicas de enorme trascendencia en los fenómenos vitales.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En casi todos los albuminoides, dado el tamaño de sus moléculas, cada micela está constituída por una sola molécula, en tanto que en otros cuerpos que están en el estado coloide, y cuyas moléculas son más pequeñas, las micelas son polimoleculares.

Los coloides presentan el llamado fenómeno de Tyndall; que se produce siempre que a una solución coloidal colocada en una cámara oscura se hace un rayo luminoso. Éste, al atravesar el sistema coloidal, origina una luminiscencia especial; es un medio ópticamente lleno, como dicen los físicos, en tanto que si el fenómeno se repite con una disolución verdadera el líquido permanece oscuro, por tratarse de un medio ópticamente vacío.

El fenómeno de Tyndall *(fig. 5)* tiene su explicación, porque los rayos de luz al incidir sobre las micelas, o sea las partículas coloidales, las iluminan de un modo análogo a lo que sucede con las partículas de polvo iluminadas cuando un rayo de sol penetra en una habitación oscura.

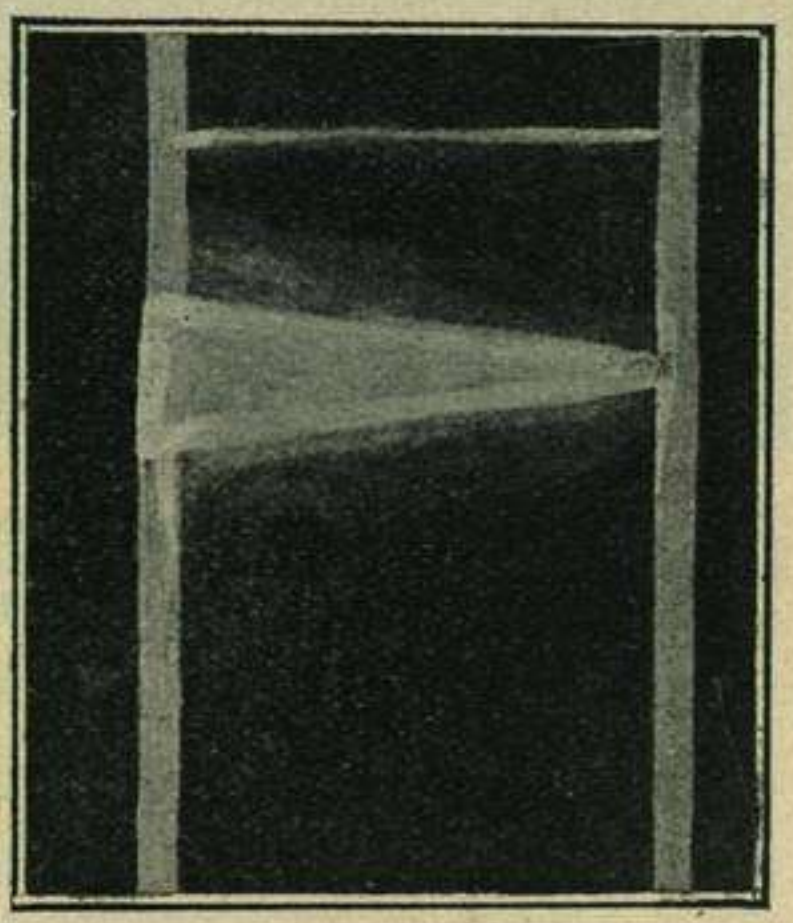


Fig. 5.—Fenómeno de Tyndall (Imit. Wo. Ostwald.)

El fenómeno de Tyandll puede observarse con el microscopio, al cual se le agrega un condensador especial que hace que las partículas coloidales queden iluminadas claramente, recibiendo entonces el nombre de *ultramicroscopio*.

Examinado por este procedimiento un coloide se observarían pequeñas partículas brillantes destacando sobre un fondo oscuro, las cuales están animadas de un continuo e incesante movimiento desordenado que tiene lugar en todas direcciones. Este hecho fué descubierto en 1827 por el botánico inglés R. Brown, a lo que se debe el nombre de *movimiento browniano* con que se le conoce, el cual se produce por los choques de las moléculas del medio dispersante sobre las micelas coloidales *(figura 6)*. Los sistemas coloidales no tienen como único medio de dispersión el agua, sino también otros líquidos muy diversos. Estos sistemas se denominan *soles*, calificándoseles de *hidrosoles*, *alcohosoles*, etc., según que el disolvente sea el agua o el alcohol.

Los coloides, por causas diversas, como por la acción del calor, por

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los ácidos, las bases o las sales, como sucede en la albúmina de huevo, se coagulan, es decir, que se separan del medio dispersante, formando copos o masas gelatinosas que se llaman *geles*, los cuales se denominan con arreglo al disolvente del coloide, como, por ejemplo, *hidrogeles*, *alcohogeles*, etc., si éste hubiere sido el agua, el alcohol, etc.

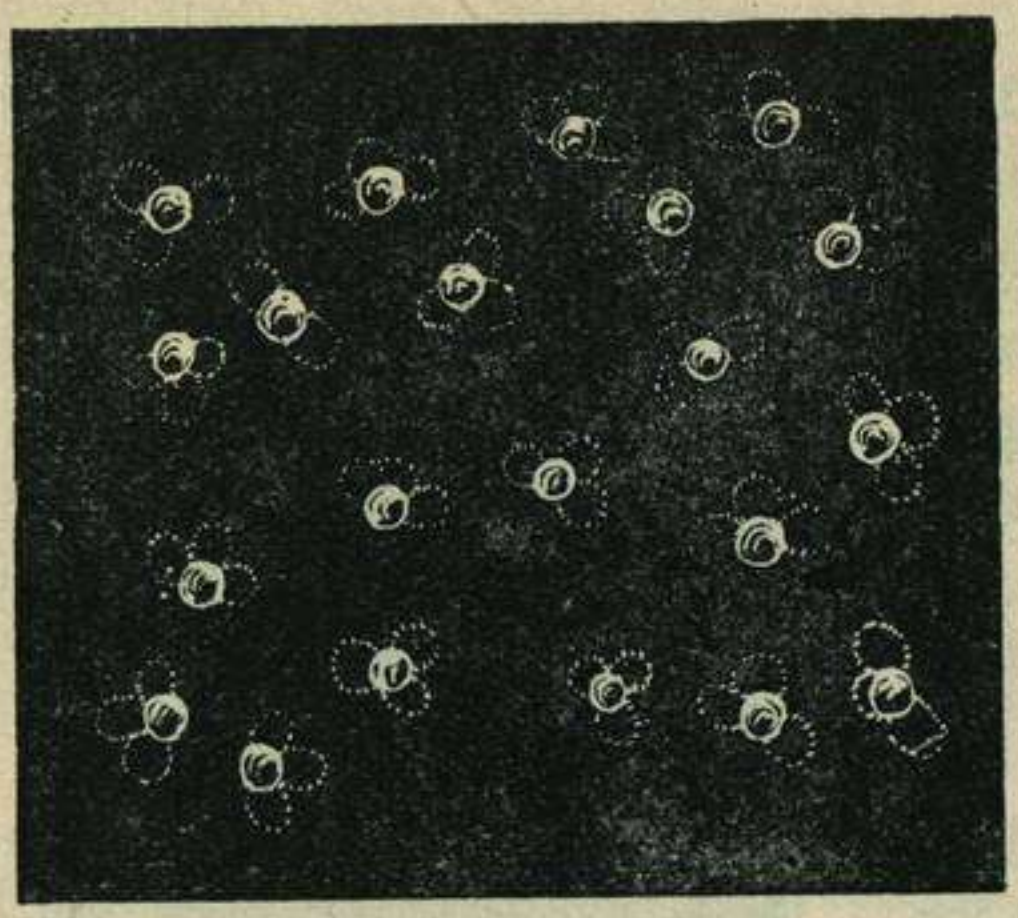


Fig. 6.—Esquema del movimiento browniano. Los círculos de puntos señalan las posiciones sucesivas que toman las micelas. (Imit. O. Lehmann en Susaeta).

Vemos por cuanto llevamos dicho que el estado coloide no está ligado como cualidad o atributo de una sustancia determinada, sino que es una propiedad general, y cualquier sustancia puede presentar el estado peculiar de agregación que corresponde a la fase coloidal, independientemente de su naturaleza química o de su complejidad molecular.

Los coloides tienen una importancia considerable en la actividad de los organismos; baste decir que las sustancias que constituyen los seres vivos están, en su inmensa mayoría, en estado coloide y que las leyes y principios que los regulan son los mismos que regulan infinidad de fenómenos vitales que de ellos dependen. De aquí el cuidado con que los biólogos se han ocupado de su estudio a fin de interpretar la acción de los complejos coloides orgánicos.

Fermentos.—En los organismos se producen infinidad de reacciones en condiciones tales de temperatura, rapidez y suavidad que nos encontramos maravillados cuando al querer repetir las mismas reacciones en el laboratorio tenemos que recurrir a las acciones violentas de los ácidos concentrados o de las bases a elevadas temperaturas, actuando durante un tiempo muchísimo mayor que el que se requiere en el viviente.

Así, durante la digestión, los alimentos sufren en el interior del aparato digestivo cambios profundísimos en un corto tiempo.

Cuando estas acciones se realizan en el laboratorio tienen su causa inmediata en los reactivos empleados; pero en el organismo éstos están sustituídos por los llamados *fermentos*, que intervienen directamente en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

las transformaciones realizadas en las condiciones peculiares de los seres vivos.

El problema del papel químico y biológico de los fermentos ha preocupado intensamente a los investigadores, sin que se pueda decir actualmente que está perfectamente dilucidado el proceso de las fermentaciones, no obstante haberse logrado aislar algún fermento orgánico, como la alcoholasa, que provoca la fermentación alcohólica y que fué obtenido por Buchner en 1897 del extracto de los organismos que constituyen la evadura de cerveza.

Parece ser, sin embargo, que los fermentos obran al modo que los llamados catalizadores, es decir, modificando la velocidad de las reacciones, acelerándolas o retardándolas, según los casos, sin que ellos sean capaces de provocar la reacción ni modificarse durante ella, ya que es sabido que actúan cuando las reacciones están en marcha, apareciendo inalterados al final del proceso químico.

El papel de los fermentos es importantísimo en biología, hasta el punto que la mayoría de las acciones vitales tienen por causa la presencia de estos catalizadores bioquímicos, a los cuales se los da también el nombre de diastasas. Tal vez toda la actividad de la célula no sea más que el producto de la complicada acción de numerosas diastasas. El fenómeno íntimo de la oxidación de las sustancias protoplasmáticas, proceso último de la respiración mediante la fijación del oxígeno, se debe, como está perfectamente comprobado, a la presencia de diastasas oxidantes llamadas oxidasas.

Antiguamente se creía que las fermentaciones y todas las categorías de acciones diastásicas eran producto de la actividad de las células; pero Buchner logró demostrar que las diastasas son realmente productos segregados por las células; así de la levadura de cerveza consiguió aislar un producto, que no es más que una diastasa, que produce el desdoblamiento de la glucosa en anhídrido carbónico y alcohol

$$C_6 H_{12} O_6 = 2\,CH_3 - CH_2 OH + 2\,CO_2$$

glucosa — alcohol — an. carbónico

Esta reacción se produce a pesar de haber sido destruídas las células productoras de la diastasa.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Según Van't Hoff, el célebre bioquímico contemporáneo, las diastasas tienen la notable propiedad de que no sólo realizan una determinada acción, sino que también son capaces de producir la opuesta. Este descubrimiento ha reducido extraordinariamente el número de diastasas que antes se admitían en los organismos. Las ideas de Van't Hoff han sido confirmadas por varios experimentos; así, Croft-Hills, actuando con una diastasa denominada maltasa, logró obtener el azúcar de malta o maltosa a partir del azúcar de uva o glucosa, resultado sorprendente, ya que de ordinario este fermento actúa de un modo inverso, es decir, provocando el desdoblamiento de la maltosa en glucosa.

La composición de las diastasas se ha asimilado a la de las materias albuminoideas; pero, en realidad, su estructura química sólo se conoce de un modo muy incierto. Contribuye no poco a esta incertidumbre el que las diastasas están íntimamente unidas a ciertos compuestos albuminoideos con los que se precipitan, y de los que es difícil el separarlos.

Las diastasas parece que se hallan en estado coloidal, circunstancia que parece influir sobremanera en su peculiar modo de obrar.

De modo análogo a lo que se observa en los seres vivos, las diastasas son sumamente sensibles a la acción del calor; los fenómenos vitales y la actividad de las diastasas disminuye cuando se eleva considerablemente la temperatura, cesando de producirse ambos entre los 70° y los 100°. Otra analogía la encontramos en que las sustancias tóxicas y los antisépticos obran de un modo parecido en unos y en otros: las diastasas en presencia de estos cuerpos se coagulan o forman combinaciones estables incompatibles con su peculiar actividad química.

Dada la incertidumbre en que hoy estamos respecto a la constitución química de las diastasas, la única clasificación que dentro de ellas podemos establecer será atendiendo a su modo de actuar.

Un primer grupo es la de aquellas que descomponen determinados compuestos en otros más sencillos, fijando sobre ellos una o varias moléculas de agua. Estas diastasas reciben el nombre de *hidrolasas*. A causa de las investigaciones acerca de la reversibilidad de los fermentos se admite que las hidrolasas pueden obrar también de un modo contrario, produciendo la síntesis de diversas sustancias al tiempo que actúan como *anhidrolasas*, es decir, deshidratando.

Otro grupo es el de las *oxidasas* o *reductasas*, que actúan como agen-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tes oxidantes o reductores. Por su peculiar papel biológico han recibido también el nombre de *fermentos respiratorios.*

Y, por último, el grupo de las *zimasas* comprende el grupo de diastasas que producen transformaciones sin que fijen ni sustraigan oxígeno, agua u otra sustancia cualquiera.

Estas diastasas son los agentes de las fermentaciones conocidas desde antiguo, como la alcohólica, en que la glucosa se desdobla en CO_2 y en $C_2 H_6 O$ (alcohol etílico), sin tomar elemento ni compuesto nuevo alguno.

La reacción de los líquidos orgánicos.—La concentración de iones H y de iones O H y su importancia biológica.—La reacción del medio tiene importancia suma en los fenómenos biológicos que en él se verifican. Así, si el medio en que actúa el corazón es marcadamente alcalino, se detiene en sístole, y si es decididamente ácido. la paralización tiene lugar quedando en diástole. Sólo cuando la acidez es adecuada, el corazón continúa latiendo; pequeñísimas variaciones en este óptimo de acidez es suficiente para que la actividad rítmica del órgano cardíaco cese.

Otros muchos ejemplos, tales como el desarrollo del huevo, la actividad de los espermatozoides, y. en general, todos los fenómenos biológicos, dependen de la reacción del líquido ambiente.

Actualmente se ha comprobado que no son suficientes los antiguos procedimientos para determinar la acidez y basicidad de un medio. Una solución ácida debe sus propiedades al predominio en la concentración de iones H o *hidrogeniones* y, de modo análogo, una alcalina a la de los iones OH u *hidroxiliones*, en tanto que una solución neutra contiene igual cantidad de ambos. El agua, que es el líquido neutro por excelencia, contiene ambas clases de iones en igual proporción, ya que al ionizarse cada una de sus moléculas produce un hidrogenión y un hidroxilión, según la reacción siguiente:

$$H_2 O \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

La determinación de la concentración de los hidrogeniones o hidroxiliones de un líquido orgánico, tiene enorme importancia. En algunas afecciones, como la diabetes, p. ej., es de sumo interés el conocer las concentraciones de hidrogeniones o acidez de la sangre. La Escuela agrícola de Grönningen, de Holanda, estima que es decisivo para conocer la actividad del suelo con respecto a determinados cultivos, su concentración en iones H y OH. En la biología de los seres acuáticos, tanto los marinos como los de las aguas dulces, influye decisivamente la concentración de iones H y OH de las aguas en que viven (*).

(*) Para la determinación de esta concentración de una solución se utilizan unas sustancias colorantes llamada indicadores, que cambian de color al variar la concentración de hidrogeniones. Los más usados son el naranja y el rojo de metilo, el tornasol y la fenoltaleína.

La concentración de hidrogeniones se expresa por el símbolo *ph*, que indica el exponente de la potencia a que hay que elevar el número que representa la concentración de la disolución de que se trate para obtener la concentración de una disolución normal, o sea aquella en que un gramo de H-ion

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Basta lo apuntado para comprender la importancia que hoy en día dan los investigadores a la concentración de iones H y OH en los fenómenos biológicos de la más diversa índole.

---

está disuelto en un litro de agua. Así, el agua contiene una diezmilésima de gramo de iones de hidrógeno por litro, que puede expresarse por la fracción

$$\frac{1}{10.000.000} = \frac{1}{10^{-7}} = 10^{-7}$$

prefiriéndose la expresión 10^{-7} a la forma fraccionaria

$$\frac{1}{10.000.000}$$

Según lo que acabamos de indicar, se dice que el agua tiene un *ph* de 7, o abreviadamente $ph = 7$; realmente en una solución neutra, $ph = 7{,}07$.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CITOLOGÍA

ESTRUCTURA DE LA CÉLULA

La sustancia viviente ofrece un grado de organización tal que los elementos más sencillos que pueden llevar por sí solos una vida autónoma y realizar todas las funciones vitales, son las células que tienen ya una estructura harto complicada.

Los investigadores se han ocupado detalladamente de su estudio a fin de conocer sus más pequeñas particularidades anatómicas y su actividad en todos sus aspectos. A este estudio se ha denominado *Citología*, que constituye una de las ramas fundamentales de la Biología.

Los organismos todos, vegetales y animales, están integrados por un número incalculable de estas células o elementos anatómicos primordiales. Algunos seres, los más sencillos en la escala de la vida, están constituídos por uno solo de estos elementos, los cuales, dentro de su reducido tamaño, generalmente microscópico, y con la elementalidad que les es dado, realizan todas las funciones vitales que tienen lugar en seres más complejos.

A tales organismos se les llama unicelulares, a diferencia de los pluricelulares, que están constituídos por multitud de estos elementos. Las plantas y los animales, que estamos habituados a ver todos los días, son seres pluricelulares.

La célula fué descubierta en 1665 por el hombre de ciencia inglés Robert Hooke, que utilizó el microscopio, instrumento aún tosco e imperfecto inventado poco antes, para examinar una fina lámina de corcho. Llamó su atención que este material vegetal estaba formado por pequeñas cavidades rectangulares dispuestas unas al lado de las otras y que fueron denominadas por él *células* y *poros (cells and pores) (fig. 7)* por su remota semejanza con las celdillas del panal de las abejas. Al final del siglo XVII el italiano Marcello Malpighi amplió los descubrimientos de Hooke a los animales y a

Instituto San Isidro de Madrid 2008

diversos órganos vegetales, vislumbrando en el interior de las células un líquido viscoso *(fig. 8)*. Tal concepción de la célula continuó durante cerca de un siglo, hasta que al final del siglo XVIII el napolitano Fontana reveló, utilizando por primera vez materias colorantes, el núcleo y el nucleolo, si bien no se dió generalidad a su presencia hasta que en 1836 R. Brown, estudiando las orquídeas, le considera como un elemento constante, según confirmaron poco después Schleiden y Schwann.



Fig. 7.—Figura de Hooke (1675) que representa un trozo de corcho visto al microscopio.

Schleiden *(fig. 9)* creía que el núcleo era la parte más importante de la célula, y que entre este elemento y la membrana existía una sustancia viscosa poco importante en su actividad, a la que denominó *mucus*, que casi puede asimilarse a lo que Schwann llamó *citoblastema*, en cuyo seno suponía se producían los núcleos por un verdadero acto de cristalización, cual si esta sustancia fuese un agua madre *(figura 9)*.

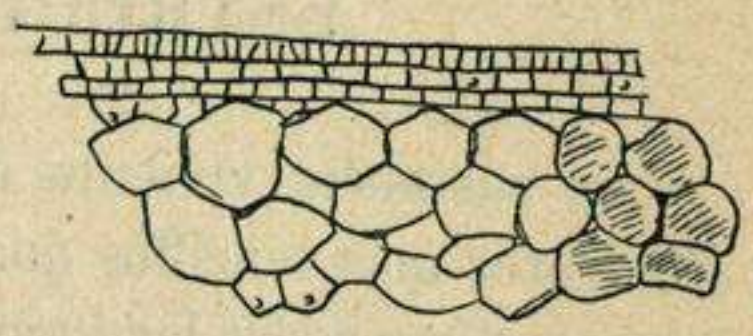


Fig. 8.—Figura de Malpighi (finales del siglo XVII) que representa unas células vegetales y elementos vasculares.

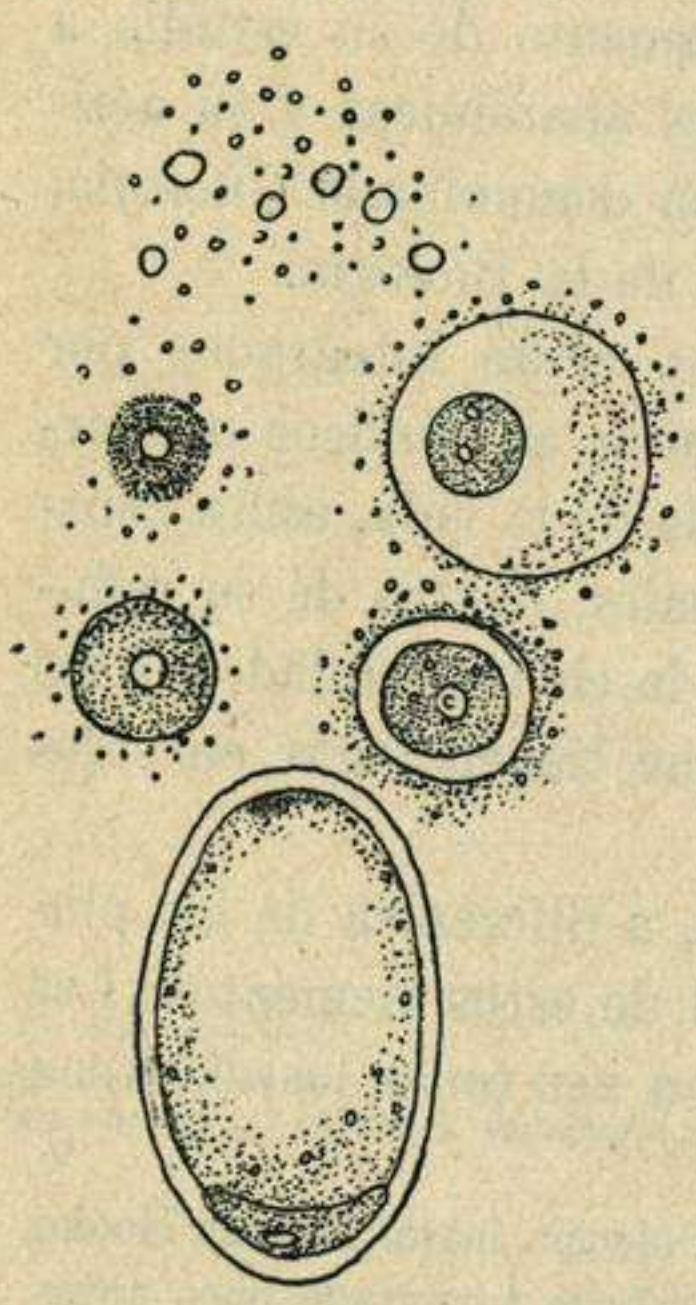


Fig. 9.—Esquema de Schleiden (1838) que explica la formación de las células en el citoblastema.

Hacia la misma fecha Dujardin (1835) estudiando los Protozoos los encuentra formados por una sustancia a la que denominó *sarcoda*. En 1846 Hugo Mohl utiliza el vocablo *protoplasma* (empleado por Purkinje poco antes (1840) para designar la materia viviente destinada a formar los embriones animales), para denominar al contenido viscoso de las células vegetales. Modernamente el protoplasma, que no entra a formar parte del núcleo, ha recibido la denominación de *citoplasma*.

Dimensiones y forma de la célula.—La célula es generalmente microscópica, y a causa de tal pequeñez es preciso utilizar para medir su tamaño la milésima de milímetro o *micra*. Existen, sin embargo, células visibles a simple vista, como algunas nerviosas, el óvulo, especialmente el de las aves y los reptiles, constituído *por la yema* del huevo, etc. La *forma* es también muy variable, y generalmente tienen la esferoidal cuando son jóvenes o viven libres, y poliédrica, estrellada, etc. cuando son adultas o viven asociadas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Estructura de la célula *(fig. 10)*.—Pero sea cual fuere el tamaño y forma de las células, todas están constituídas por una sustancia fundamental denominada *protoplasma*, que comprende todas las partes vivientes de la célula. La *membrana fundamental*, el *citoplasma*, el *centrosoma*, el *núcleo*, que se conoce con el nombre de *membrana de secreción*, que es segregada o producida por la célula y que está situada en la periferia de la misma.

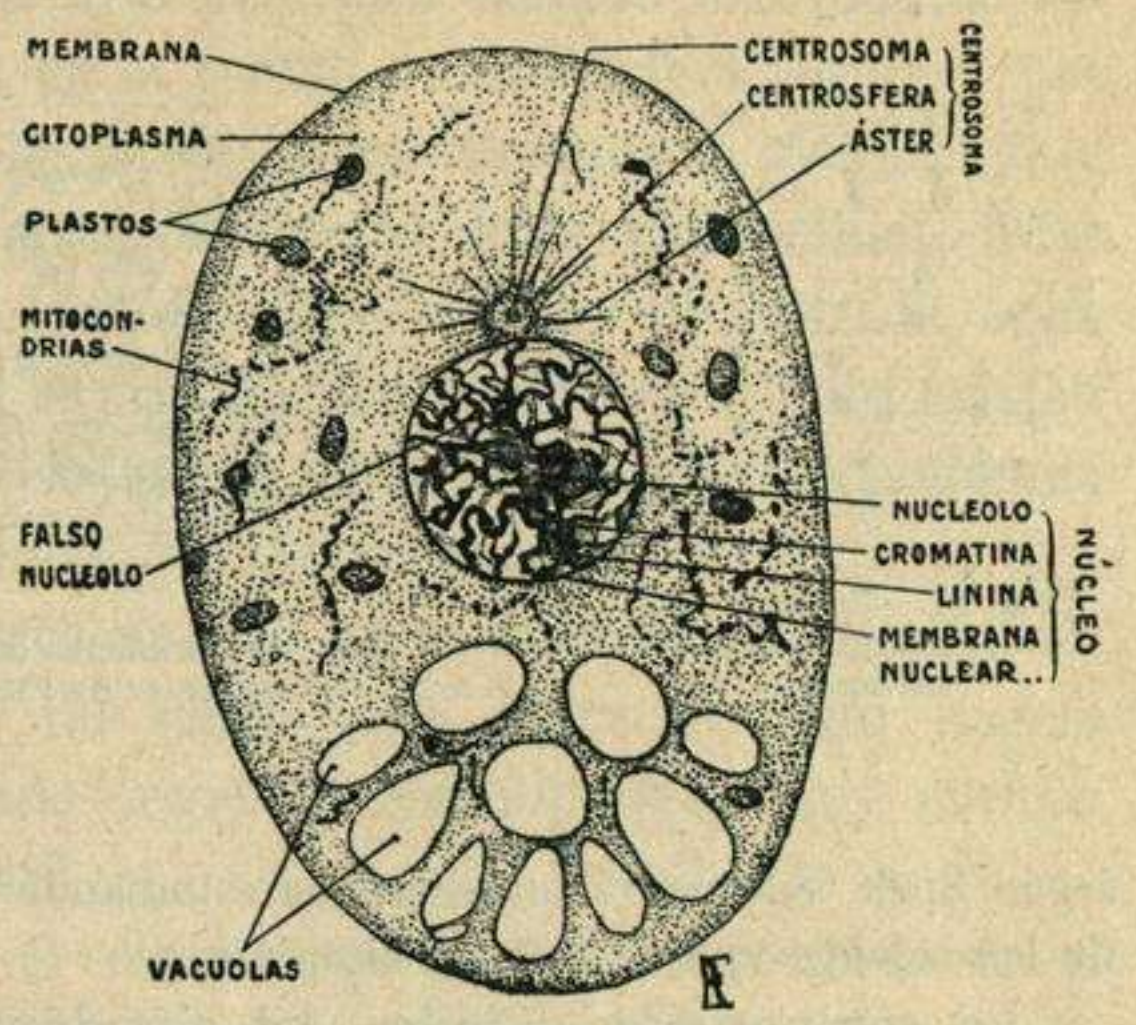


Fig. 10.—Representación esquemática de una célula animal, muy aumentada.—(Para evitar repeticiones se advierte que siempre que se trate de células se supone que están vistas a gran aumento.)

Citoplasma. — El citoplasma, que corresponde al protoplasma, situado entre el núcleo y la membrana, no es una sustancia homogénea, sino una mezcla heterogénea de coloides, principalmente del tipo de los emulsoides, en la que se destacan algunas veces, cuando se la examina al microscopio, numerosas y muy finas granulaciones.

Otras veces no se percibe este aspecto granujiento, sino que se distingue una *estructura* particular, debida a la existencia de dos sustancias: una clara y transparente, llamada por esto *hialoplasma*, y la otra más consistente, conocida con el de *espongioplasma*, nombre que alude a la suposición de que la materia que la constituye está reunida en fibrillas, las que se anastomosan formando mallas análogas a las de una esponja, entre las cuales queda retenido el hialoplasma o jugo celular. Autores hay que suponen que el espongioplasma forma a la manera de los tabiques de una espuma jabonosa, en cuyo interior estaría el hialoplasma.

Estas interpretaciones acerca de la estructura del citoplasma se conocen, respectivamente, con los nombres de teoría o hipótesis *granular* de Altmann, *reticular* de Fleming y *alveolar* de Bütschli *(figs. 11, 12 y 13)*. Estas hipótesis tienen por base las observaciones hechas en células independientes o pertenecientes a tejidos, tratados por los reactivos que se emplean en las manipulaciones micrográficas y cuya acción determina la muerte y la coagulación del citoplasma, a consecuencia de su estado coloidal. Por esta razón muchos autores consideran que la verdadera estructura del pro-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

toplasma viviente nos es hoy totalmente desconocida y que las disposiciones citadas no son más que estados *post-mortem* sin valor alguno para resolver este problema, que,

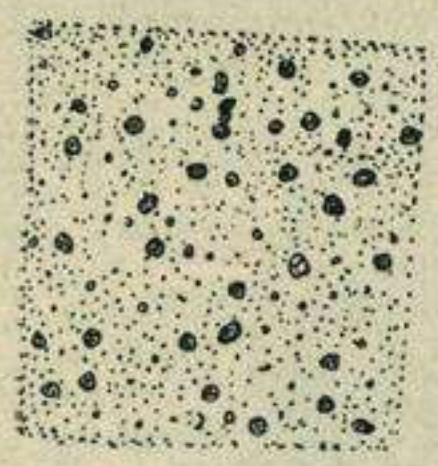


Fig. 11.—Esquema de la teoría granular de Altmann.

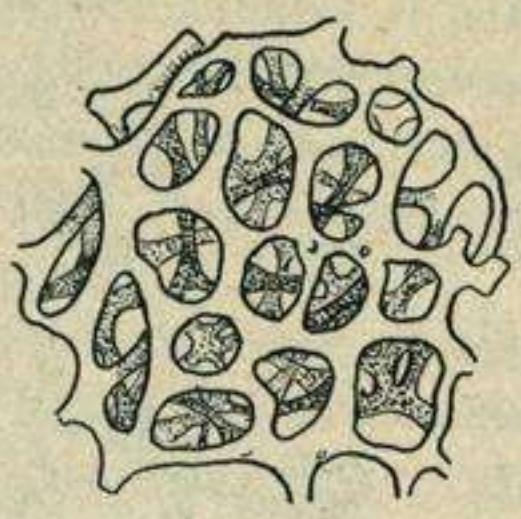


Fig. 12.—Esquema de la teoría reticular de Fleming.

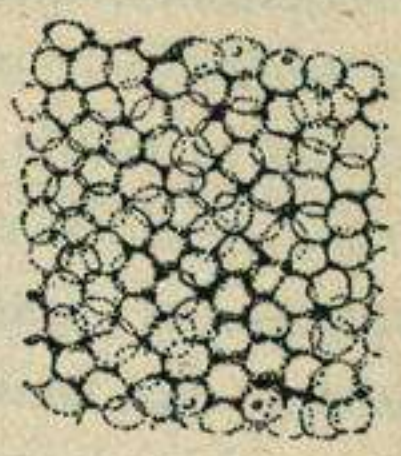


Fig. 13.—Esquema de la teoría alveolar de Bütschli.

según Spek, sólo podrá ser abordado estudiando con el ultramicroscopio la estructura de los coloides que forman el citoplasma.

La composición química del citoplasma es variable de unas células del organismo a otras; pero puede afirmarse que las sustancias que más abundan en él, son: el agua y los albuminoides; pero sin que hoy en día nos sea posible determinar cuál es la estructura molecular de estos cuerpos, ni cómo están unidos a los hidratos de carbono, grasas, lipoides o a las sales que el análisis químico ha revelado formando parte de la materia viviente.

MEMBRANA FUNDAMENTAL.—La membrana propiamente dicha, o *membrana fundamental*, no es más que una mera condensación de la capa periférica del citoplasma, por cuya razón adquiere una consistencia y refringencia mayores que dicho protoplasma. Esta membrana tiene una constitución físico-química peculiar, debida, entre otras causas, a los fenómenos de tensión superficial que en las células se realizan.

La membrana fundamental es permeable a los líquidos y gases y fácilmente deformable a causa de su extrema delgadez. En algunas células libres, como las amibas, la membrana es muy tenue, y si el protoplasma no se mezcla con el líquido en que viven es debido a su gran *tensión superficial*, es decir, a la resistencia que opone el protoplasma a mezclarse con el agua, resistencia análoga a la que presenta una gota de aceite puesta en el citado líquido.

CENTROSOMAS *(Fig. 10)*.—En el seno del citoplasma y generalmente muy próximos al núcleo, a veces alojados en una depresión de éste,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se encuentran dos corpúsculos esféricos y de pequeñísimo tamaño, a los que se conoce con el nombre de *centrosomas*, los cuales son poco visibles de ordinario, pero que aparecen más evidentes cuando la célula se reproduce. Frecuentemente yacen en el centro de una esfera formada por protoplasma hialino, a la que se llama *esfera atractiva* o *centrosfera*, y a partir de ésta irradian, en ciertos momentos de la vida celular, finas líneas que constituyen lo que se conoce con el nombre de *áster*. Se creía antes que en toda célula no había más que un centrosoma; pero existen casos en que hay dos, por lo que se llaman entonces diplosomas, pudiendo existir hasta doce en algunas células, y aunque generalmente están situados cerca del núcleo y hasta dentro de éste, no es raro que se encuentren lejos de él. En algunas células, del centrosoma parte un largo flagelo o filamento delgado que ha dado origen a una hipótesis muy curiosa de que luego se tratará (pág. 49).

Condrioma *(Fig. 10)*.—En el citoplasma celular, sobre todo en el de las células jóvenes cuya nutrición y cuya actividad toda es muy intensa, se han descubierto unas granulaciones que a veces se reúnen formando fibrillas o hilos arrosariados, a cuya circunstancia alude precisamente el nombre de *condriosomas* o de *mitocondrias* (cuyo significado es el de *granos integrantes de hilos)*, cuyo conjunto recibe el nombre de *condrioma*.

La misión de las mitocondrias en la célula no parece del todo dilucidada; en algún tiempo se creyó que pueden desempeñar algúna misión como factores de la herencia.

Su papel parece ser muy importante, elaborando determinadas sustancias, como lo prueba el que a veces desaparecen cuando la célula entra en actividad, como en ciertas células glandulares, como las secretoras de la leche en las glándulas mamarias. Esto pudiera ser indicio de que estos elementos han sido consumidos o utilizados durante la elaboración de los productos segregados.

En las células de los vegetales existen unos corpúsculos diferenciados llamados *plastos*, a los que también se les ha dado el nombre de *plastidios*, *leucitos*, *plasmitos*, etc. Tales elementos tienen, como veremos más adelante, una importancia muy grande en la actividad peculiar de las células vegetales.

Los plastos y las mitocondrias se consideraron como elementos distintos, sin que tuviesen entre sí relación ninguna, hasta que Guillermond

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ha demostrado que las mitocondrias que se observan en las células jóvenes durante los primeros estados del desarrollo de las plantas, pasado algún tiempo se transforman en verdaderos plastos *(fig. 14)*.

VACUOMA—En el seno del citoplasma de muchas células se producen una o más

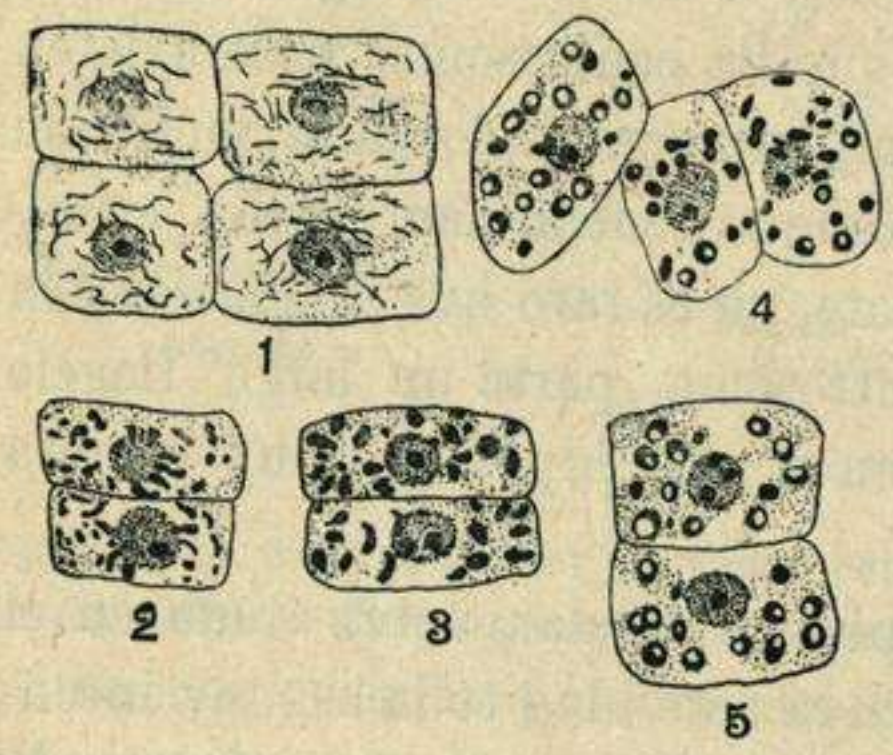


Fig. 14.—Transformación de las mitocondrias en plastos en las células de hojas jóvenes de cebada. (Imit. Guillermond.)

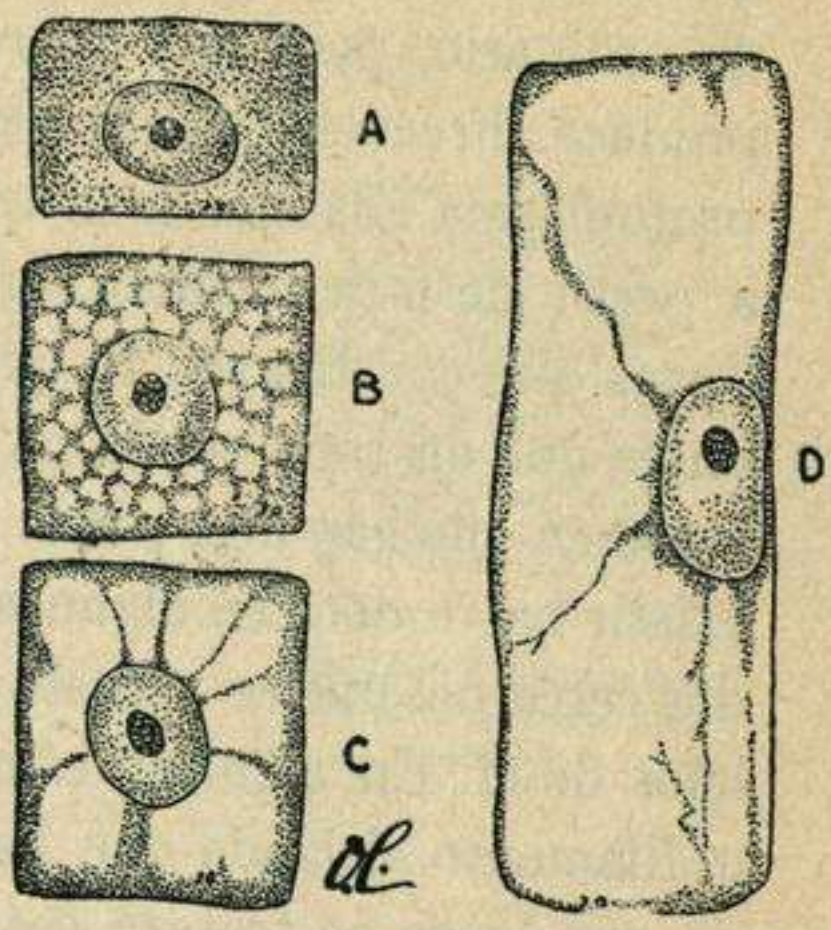


Fig. 15.—Esquema de la formación de las vacuolas en una célula vegetal.—A, célula sin vacuolas; B, comienzo de la formación; C, estado más avanzado; D, estado final, en el que no quedan más que unas bridas de protoplasma que van del núcleo a la periferia. (Imit. Prenant.)

cavidades, de tamaño variable, que reciben el nombre de *vacuolas*, las cuales están llenas de un líquido transparente, hialino, que es el *jugo celular (fig. 15)*. Las vacuolas desempeñan las más variadas e importantísimas funciones en las células de los diferentes organismos. Al conjunto de las vacuolas de una célula se le denomina *vacuoma*.

NÚCLEO.—Hasta no hace muchos años se creía que el núcleo podía faltar en algunas células vivas; pero hoy está fuera de duda que el núcleo, o la sustancia nuclear por lo menos, es un elemento necesario y constante en toda *célula viva*, hasta el punto de que cuando una célula carecen de núcleo se considera como muerta, según se verá cuando se estudie sus funciones. Para comprender bien alguna de éstas, es menester conocer con algún detalle su estructura *(fig. 10)*.

La capa que separa al núcleo del citoplasma es muy tenue y se considera como una *membrana nuclear:* esta membrana encierra las restantes partes del núcleo, que son: el *filamento o retículo nuclear*, el *jugo nuclear* y el *nucleolo*. El filamento nuclear constituye para unos una red irregular de trabéculas anastomosadas; pero cualquiera que sea la disposición que este filamento adopte, está constituído por dos clases de sustancia *(figu-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ra 20): la *linina* y la *cromatina;* ambas se distinguen bien cuando se tiñe la célula con colorantes especiales, como el verde de metilo, por ejemplo, que deja incolora a la primera, al paso que colorea en verde a la segunda, que es a lo que alude su nombre (gr. *chroma*, *chrómatos*, color). Entonces se ve que la linina es la que forma el retículo, cuyos nudos, o bien algunos discos en el filamento, serían de la otra sustancia, que por ser la más característica del núcleo recibe también el nombre de *nucleína*. Entre las mallas del filamento nuclear existe un líquido, cargado de materias albuminoideas, al que se denomina *jugo nuclear*, y, por fin, dentro del núcleo se encuentra otro corpúsculo, de mayor tamaño que los gránulos cromáticos, conocido con el nombre de *nucleolo*, de papel mal conocido, y formado por una sustancia especial llamada *pirenina* o *paranucleína*.

El volumen y la forma del núcleo varían, y son además detalles secundarios; lo único importante que hay que decir respecto al primero es que, generalmente, es tanto mayor cuanto las células tienen más activos cambios nutritivos.

La membrana o cápsula de secreción.—La membrana fundamental se encuentra muchas veces reforzada por una cubierta más o menos espesa producida por sustancias segregadas o elaboradas por la propia célula. Como ejemplo de cápsula de secreción podemos citar el óvulo de los mamíferos, envuelto y protegido por la *zona pelúcida (fig. 16)*, las células vegetales limitadas por la membrana celulósica, o las células de los tejidos cartilaginoso y óseo, rodeados por una sustancia de consistencia diversa que las aisla y separa entre sí.

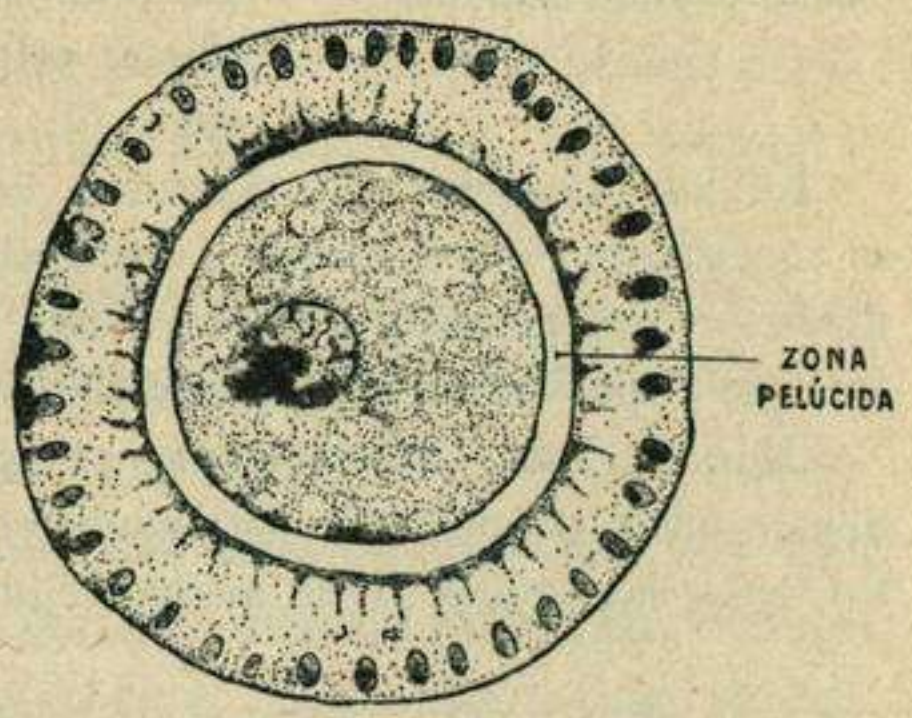


Fig. 16.—Óvulo de un mamífero en el que aparece claramente dibujada la zona pelúcida, que representa a la membrana o cápsula de secreción.

La cubierta o caparazón esquelético de sílice de ciertos Radiolarios y diatomeas, o de caliza de los Foraminíferos y algas calcáreas, puede asimilarse a la membrana de secreción.

Otros tipos celulares.—No todas las células obedecen, sin embargo, al esquema trazado; muchas de ellas, como las que corresponden a los organismos más sencillos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del reino vegetal, como las de las bacterias o las de las Cianofíceas (*) *(fig. 17)*, no tienen verdadero núcleo, sino sustancia cromática, la cual se halla difundida en el seno del protoplasma, o cuando más forma un conglomerado informe que se ha llamado cuerpo central y que nunca puede confundirse con el núcleo.

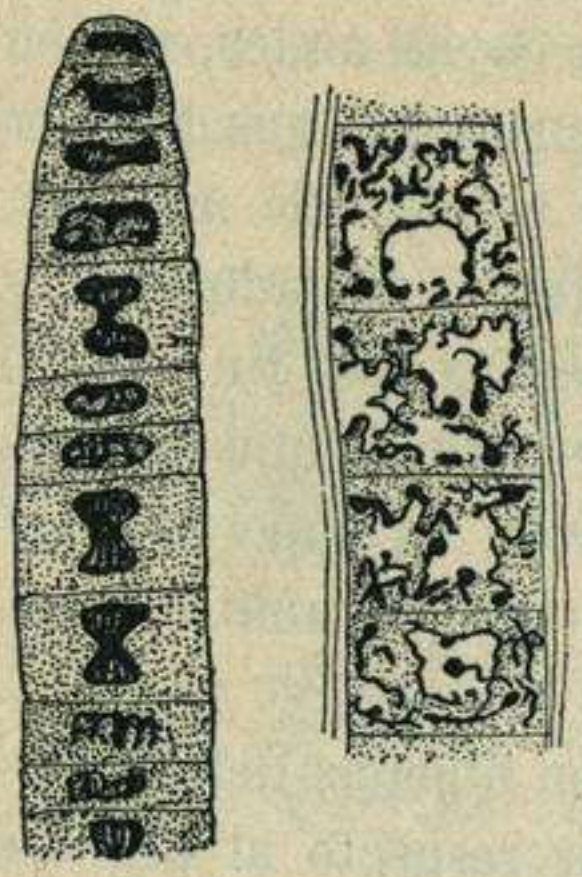


Fig. 17.—Seudonúcleo de las células de *Oscillaria*. La cromatina diseminada en el protoplasma se concentra formando un seudonúcleo.
La figura de la derecha representa varias células de la de la izquierda, pero más aumentadas. (Según Guillermond.)

En algunos Protozoarios existen, en el seno del protoplasma y a más del núcleo, unos corpúsculos cromáticos más diferenciados que la cromatina difusa de las esquizofitas, que son los llamados *cromidios*, que a veces desempeñan un importante papel en la herencia *(fig. 18)*. Estos elementos se han comprobado también en ciertas células asociadas.

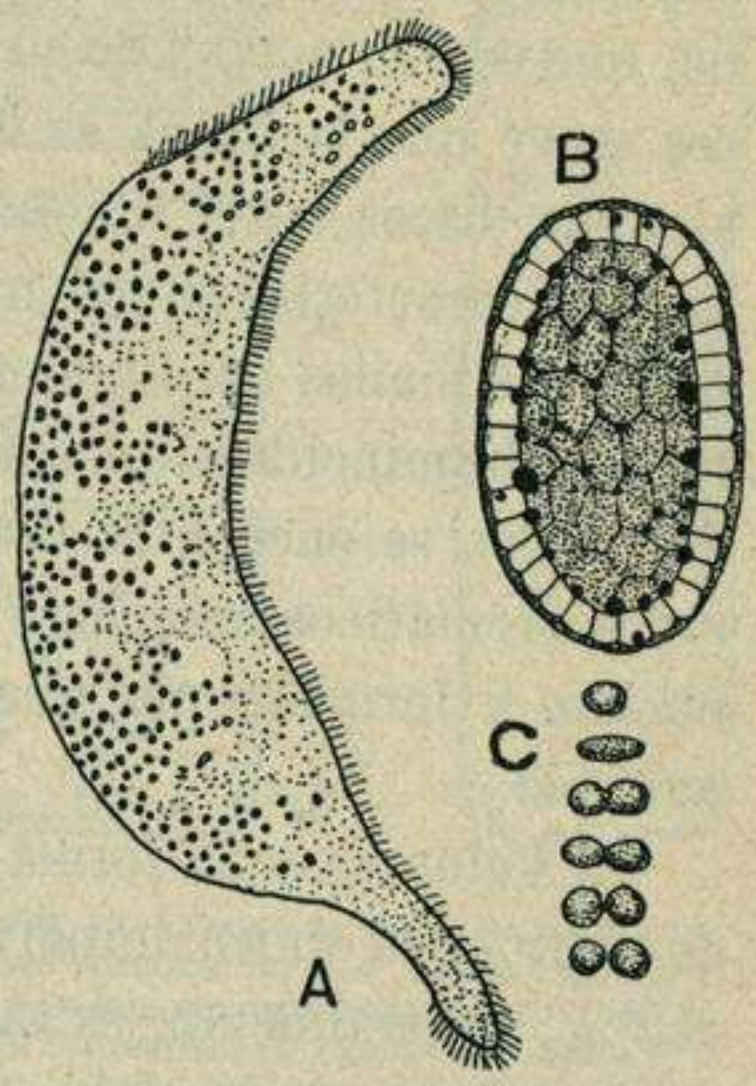


Fig. 18.—A.—Infusorio del género *Trachelocerca* con un núcleo difuso representado por gránulos cromáticos esparcidos. (Según Gruber).—B.—*Cromatium* con cromatina esparcida en el protoplasma. (Según Bütschli).—C.—Gránulos cromáticos del anterior en fase de división. (Según Calkins).

En los infusorios más elevados, como los *Paramæcium*, las funciones nucleares se encuentran repartidas entre dos núcleos de diferente tamaño: uno grande o macronúcleo y otro pequeño o micronúcleo. El primero de ellos preside las funciones vegetativas, al paso que el segundo dirige los fenómenos reproductores.

Más adelante veremos que pueden existir muchos núcleos dentro de una misma masa citoplásmica (plasmodio) o existir comunicaciones, más o menos evidentes, entre las células de un mismo tejido (pág. 64).

CARACTERES FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CÉLULA

Fenómenos de ósmosis.—La Física nos enseña que las disoluciones ejercen una cierta presión sobre las paredes del recipiente en que están contenidas. Este fenómeno se debe a los choques que sobre

(*) Unas y otras forman el grupo que los botánicos llaman hoy día esquizofitas o protofitas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ellas sufren las partículas disueltas, denominándose presión osmótica a este hecho.

Esta presión se pone de manifiesto con el siguiente experimento. En un vaso cilíndrico de vidrio se coloca una disolución concentrada de sal en agua; la boca del recipiente se tapa con una membrana orgánica *(figura 19, 1)*, como, por ejemplo, un trozo de vejiga. Si el vaso así dispuesto le sumergimos en una vasija llena de agua y le dejamos durante un cierto número de horas, observaremos que la membrana orgánica se ha abombado en virtud de la presión osmótica, que se ejerce de dentro a fuera. Este fenómeno se debe a que el agua exterior penetra en el interior del vaso más rápidamente que sale la disolución de sal, ya que ésta encuentra como obstáculo a su paso los diminutos poros de la membrana orgánica, sobre la que se ejerce visiblemente, dada su elasticidad, la presión osmótica. La presión se puede demostrar claramente sin más que perforar la membrana orgánica; por el orificio producido sale el líquido interior como un pequeño chorro *(fig. 19, 2)*.

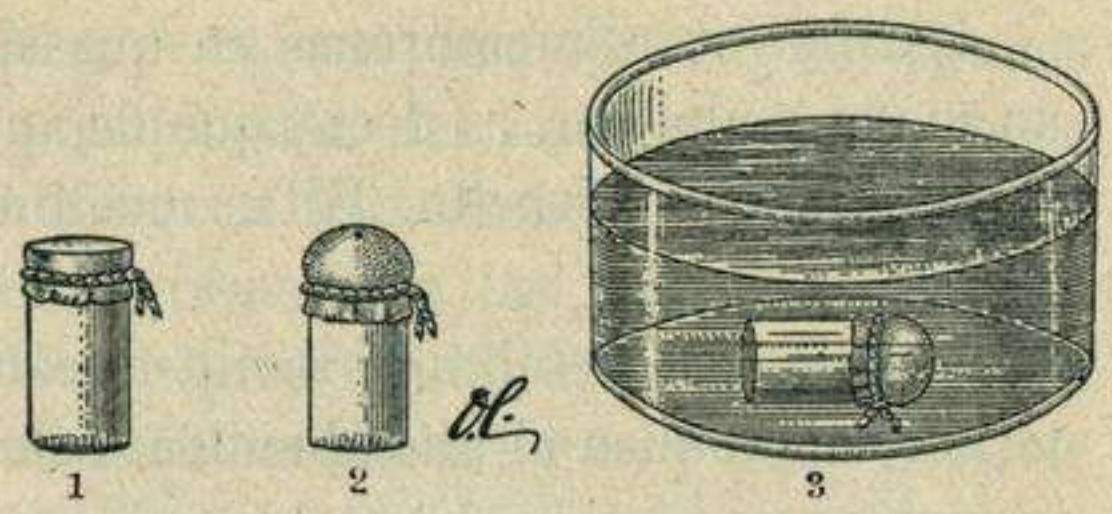


Fig. 19.—Presión osmótica.—1, vaso conteniendo la disolución de azúcar y dispuesto para el experimento; 3, el mismo después de estar algunas horas sumergido en el recipiente con agua; 2, íd. extraído del recipiente y con la indicación del punto donde puede pincharse.

Cuando en el recipiente exterior sustituímos el agua pura por una disolución de sal más diluída que la del interior del vaso, el fenómeno se presenta con menor intensidad, a medida que la diferencia de concentración entre las dos soluciones es menor, cesando en el momento que éstas se igualan, y entonces se dice que las dos disoluciones son *isotónicas*, es decir, que tienen igual presión osmótica. Antes de haber alcanzado este estado, la disolución interior tiene mayor presión osmótica que la exterior. La solución de mayor presión osmótica se dice que es *hipertónica* con respecto a la de menor o *hipotónica*.

En el momento que las dos disoluciones son isotónicas, el desequilibrio osmótico desaparece y la membrana orgánica recobra su posición primitiva, cesando el abombamiento.

La presión osmótica de una disolución depende del número de moléculas que contenga, siendo independiente de la naturaleza de éstas. Solu-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ciones equimoleculares son isotónicas; así, son isotónicas las soluciones normales del Cl_2 Ca, NO_3 K, Cl Na, etc., etc.

En el experimento anterior hemos visto que a través de la membrana se produce una corriente desde el disolvente al interior del vaso o de *endósmosis*, y otra en sentido contrario o de *exósmosis*, en la que es arrastrada la disolución al exterior. Cuando esto sucede se dice que la membrana es *permeable*.

Existen otras membranas en que el anterior fenómeno se realiza de un modo unilateral, es decir, que dejan pasar el líquido disolvente y detiene al cuerpo disuelto. Estas membranas reciben el nombre de *semipermeables*.

Si con una membrana semipermeable repetimos el experimento anterior, se produce el abombamiento de la membrana sin que éste cese, ya que no es posible el restablecimiento del equilibrio entre los dos líquidos separados por ella, puesto que detiene el cuerpo disuelto.

Traube en sus experimentos trabajó con una membrana semipermeable formada de ferrocianuro de cobre. Como este cuerpo no tiene suficiente consistencia, se valió en sus trabajos del siguiente e ingenioso método:

En un vaso poroso de porcelana o en una vejiga introducida en una solución de sulfato de cobre, sus poros se impregnan de esta sal; si después se la coloca en otro de ferrocianuro potásico se producen en los poros unas películas de ferrocianuro de cobre, que actúan al modo de membranas semipermeables extraordinariamente diminutas que dan como resultado que el conjunto obre como tal.

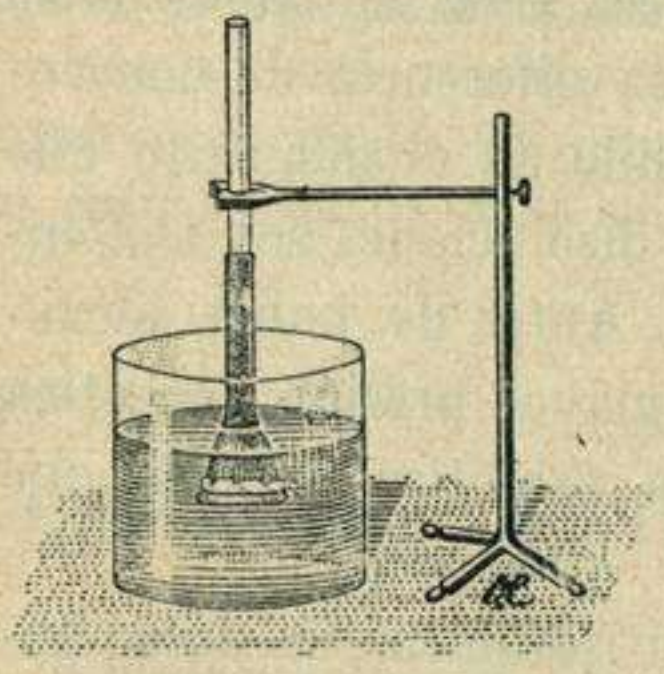


Fig. 20.—Endosmómetro.

La presión osmótica se puede medir con un aparato denominado *endosmómetro*, el cual consiste en un tubo ensanchado en su parte inferior y prolongado en su parte superior por otro más estrecho *(fig. 20)*. Este aparato se cierra por su extremo ancho con una vejiga que previamente se haya sumergido en una solución de sulfato de cobre y en otra de ferrocianuro potásico.

Dentro del endosmómetro se coloca la disolución cuya presión osmótica se desea medir, sal común, por ejemplo, y se coloca dentro de un recipiente o vasija más grande llena de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

agua, cuidando que el nivel de la sal coincida con el del líquido exterior. Transcurrido algún tiempo se observará cómo sube el sulfato de cobre en el tubo estrecho del endosmómetro, alcanzando una altura tanto mayor cuanto mayor sea la concentración de la solución con que hagamos el experimento.

Los fenómenos de ósmosis en las células vivas son extraordinariamente complejos, ya que las membranas de sus células son unas veces permeables y otras semipermeables, y en este caso difieren en algunos aspectos de las membranas de precipitación del ferrocianuro de cobre de que acabamos de hacer mención; con frecuencia no presentan una impermeabilidad tan extremada con respecto a las sales. Su semipermeabilidad depende no tan sólo de sus propiedades físicas, sino también de los procesos fisiológicos que en las células tienen lugar, y de su peculiar estado en cada caso.

Turgescencia y Plasmolisis.—La célula, desde un punto de vista físico-químico, puede compararse al vaso de la experiencia anterior; el contenido protoplasmático, de complejidad extrema, no es más que una disolución coloidal envuelta por la membrana de la célula, que generalmente se comporta como semipermeable.

La célula vive, en general, en medios que tienen una presión osmótica muy análoga a la suya, o muy poco diferente a ella. Cuando natural o artificialmente la célula se halla en medios de concentración superior o inferior a la suya, se provocan los fenómenos que se denominan de *turgescencia* y *plasmolisis*.

Estos fenómenos se observan con facilidad relativa en las células vegetales que tienen una membrana celulósica resistente y no deformable. Cuando un trozo de un tejido vegetal le sumergimos en agua, ésta penetra en su interior, diluye la disolución protoplasmática o el jugo celular que puede ocupar las vacuolas, y rechaza al protoplasma hacia la pared celular, con la que se pone en íntimo contacto. Entonces se dice que la célula está *turgescente (fig. 21*, A).

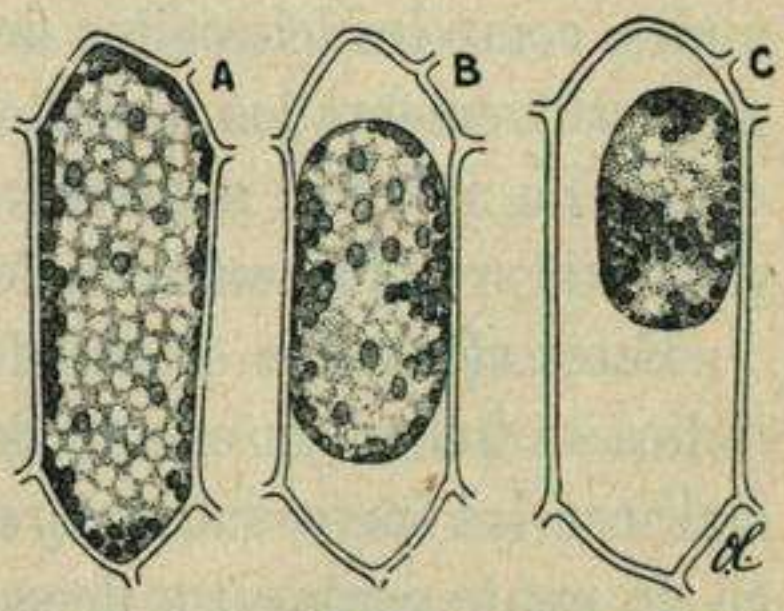


Fig. 21.—Células de *Elodea densa;* turgescente, A; plasmolizadas, B y C.

Si después de esto colocamos estas células en el seno de una disolución concentrada, se produce una corriente

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de agua que del interior de la célula sale al exterior. El protoplasma, en su consecuencia, pierde agua y se deseca, disminuyendo por ello de volumen. Esta es la razón por la que se contrae *(fig. 21*, B), pierde el contacto con la membrana celular y en un paraje de la célula forma una masa protoplasmática más o menos redondeada *(fig. 21*, C). Tal fenómeno es el que se conoce con el nombre de *plasmolisis.*

En las células animales, de membrana más tenue y menos resistente, estos fenómenos son más difíciles de seguir. En soluciones menos concentradas que su protoplasma se hinchan, se vacuolizan y hasta pueden fragmentarse en trozos diversos; por el contrario, en una solución más concentrada se arrugan, se contraen y disminuyen de volumen *(fig. 22).*

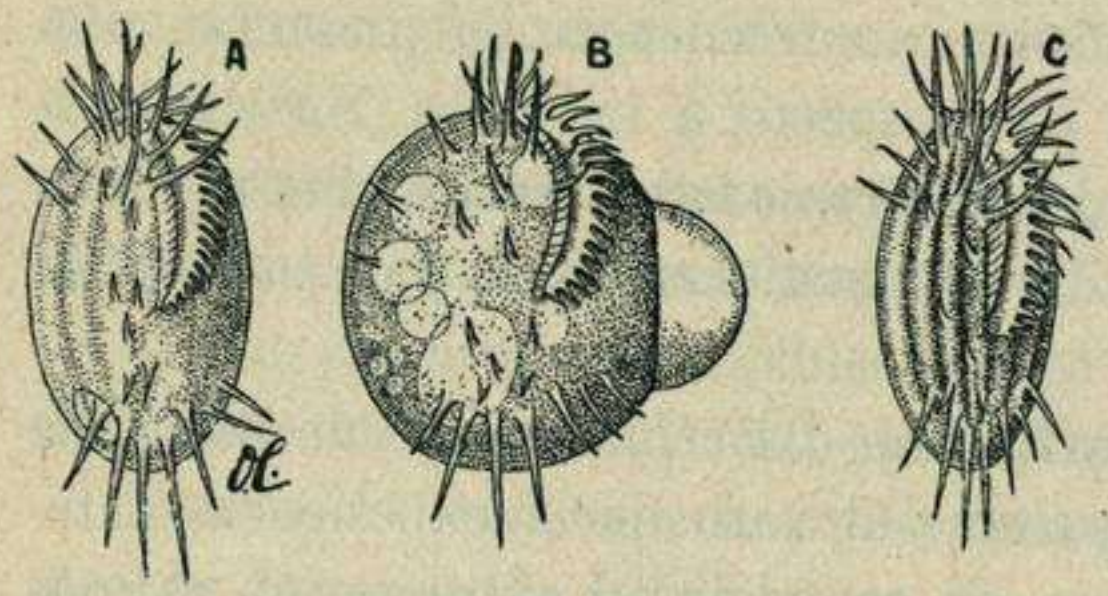


Fig. 22.—Un infusorio marino *(Euplotes)* colocado en una solución normal, A; hipotónica, B, e hipertónica C; en B, la célula se hincha y el contenido celular sale de ella; en C, por el contrario, la célula se arruga por contraerse su contenido. (Imit. Massart.)

Movimientos celulares.—Las células realizan movimientos determinados por distintas causas. Mediante ellos se trasladan de un punto a otro, realizan la captura de sustancias alimenticias o su protoplasma circula en el interior del recinto celular. Se tratará exclusivamente de tres clases de movimientos: los *amiboides*, los *intracitoplásmicos* y los producidos por *pestañas vibrátiles* o por *flagelos.*

Movimientos amiboideos.—Algunas células de los organismos animales, como los leucocitos de la sangre de los vertebrados, los amibocitos de los invertebrados o ciertos Rizópodos como las amibas, tienen la facultad de moverse y desplazarse mediante la formación de unas prolongaciones protoplasmáticas denominadas seudópodos.

Estas células en su estado de reposo toman la forma esférica, lo cual indica se hallan en estado de equilibrio, en virtud de la tensión superficial, con las fuerzas exteriores que sobre ellos actúan *(fig. 23, 1)*. Pero si en un punto cualquiera de su frontera se produce una alteración de orden físico-químico, la tensión superficial puede disminuir, y entonces, roto el equilibrio entre las fuerzas externas e internas, éstas provocan la formación de un saliente que poco a poco toma la forma de un seudópodo

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(fig. 23, 2 y 3). Cuando el equilibrio físico-químico se restablece, la célula recupera su forma esférica; pero si éste, en cambio, perdura o se acentúa, el seudópodo aumenta cada vez más e interviene eficazmente en la progresión de la célulá.

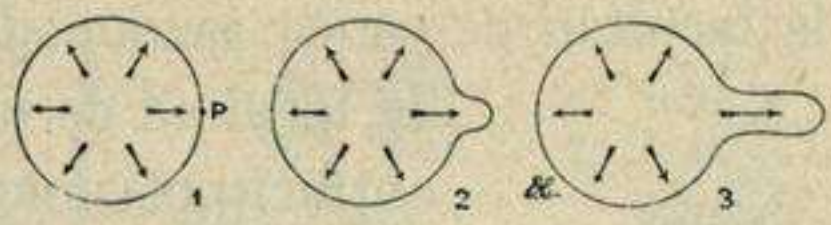


Fig. 23.—Esquema de la formación de un seudópodo. La longitud de las flechas está en razón directa de la presión.—1, célula en equilibrio: éste comienza a romperse en el punto P para formarse el seudópodo; 2, comienzo, y 3, terminación de la formación del seudópodo.—Para la desaparición de éste se siguen fases inversas. (Inspirado en Massart.)

El movimiento seudopódico o amiboideo se ha imitado con gotas de aceite que contienen pequeñas cantidades de ácidos grasos libres, colocadas en disoluciones de un uno a un dos por ciento de carbonato sódico. En los lugares donde existe el ácido graso se combina con el carbonato sódico y forma un jabón soluble que al disolverse determina una disminución de tensión superficial y la consiguiente deformación de la gota de aceite, que forma una prolongación que recuerda extraordinariamente a un seudópodo.

Con aceites en los que los ácidos grasos se encuentran en proporciones distintas colocadas en soluciones de concentración variable de carbonato sódico, se ha logrado imitar las diferentes clases de seudópodos que los Rizópodos exhiben en sus diversos grupos.

En los laboratorios se reproducen bastante fielmente los movimientos amiboideos mediante un interesante experimento conocido con el nombre de amiba de mercurio. Consiste dicho experimento en colocar en un cristalizador pequeño de fondo completamente plano una gota de mercurio de un centímetro próximamente de diámetro en presencia de un cristal de bicromato potásico. Sobre el cristalizador así dispuesto se echa ácido nítrico diluído. El ácido en presencia del bicromato produce ácido crómico, el cual se difunde en el líquido. Cuando el ácido crómico alcanza al mercurio en su superficie, reacciona con él y provoca una disminución de tensión superficial. Al ocurrir esto, la gota de mercurio experimenta un ligero estremecimiento y emite una prolongación que recuerda a un seudópodo; el mercurio se pone en movimiento en dirección al cristal de bicromato, al cual abraza y engloba con sus seudópodos, del mismo modo y manera como una amiba aprisiona a las diatomeas de las que se alimenta. El fenómeno cesa cuando el valor de la tensión superficial se iguala en toda la superficie de la gota de mercurio, repitiéndose de nuevo cuando ésta se altera otra vez.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Movimientos intracitoplásmicos.—Cuando el protoplasma está encerrado en una membrana envolvente de alguna consistencia, carece de la facultad de emitir seudópodos y de cambiar de lugar; pero no pierde la facultad de moverse, puesto que posee los movimientos intracitoplásmicos, los cuales pueden observarse en casi todas las células, bien sean libres o asociadas, examinándolas al microscopio, viéndose que las partículas alimenticias o de reserva que siempre contienen en su interior, por lo que se las llama *inclusiones*, están animadas de un movimiento circular de traslación más o menos rápido y regular (ciclosis) *(fig. 24)*.

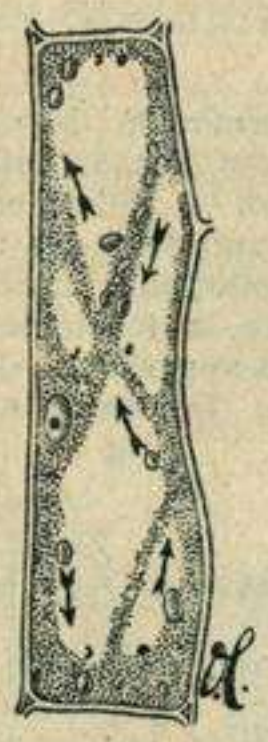


Fig. 24.—Ciclosis: las flechas indican la dirección del movimiento.

No se conoce bien la causa de este fenómeno, aunque se presume tenga su origen en fuerzas moleculares análogas a las que se ponen en juego en los movimientos amiboideos. Dos objetos excelentes para observar estos movimientos son las células de los pelos estaminales de la *Tradescáncia virgínica*, las del parenquima de la *Elodea densa*, o los pelos de los tallos jóvenes de la ortiga.

Movimientos vibrátiles y flagelíferos.—Algunas células están provistas de finas prolongaciones, conocidas con el nombre de *pestañas vibrátiles* o *cirros* y *flagelos*, que están dotadas de movimientos oscilatorios. Si la célula es libre, como las zoosporas *(figuras 24, 25 y 26)*, los Infusorios *(figura 22)*, Flagelados (*) *(fig. 27)*, célula reproductora masculina o zoospermo de los animales pluricelulares en general *(fig. 30)*, etc., estas pestañas y flagelos son los apéndices que determinan su progresión, la cual se produce al mismo tiempo que la célula gira

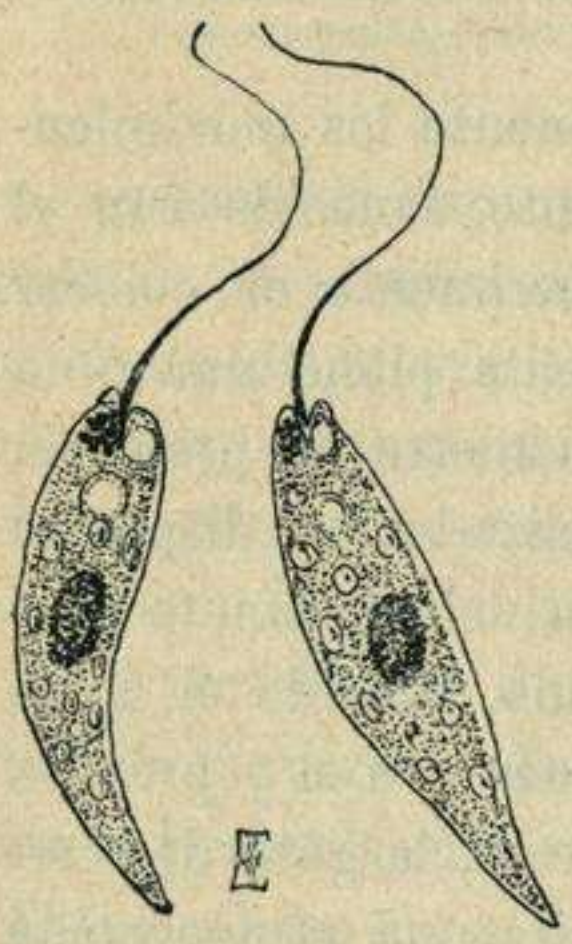
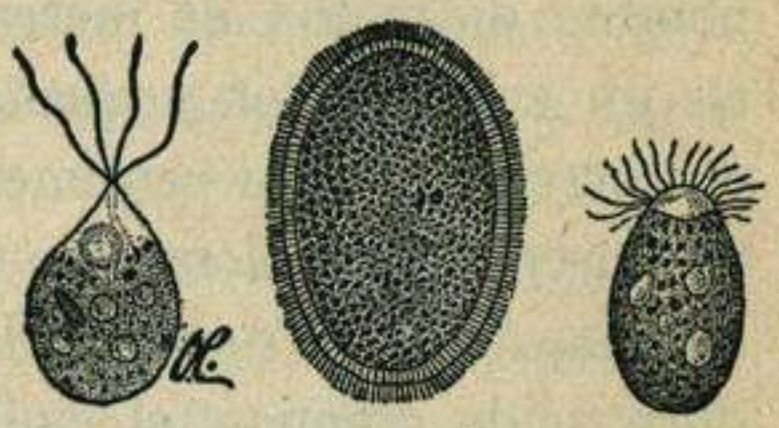


Fig. 28.—El flagelado *Eugelna viridis*. (De la obra *Prácticas de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero.)



Figs. 25, 26 y 27.—Tres tipos de zoosporas.

(*) Para estos grupos y más detalles véase página 286 y también ZOOLOGÍA, 5.ª edición, por O. Cendrero, páginas 39 y siguientes.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sobre sí misma y describe una amplia línea helicoidal *(fig. 29)*. Cuando



Fig. 29.—Esquema de la progresión de un *Paramœcium*, debido a sus pestañas vibrátiles. (De *Prácticas de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero.)

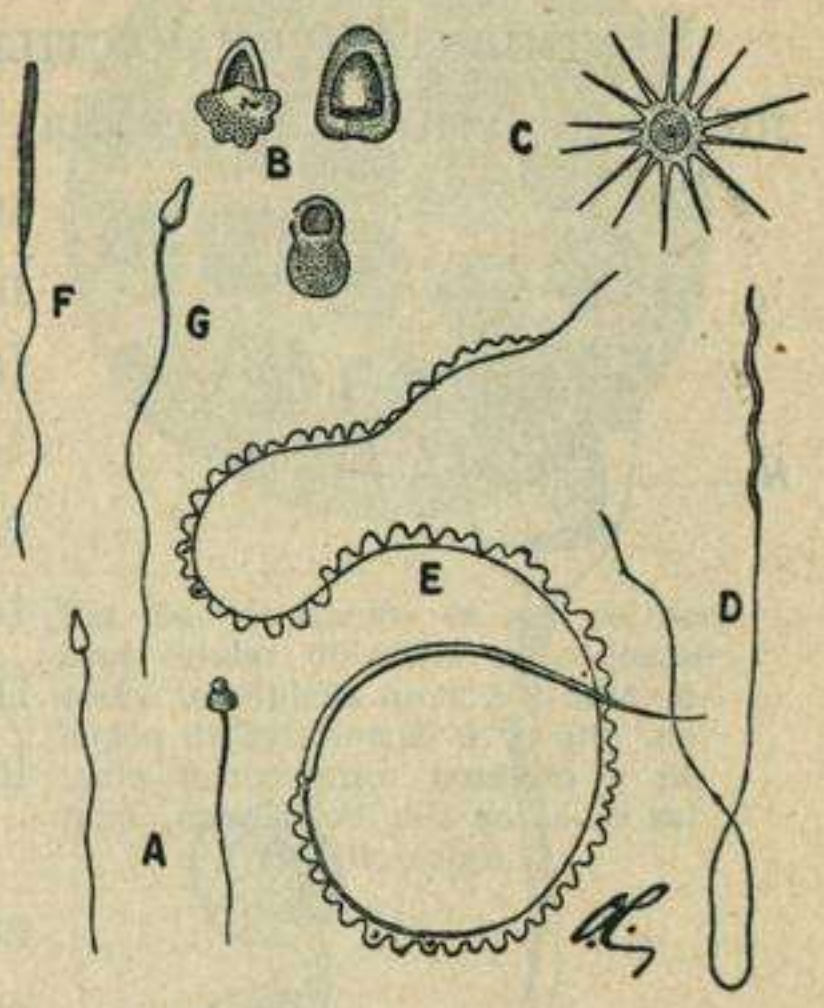


Fig. 30.—Diversos tipos de espermatozoos: *a*, de medusas; *b*, de una lombriz intestinal *(Ascaris lumbricoides)*; *c*, de langosta *(Palinurus vulgaris)*; *d*, de torpedo; *e*, de salamandra; *f*, de rana; *g* de un mono (s. Claus)

se trata de las células fijas de un tejido de animal pluricelular (algunas células epiteliales) *(fig. 31)*, estos movimientos de las pestañas vibrátiles no sirven más que para impedir que se depositen en su superficie cuerpos extraños, a cuyo efecto dichas pestañas están dotadas de un movimiento oscilatorio, produciendo en conjunto, según Pütter (*), un aspecto análogo a un campo de trigo agitado por el viento; este mismo movimiento presentan los apéndices de los Infusorios; pero los de los Flagelados y zoospermos, es decir, los flagelos, tienen más bien el aspecto ondulante de una cuerda que se agita.

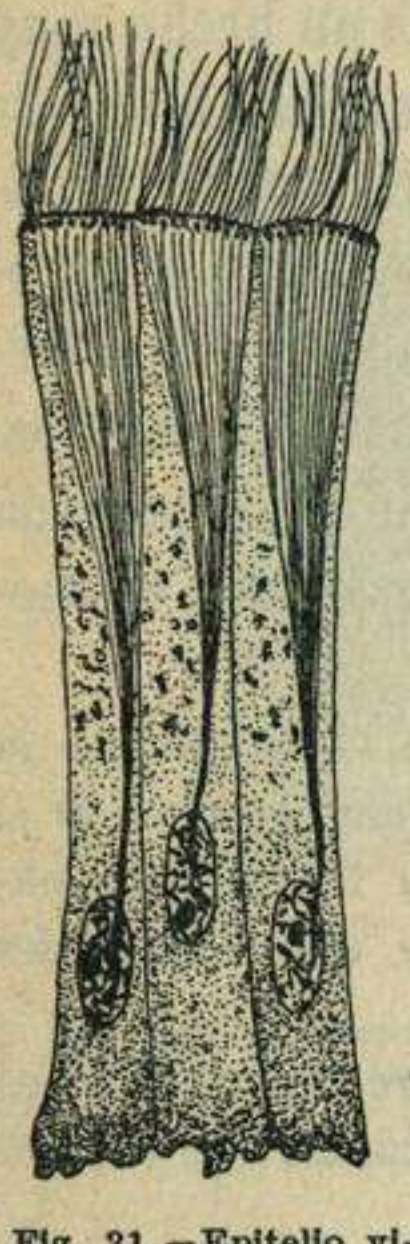


Fig. 31.—Epitelio vibrátil de su Anélido *(Sabella pavonina)*.

Tanto los flagelos como las pestañas, después de atravesar la membrana celular penetran más o menos profundamente en el protoplasma, existiendo en su trayecto y por debajo de la membrana de la célula un corpúsculo llamado *corpúsculo basal* que se considera como un centrosoma (disociado, en las células con pestañas y en las que poseen más de un flagelo; completo, cuando sólo poseen uno de éstos), atendiendo a la ausencia de este órgano en las células que presentan

(*) *A. Pütter*. Profesor de Biología y Fisiología en la Universidad de Bonn (Alemania).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

apéndices. Estos corpúsculos de la base de los cirros y flagelos dirigen sus movimientos *(fig. 31)*.

MOVIMIENTOS CONTRÁCTILES..—Además de los movimientos anteriormente descritos, las células animales pueden experimentar un movimiento brusco de retracción. Este movimiento, que en muchos casos no aparece localizado en determinada porción del protoplasma, tiene generalmente asiento en ciertas fibrillas llamadas *mionemas* que existen en el pedúnculo de algunos infusorios fijos, como las *Vorticellas (fig. 32)*, o a lo largo del cuerpo de otros infusorios.

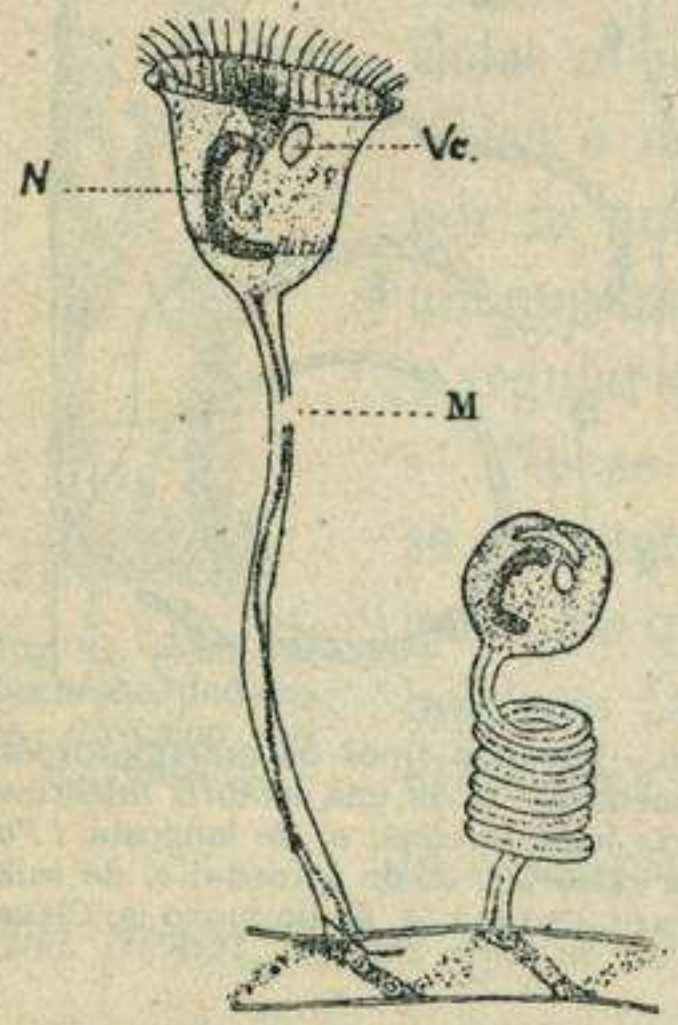


Fig. 32.—*Vorticella* (aguas dulces de Madrid) sobre *Spirogyra*. Ejemplares extendido y contraído. *N*, núcleo. *Vc*, vacuola contráctil. *M* mionema.

Algunas células, como las fibras musculares, están especialmente adaptadas a esta clase de movimientos. Es un hecho muy general que la sustancia contrátil, tanto de los mionemas como de las células musculares, son activas a la luz polarizada y ofrecen una estriación determinada por la alternancia de zonas claras con zonas más oscuras. Estos hechos hacen presumir la existencia en tales elementos de una peculiar estructura físico-química.

Intentos de Biología sintética. La Plasmogenia.—Estudiando la constitución físico-química del protoplasma, varios investigadores han sorprendido el mecanismo físico-químico de algunos fenómenos vitales, logrando imitar, con materias inertes, algunas disposiciones, determinadas estructuras y aun actividades celulares.

Los resultados son por demás atrayentes, hasta el punto que entre algunos de estos biólogos, la síntesis del protoplasma vivo y de la célula es un problema que no está fuera del campo científico.

En estos trabajos se han distinguido Leduc y el biólogo mejicano Herrera, el cual bautizó con el nombre de *Plasmogenia* a esta rama interesantísima de la Biología (*).

La mayoría de los biólogos están, sin embargo, muy lejos de compartir los optimismos de estos investigadores, no dando a sus experimentos más que un valor expli-

(*) Los 28 años del a vasta y admirable labor del doctor Herrera está recopilada en el libro de que es autor, titulado *Una nueva Ciencia*, LA PLASMOGENIA, editorial Maucci, Barcelona, obra que será consultada con gusto y con provecho por cuantos deseen conocer el *modus operandi* y realizar por sí mismos los experimentos. El culto doctor Israel Castellanos, de la República de Cuba, ha publicado también un libro titulado *La Plasmogenia* y editó en la Habana el *Boletín del Laboratorio de Plasmogenia*, donde cita curiosos experimentos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

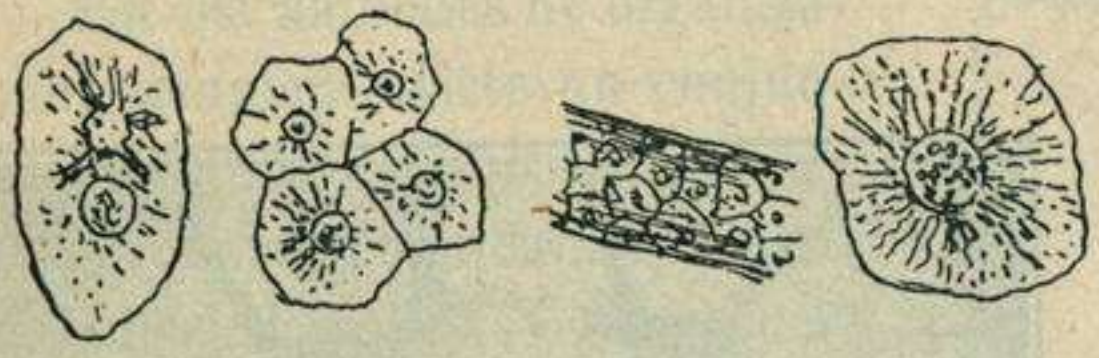


Fig. 33.—Imitación de células obtenidas por el Dr. Herrera, de Méjico, haciendo reaccionar sílico-carbonato de potasio y cloruro de calcio, separados por las paredes de un vaso poroso. (De *Boletín del Laboratorio de Plasmogenia*. La Habana.)

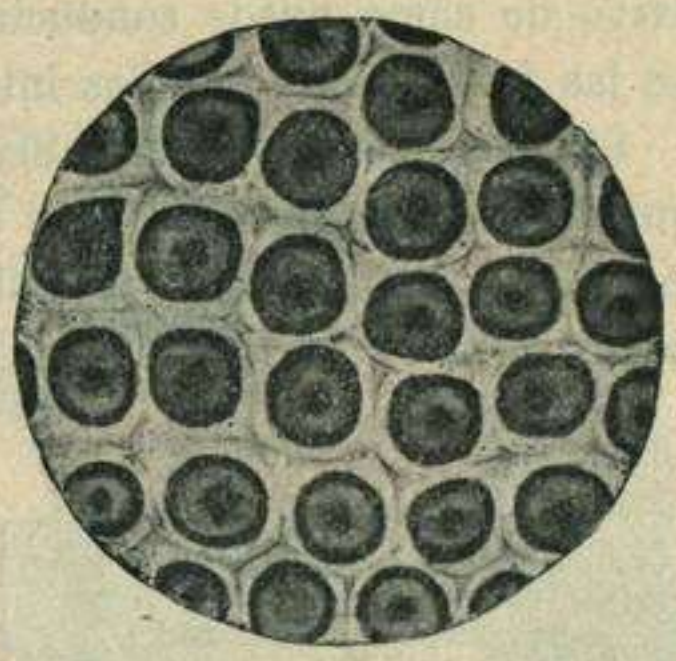


Fig. 34.—Imitación de una estructura celular obtenida extendiendo sobre una placa de vidrio una solución de gelatina al 3 % que contenía ferrocianuro potásico y dejando caer sobre ella gotas de sulfato de cobre.

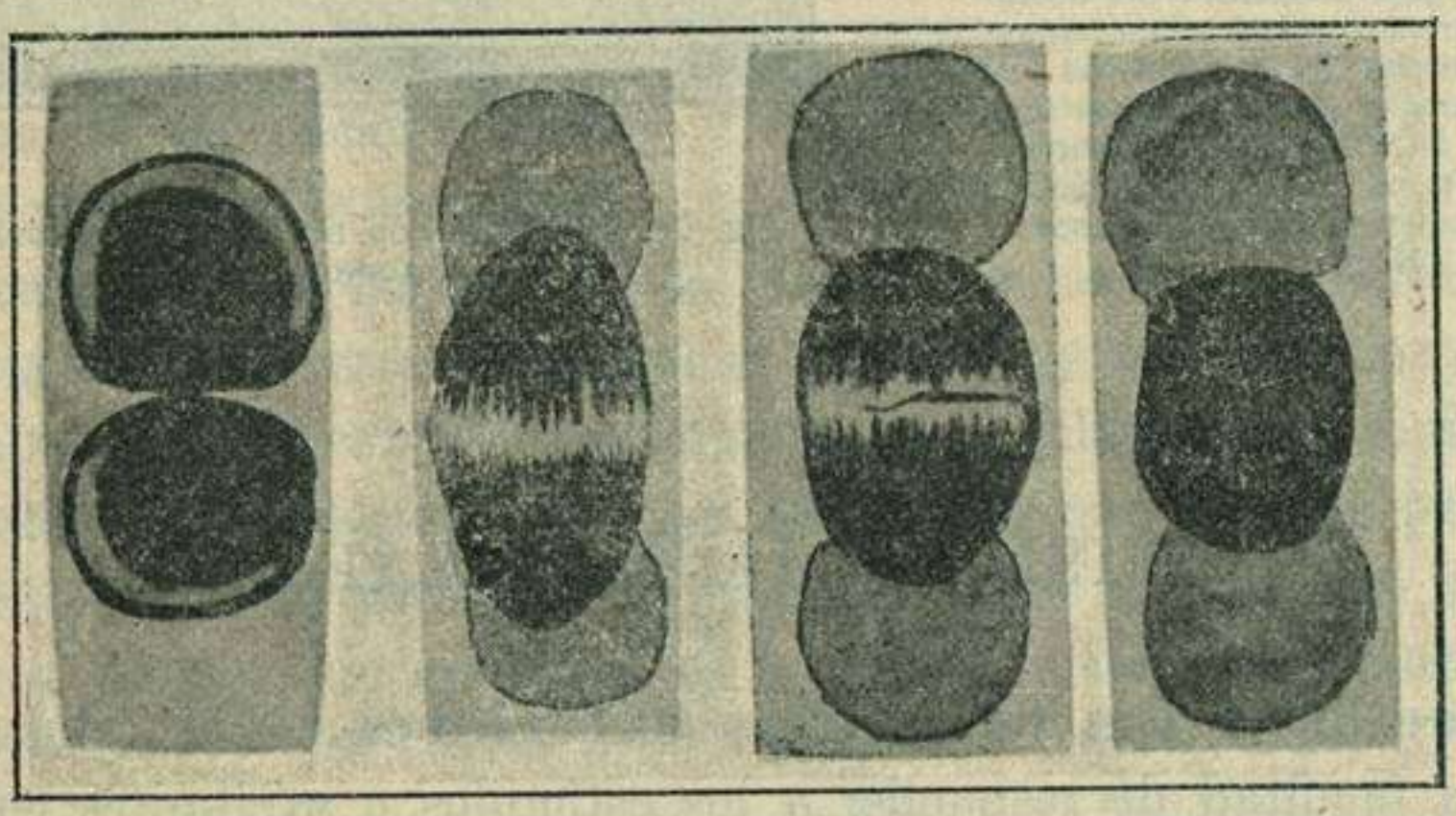


Fig. 35.—Estados sucesivos de la imitación de la carioquinesis, obtenidos mediante una gota de solución coloreada con tinta china entre dos gotas hipertónicas también coloreadas. (Según Leduc).



Fig. 36.—Crecimientos osmóticos, que recuerdan el talo de algunas Talofitas, obtenidos por un procedimiento análogo al reseñado en la figura 34.

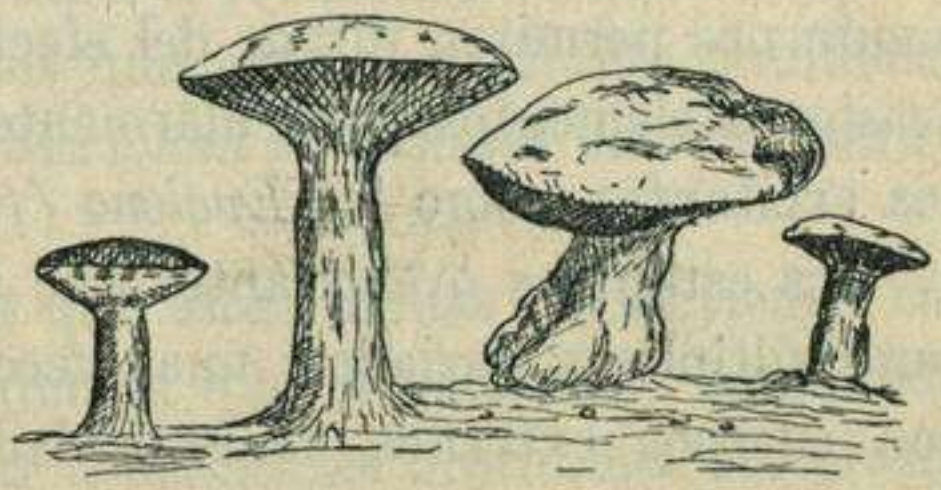


Fig. 36 bis.—Crecimientos osmóticos obtenidos por Leduc, imitando hongos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cativo de cómo puede conducirse el protoplasma en diversas circunstancias y cuáles son las fuerzas que en ellos intervienen.

Sin poder entrar en detalles acerca del modo de operar, nos limitamos a mostrar aquí algunos de los resultados obtenidos, que en ocasiones sorprenden por la perfección con que reproducen los estudios o los hechos biológicos que se pretendía imitar *(figuras 33 a 37 bis)*.

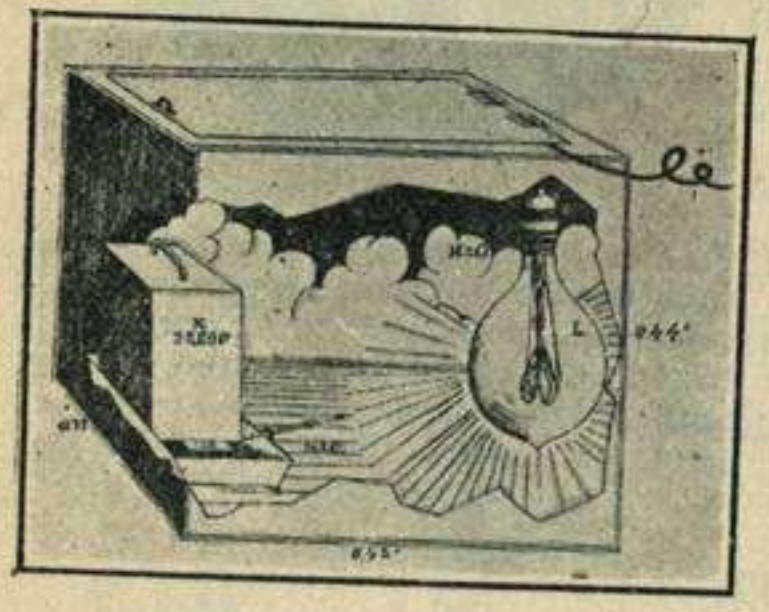


Fig. 37.—Cámara citogénica del doctor Herrera. Entre un porta y un cubreobjetos se colocan las disoluciones que han de actuar y se comprimen con una pesa de 28,800 kgs.—La temperatura se mantiene entre 80° y 90° c. (Fot. comunicada por el profesor Herrera).

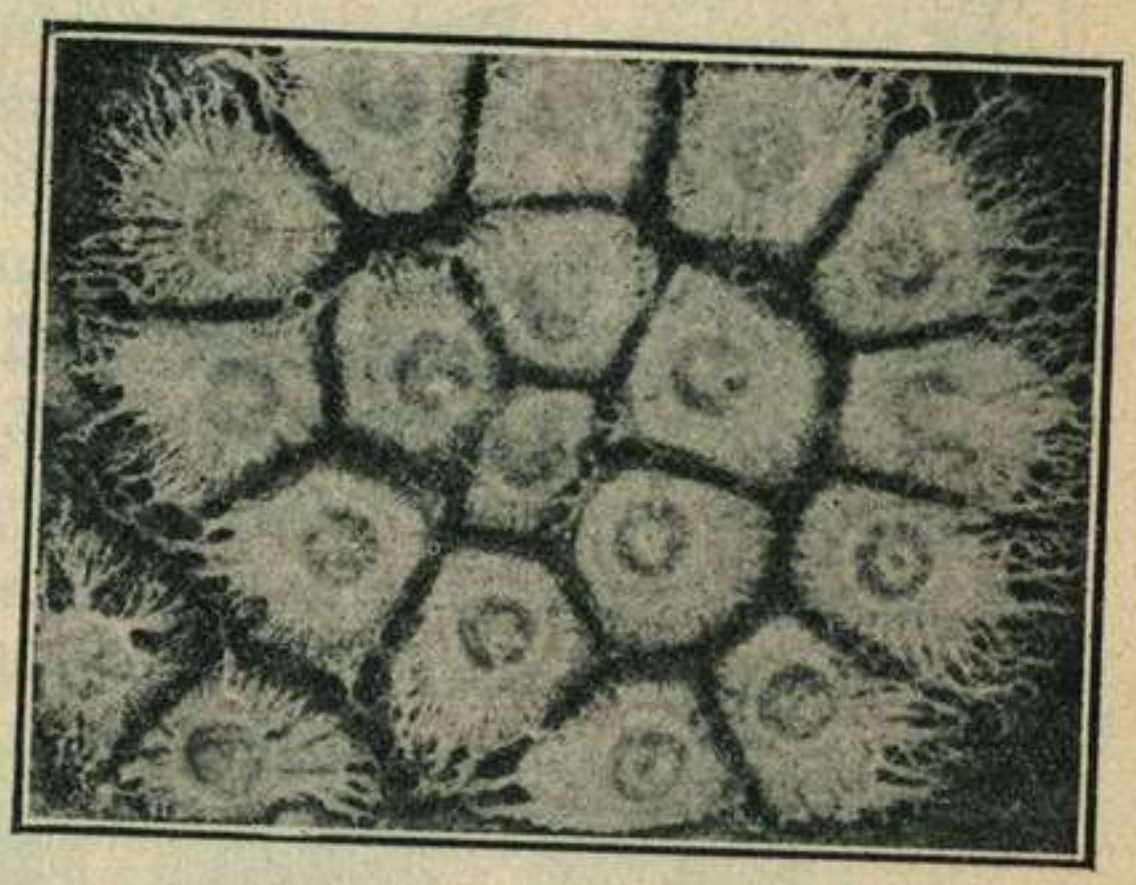


Fig. 37 bis.—Imitación neuronas (Fot. comunicada por el profesor Herrera).

FISIOLOGÍA CELULAR

Reacción a los estímulos exteriores.—Las células todas poseen la facultad de responder a los estímulos o excitantes en virtud de su irritabilidad, propiedad característica de la materia viviente.

Las células reaccionan ante los estímulos exteriores mediante cambios o modificaciones anatómicas o funcionales, que son los que precisamente nos permiten juzgar del efecto causado por aquéllos, teniendo en ocasiones elementos particularmente adaptados a la naturaleza de ciertos excitantes, como las *Euglena (fig. 28)* y las *Pouchetia (fig. 38)*.

Los estímulos o excitantes que ejercen su influencia sobre la célula, son múltiples y variados: unas veces son mecánicos, como los contactos con cuerpos extraños, la gravedad, los traumatismos producidos por choques más o menos violentos; otras son de índole física, como la luz, electricidad, temperatura, etc., o químicos. En este caso está la influen-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cia de determinadas sustancias, como las que sirven de alimento o tienen influencia en otras funciones orgánicas, como el oxígeno, el anhidrido carbónico o las sales de composición diversa.

En los animales de organización compleja existe un conjunto de células, las nerviosas, especialmente acomodadas a esta finalidad. En ellos se denominan reflejos las respuestas elementales y sencillas a las excitaciones que del exterior llegan. En el reflejo elemental se requieren, por lo menos, dos categorías de células: unas que reciben y transmiten la excitación anterior, y otras que son las encargadas de elaborar y ordenar la respuesta.

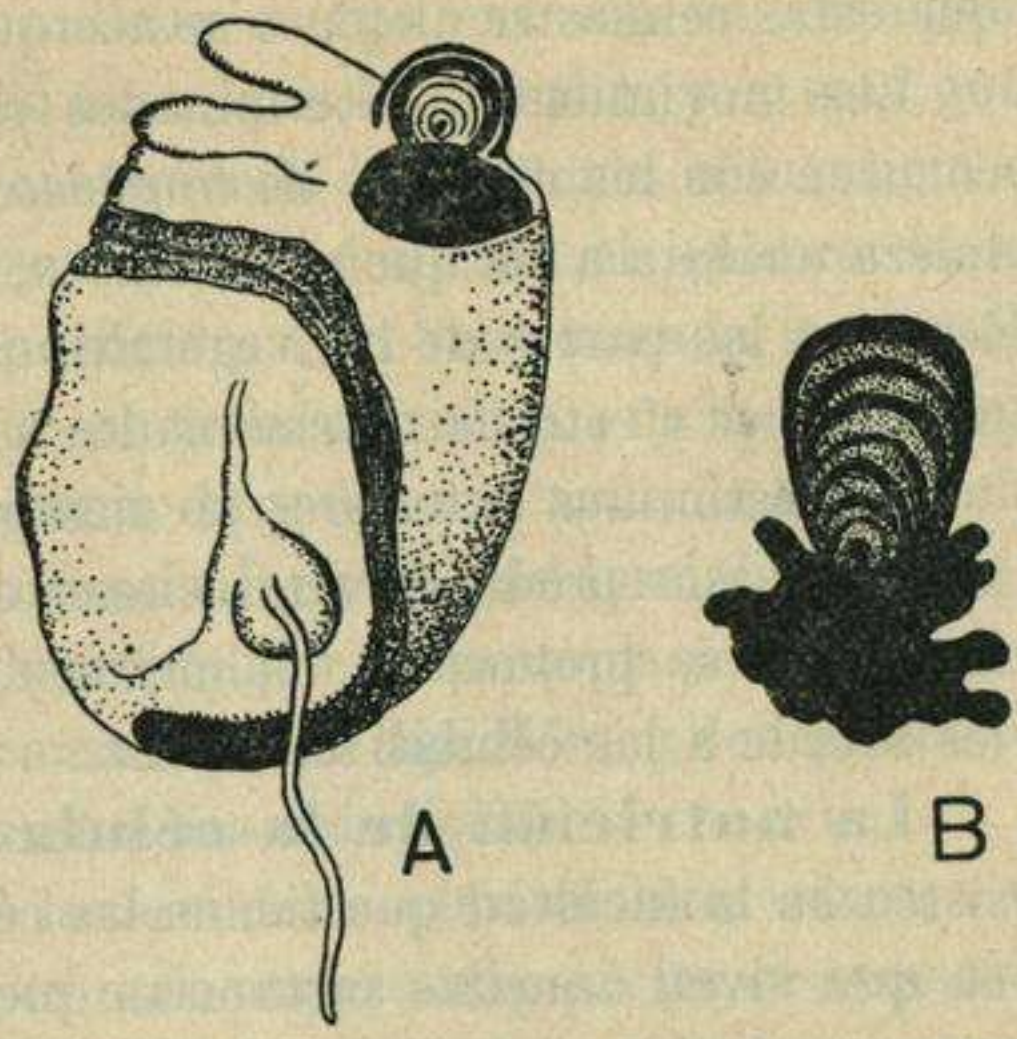


Fig. 38.—A. Célula de un Dinoflagelado *(Pouchetia)* con un elemento destinado a reaccionar ante los estímulos luminosos.—B. Detalle del mismo. Un grano de almidón actúa al modo de un rudimentario cristalino.

En cada una de las células, la reacción a los excitantes exteriores obedece a las mismas fases que en el reflejo nervioso. Así, por ejemplo: si en un recipiente desigualmente iluminado se colocan algas unicelulares y protozoarios de distintas especies, los efectos que en ellos produce la desigual iluminación varía con la especie de que se trate. La impresión para unos y otros, sin embargo, es la misma; pero su respuesta es diferente.

La mayoría de ellos se orientan con relación al foco luminoso de modo que el eje de su cuerpo es sensiblemente paralelo a los rayos que de él emanan; pero en tanto que unos se dirigen a la parte iluminada, otros se alejarán de ella todo lo que les permita el recipiente en que el experimento se hace. Por tanto, observamos que ante el excitante luminoso estos seres unicelulares *responden o reaccionan de distinta manera*, según su peculiar irritabilidad.

Este sencillo fenómeno nos revela que estas células libres tienen capacidad para recibir el estímulo luminoso; que la excitación producida es conducida desde la frontera celular a las partes profundas del protoplasma; que en ellas se produce la transformación de esta excitación en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

impulso motor, y, por último, que como resultado de todas estas complejas acciones, la reacción motora puede ser positiva o negativa, según que estas células se alejen o se acerquen del foco luminoso.

Los movimientos determinados por estas respuestas elementales se conocen con los nombres de *tropismos*, *tactismos* o *taxias*, y son de naturaleza análoga a las que se producen, según luego veremos, en los animales o en las partes de los vegetales que modifican su dirección de crecimiento por efecto de determinados agentes. (Véase págs. 183 y 521).

Los estímulos exteriores no siempre se traducen en movimientos; en muchos casos producen alteraciones en la constitución o en la actividad interna o se provoca la elaboración de determinados productos, como les sucede a las células secretoras.

La nutrición de la célula.—Las funciones de nutrición consisten en la facultad que tienen las células de tomar del medio ambiente en que viven aquellas sustancias que les servirán para reponer los desgastes sufridos ejerciendo sus funciones. Se irán dando a conocer sucesivamente los distintos actos que se distinguen en las funciones nutritivas o *metabólicas* (del gr. *metabolos*, cambio) y que son: prehensión del alimento, ingestión, digestión, absorción, asimilación, desasimilación, excreción y respiración.

Los animales unicelulares, como los protozoos, ejecutan verdaderos actos de prehensión y englobamiento. Las amibas *(fig. 39)*, cuando al

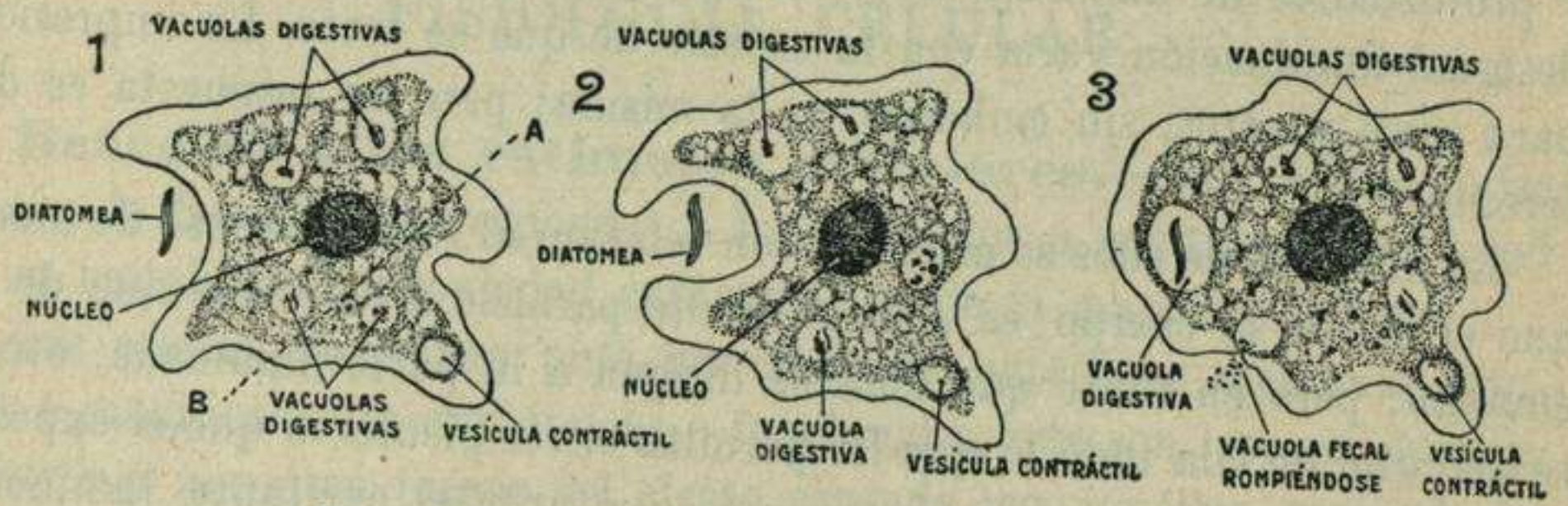


Fig. 39.—Representación semiesquemática de una amiba.

moverse encuentran algún cuerpo extraño, por ejemplo, una diatomácea *(1)* (*) o una partícula vegetal cualquiera *(2)*, no pueden, a causa de la mucha tensión superficial del protoplasma, hacerla penetrar di-

*) Vegetal microscópico. Véase pág. 594 y también BOTÁNICA, por O. Cendrero, 5.ª edición, pág. 57.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rectamente en su cuerpo. Para conseguir esto, el protoplasma se deprime a su nivel, como indica la *fig. 39*, y termina cerrándose por encima de ella *(3);* mas al mismo tiempo que dicho cuerpo extraño, es englobada también una pequeña cantidad del agua que le rodeaba, y a esta gota así incluída en el protoplasma y conteniendo la partícula alimenticia es a lo que se llama *vacuola digestiva*, conociéndose con el nombre de *ingestión* este primer tiempo de la nutrición. Una vez formada la vacuola digestiva, comienza el trabajo químico de la nutrición, gracias a un jugo ácido y a fermentos que el protoplasma difunde en el agua de la vacuola, y que da por resultado que la sustancia ingerida, de insoluble, se trueque en soluble y capaz de ser absorbida por el protoplasma. Este momento químico de la nutrición constituye la *digestión*, y los productos obtenidos mediante ella son las *sustancias asimilables*.

Las células de los tejidos de los animales pluricelulares carecen en general de movimiento, el cual, por otra parte, tampoco les es necesario, puesto que no han de dedicarse a prehender y disolver el alimento como una amiba, a causa de que entre ellas se encuentra ya un medio a propósito para su nutrición, del cual toman las sustancias que necesitan, y cuyo medio han coadyuvado a formar previamente (como se verá más adelante) las células de otros tejidos a los que están encomendadas estas funciones, por lo cual las células asociadas han perdido, en general, la capacidad digestiva.

Sin embargo, en los leucocitos de la sangre se conserva la propiedad de englobar cuerpos extraños, denominándose a este fenómeno *fagocitosis*, el cual tiene enorme importancia en la defensa orgánica al ataque de las bacterias y otros agentes patógenos.

Se ve que tanto en el caso de la amiba como en el de las células federadas que forman los tejidos, tienen a su disposición sustancias asimilables; en el primer caso, disueltas en la vacuola digestiva; en el segundo, en los líquidos orgánicos que las bañan. En ambos casos se verifica otra fase de la nutrición, la *absorción*, durante la cual las sustancias asimilables pasan poco a poco al protoplasma (*). En el caso de las células de los tejidos, este paso se verifica a través de la membrana fundamental, que obra como permeable o semipermeable, según los casos, mediante

(*) La absorción está sometida a determinadas condiciones físicas, de las cuales las principales son la *difusión* y la *ósmosis*. La primera consiste en la propiedad que poseen algunos líquidos de naturaleza diferente, o de diferente grado de concentración, de mezclarse espontáneamente; cuando la difusión se verifica a través de una membrana recibe el nombre de *ósmosis*, que puede ser *endósmosis* o *exósmosis*, según se refiera a la corriente entrante o a la saliente, según se vió anteriormente.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

el proceso físico de las endósmosis, merced al cual penetra el líquido nutricio en el interior de la célula y se difunde por ella. En el caso de la amiba, las sustancias asimilables se encuentran dentro de la vacuola alimenticia y no hacen más que difundirse por el mismo, atravesando la pared vacuolar. Una vez que las sustancias asimilables se hallan en el seno del citoplasma, han de sufrir la última transformación, que da por cesultado el que unas de dichas sustancias sean empleadas en la fabrica-rión de las reservas alimenticias que utilizarán en las épocas en que escasee el alimento, y otras sean convertidas en protoplasma, sirviendo para reconstituir el destruído y aumentar el volumen del cuerpo de la célula. Esta fase de la nutrición constituye la *asimilación*, llamada también *anabolismo*, es decir, construcción.

Aquellos materiales que son inatacables por el líquido digestivo, como, por ejemplo, el caparazón de las diatomáceas, que es de sílice, continúan en la vacuola, y cuando ésta, bajo la influencia del movimiento protoplásmico, se aproxima a la superficie, revienta y arroja al exterior los restos no digeridos. La vacuola, de digestiva se convierte en *fecal (fig. 39, 3)*. Se ve, pues, que las vacuolas digestivas no están inmóviles, sino que continuamente son desplazadas por el movimiento del protoplasma; y que tampoco son permanentes ni en número constante, sino que, por el contrario, a cada momento están desapareciendo unas y apareciendo otras nuevas, existiendo simultáneamente varias en número indeterminado.

En las células de los tejidos no se encuentra este desprendimiento individual de los productos no digeribles, por cuanto que en ellas las sustancias penetran ya disueltas; mas tanto en la amiba como en las células asociadas, se verifican otros dos actos de la nutrición: la *desasimilación* o *catabolismo* y la *excreción*, porque en ambas el protoplasma es asiento de una continua destrucción de sustancia, bien del propio protoplasma, bien de las sustancias de reserva que ya se ha dicho están íntimamente incorporadas a él. Pero séanlo unas u otro, a esta destrucción continua se la conoce con el nombre de *desasimilación*, y *sustancias de desasimilación* o de *desecho* a las sustancias así producidas, las cuales son principalmente el anhidrido carbónico, la urea y el ácido úrico, que en adelante ya no sólo resultan inutilizables por la célula, sino perjudiciales, por cuya razón son arrojadas al exterior: este acto constituye la *excreción*. En las células asociadas, la salida de los productos de excre-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ción se verifica por exósmosis; pero en las amibas, si bien una pequeña parte sale por exósmosis, la mayor parte es arrojada por un mecanismo especial conocido con el nombre de *vesícula contráctil (fig. 39)*. Consiste ésta, como su nombre indica, en una pequeña cavidad o vejiguita donde va reuniéndose lentamente agua que lleva disueltas las sustancias de desasimilación; cuando la vesícula alcanza un tamaño determinado se contrae bruscamente y su contenido es arrojado al exterior; vuelve a llenarse de nuevo y de nuevo se vacia por idéntico procedimiento, como si en dicho punto se encontrase una vesícula dotada de rítmico movimiento de contracción.

RESPIRACIÓN.—El oxígeno que la célula toma del exterior es fuente y origen de toda la actividad interna del protoplasma, dando lugar a la energía que se consume en los movimientos celulares. No se crea, sin embargo, que toda esta energía se emplea únicamente en los movimientos exteriores, sino también en el complicado proceso de síntesis o asimilación que el anabolismo implica. ¿Pero de dónde proviene esta energía? Observemos lo que ocurre en una máquina de vapor: al quemarse, o lo que es lo mismo, al oxidarse el carbón, desprende una cantidad de energía en forma de calor, de la que una parte se pierde, pero otra se utiliza en calentar el agua y vaporizarla; la expansión de estos vapores mueve el pistón y con él todos los órganos de la máquina. De una causa análoga proviene la energía y el movimiento del protoplasma: el oxígeno del medio ambiente es atraído por la célula, ya sea libre o federada, y al entrar en su protoplasma oxida o quema los diversos materiales, principalmente los hidrocarbonados, produciendo la energía y a su vez el movimiento. Pero, como en toda combustión, al propio tiempo que el protoplasma absorbe oxígeno, desprende anhidrido carbónico, y precisamente en esta continuada absorción de oxígeno y desprendimiento de anhidrido carbónico es en lo que consiste la *respiración;* es decir, que la célula respira.

Esta combustión se realiza en los seres vivos en unas condiciones tales de suavidad, explicables por la acción de los fermentos oxidantes u oxidasas. (Véase págs. 30 a 33.)

La reproducción de la célula.—La célula crece cuando asimila, y tanto mayor es su crecimiento cuanto más activa es la asimilación; mas este crecimiento no es continuo, sino que habiendo una primera edad en la que aumenta progresivamente, llega un período durante el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cual hay equilibrio nutritivo, es decir, que la cantidad de sustancias asimiladas es próximamente igual a la de las desasimiladas, y, por fin, cuando la célula es vieja, su funcionalismo no es perfecto y las sustancias perdidas por la desasimilación no son recuperadas totalmente por la célula caduca, la cual termina por morir. Pero el crecimiento de la célula joven o en plenitud de vida no es ilimitado, sino que cuando ésta alcanza un tamaño dado, que es próximamente igual para las células de la misma especie, se *reproduce*, es decir, origina nuevas células, que son análogas a la que las engendró.

Por dos procedimientos principales se reproducen las células animales: por *división directa* o *división indirecta*, *mitosis* o *carioquinesis*.

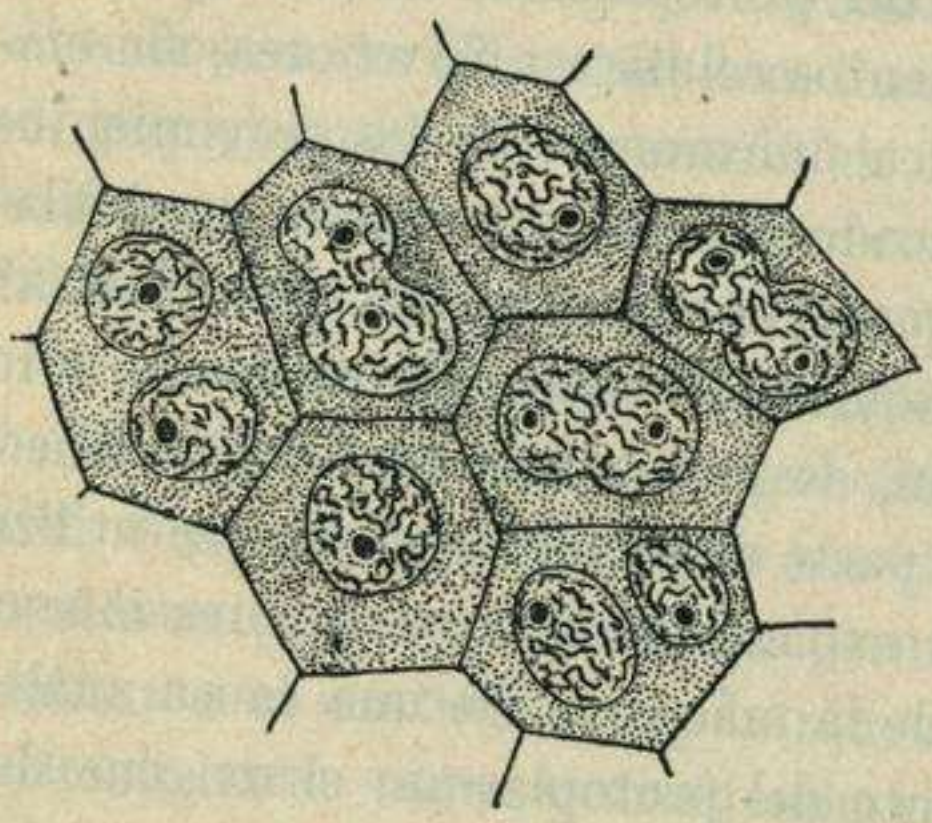


Fig. 40.—Células durante el proceso de la división directa o amitosis. Epitelio del folículo ovárico de la cucaracha. (Imit. Whecler).

La división directa *(fig. 40)* se inicia por el núcleo, el cual comienza, sin sufrir ninguna modificación previa, por estrangularse o angostarse en su línea media transversal y no tarda en romperse en dos idénticos: el protoplasma y la membrana siguen al núcleo en su rotura y se originan así dos células. Al contrario de lo que pudiera creerse, este sencillo procedimiento de reproducción está poco difundido; en los seres unicelulares parece estarlo algo más, pero en los pluricelulares son escasas las células que le poseen.

Más general es la *mitosis* (del gr. *mitos*, hilo), *carioquinesis* o *cariocinesis* (del gr. *káryon*, núcleo; *kínesis*, movimiento), así llamada porque el núcleo es asiento de grandes cambios de estructura que van acompañados de complejos fenómenos de movimiento, los cuales recaen en el filamento, a lo que alude el primer nombre. También el citoplasma es asiento de algunas modificaciones, y tanto unas como otras siguen determinadas fases, que, con ligeras variantes, son iguales en todas las células.

Estas fases pueden resumirse en tres principales, que abarcan otras varias, y son: *profase* o fenómenos preliminares, *metafase* o verdadero momento de la división carioquinética y *anafase* o conjunto de fenómenos que siguen a dicha división.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

PROFASE. *(fig. 41)*.—Al comenzar el proceso de la división celular, el centrosoma se divide en dos, formándose al mismo tiempo dos esferas atractivas, perfectamente visibles porque en estos instantes el áster de cada una de ellas es muy aparente. En algunos casos parece que la división del centrosoma es muy precoz, realizándose ya en la célula en reposo, a lo que se debe que no pocos autores hayan considerado que era dos el número normal de centrosomas en cada célula.

Los dos centrosomas se separan y terminan por colocarse en los dos polos del núcleo *(2, 3, 4)*. Mientras esto se verifica, en el núcleo ocurren

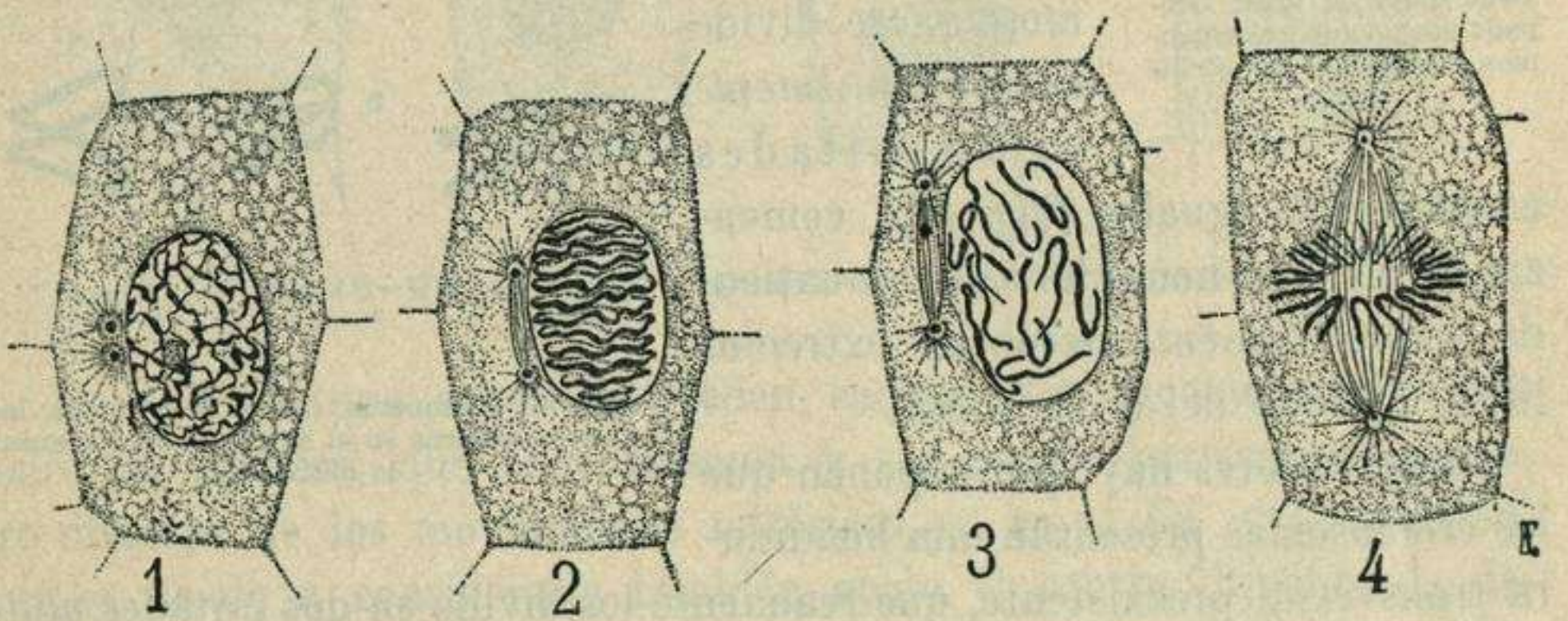


Fig. 41.—Carioquinesis de las células del albumen de la *Fritillaria* (Profase).

modificaciones estructurales que consisten en la condensación del retículo, el cual queda convertido en un *filamento continuo* que se apelotona desordenadamente, originando la llamada *fase del ovillo cromático* o *fase del espirema* (del gr. *speirema*, ovillo) *(2)*. A poco de constituído el espirema, se rompe en un determinado número de trozos, llamados *asas cromáticas* o *cromosomas*, que están formados por cromatina y tienen la forma de V o J *(3)*, y *cuyo número es constante para las células de la misma especie*. Al mismo tiempo que pasan estos fenómenos, la membrana nuclear y el nucleolo desaparecen, y poco después se produce en el protoplasma un fenómeno muy importante, que consiste en la formación del *huso acromático (3* y *4)*, el cual es un conjunto de delgados filamentos curvos que al agruparse forman una especie de huso o tonel, en cada uno de cuyos extremos se encuentra un centrosoma rodeado por su centrosfera y su áster. Mientras tanto, los cromosomas vuelven sus codos hacia el centro del núcleo y se colocan exactamente en el plano ecuatorial

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del huso, constituyendo una estrella regular o *estrella madre (fig. 41, 4* y *fig. 42)*, cuyo plano es perpendicular al eje de éste, por lo que, visto de perfil, parece una placa que corta al ecuador del huso y de aquí el nombre de *placa ecuatorial.*

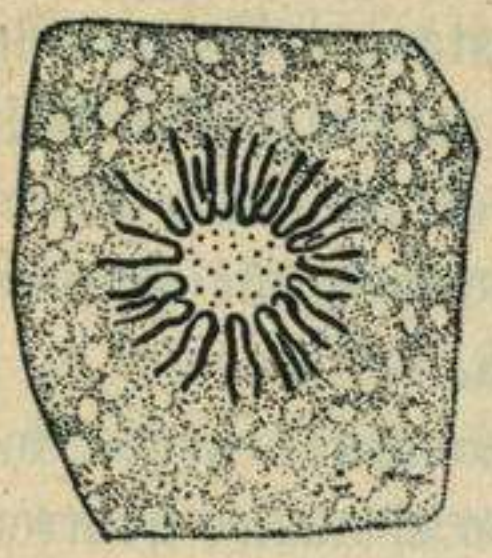


Fig. 42.—Estrella madre, vista desde el lugar ocupado por uno de los centromas. Albumen de *Fritillaria.*

METAFASE.—Una vez terminada la fase preparatoria con la formación de la estrella madre, comienza la verdadera división, para lo cual cada cromosoma se divide *longitudinalmente* en dos mitades exactamente iguales *(fig. 43)*, comenzando por una hendidura que se extiende progresivamente desde los extremos libres al codo del cromosoma.

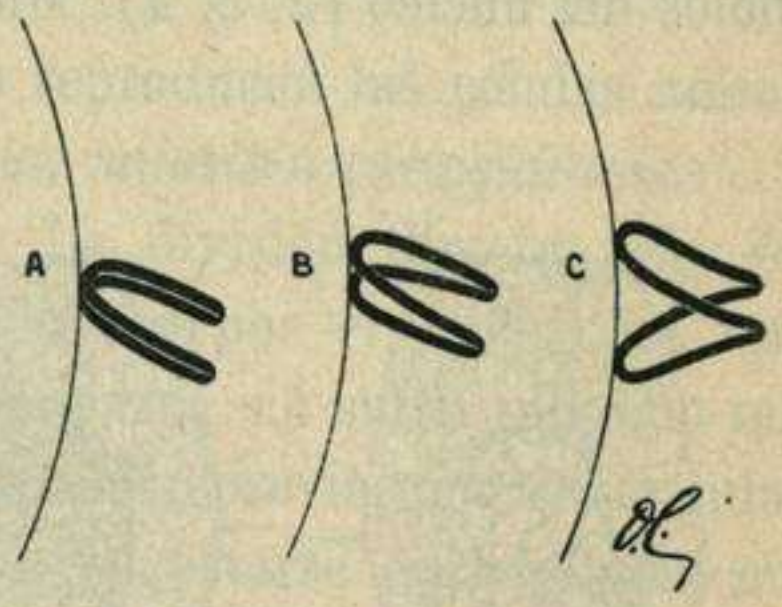


Fig. 43.—Esquema de la división de las alas cromáticas en el momento de comenzar la metafase.

Observadores hay que suponen que los cromosomas presentan una hendidura transversal preexistente, que realmente los divide en dos mitades adosadas la una a la otra, que en este momento aparece más clara y visible.

Después de esto se inicia la separación de las dos mitades resultantes, comenzando por los codos, y siguiendo los filamentos del huso acromático se dirigen a los polos de éste *(fig. 44, 1)*, originándose así, cerca de cada centrosoma, una estrella hija dotada del mismo número de filamentos cromáticos.

ANAFASE.—El huso acromático y los áster desaparecen y alrededor de las estrellas hijas se forma una fina membrana, cerca de la cual se encuentra el centrosoma de cada estrella *(fig. 44, 2, 3* y *4)*. Según unos autores, los cromosomas se enlazan por unos filamentos pálidos y ramificados que brotan del contorno de las asas, dando lugar a una figura reticulada igual a la que el núcleo tiene de ordinario, y según otros autores, los cromosomas de cada estrella hija se unen por sus extremos, constituyendo un cordón al espirema, el cual se alarga y ramifica luego, originando la red nuclear. Aparte de esto, la pérdida de la individualidad de cada cromosoma se debe a que la masa de cromotina se vacuoliza y pierde su forma de bastón encorvado. Después de esto, el citoplasma

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se hiende por su plano ecuatorial, y apareciendo una membrana y el nucleolo queda terminada la división celular y el núcleo en el *estado* o *fase de descanso (fig. 44, 4)*.

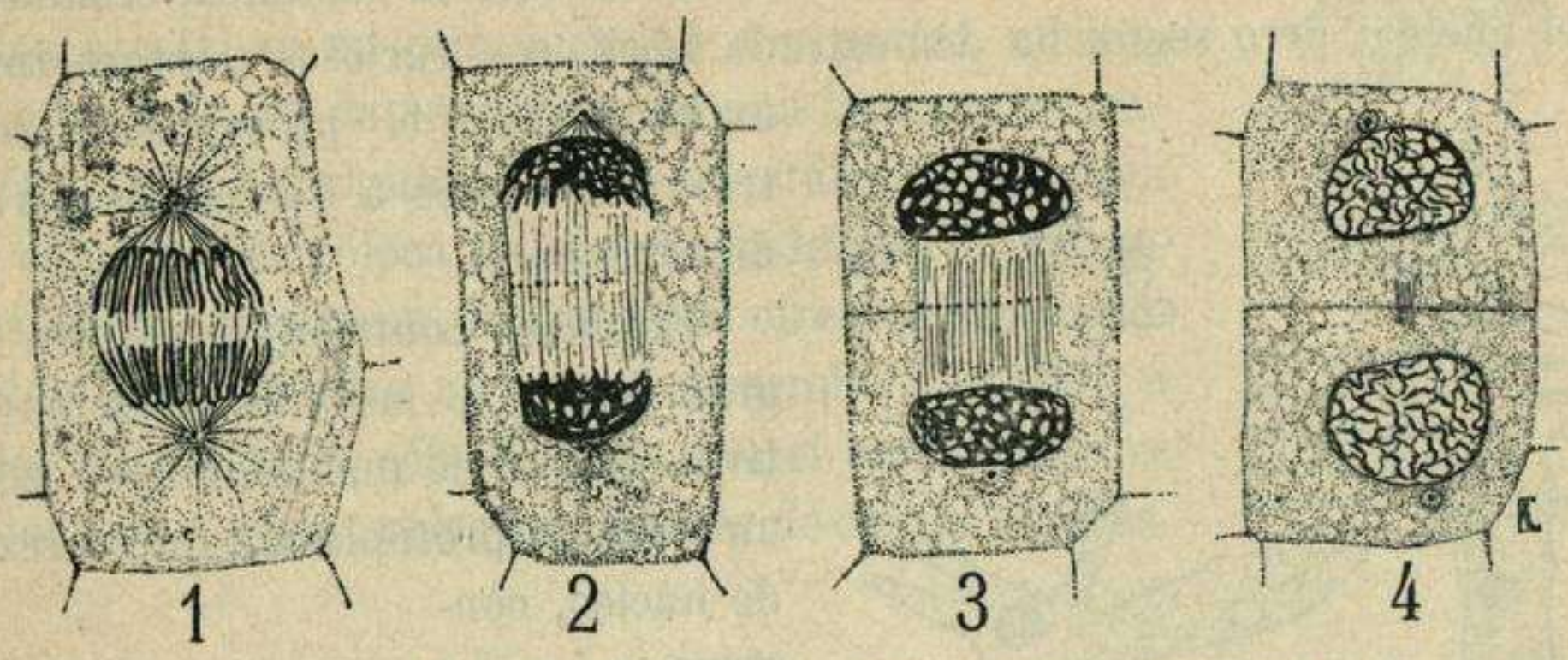


Fig. 44.—Últimas fases de la carioquinesis. Albumen de *Fritillaria*.

De todo lo que antecede pueden sacarse dos conclusiones principales: la primera, que el centrosoma y sus anejos parecen ser el centro director de los movimientos mitósicos, y ya se ha visto (pág. 49) que se tiende a considerarle también como el centro director de determinados movimientos en la fase de descanso, pareciendo, por consiguiente, deducirse que el centrosoma es el verdadero *centro cinemático* o *kinético* de la célula. La otra conclusión, más importante aún, es que el núcleo se nos presenta como el *órgano de la herencia celular*, puesto que aun admitiendo como cierto el que la cromatina fuese distinta en los distintos puntos de los cromosomas, como éstos se dividen longitudinalmente, la repartición de la cromatina en los núcleos hijos sería exactamente igual en cantidad y calidad, y, por tanto, puede la célula progenitora transmitir a sus descendientes la mayor parte de sus caracteres, que es en lo que consiste la herencia, siendo además el núcleo el que dirige la asimilación.

Relaciones entre las diversas partes de la célula.—Los elementos que constituyen la célula no son independientes unos de otros, y aunque algunos de ellos contribuyan más directamente que otros al desempeño de determinadas funciones, la colaboración íntima de todos y su respectiva interación es la que produce el armónico funcionamiento de la célula.

Las funciones de reproducción residen principalmente en el núcleo; pero el protoplasma tiene en ellas un papel decisivo, ya que, según se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sabe, la reproducción es consecuencia del crecimiento, que a su vez depende de la nutrición celular, que tiene su principal asiento en el protoplasma.

En la herencia interviene de un modo directo la sustancia cromática del núcleo; pero según ha demostrado Loeb, con curiosos e interesantes experimentos, el protoplasma contribuye no poco a dar carácter a la descendencia.

El núcleo contribuye también en gran parte a las funciones nutritivas. Así, si de una amiba se aisla un trozo de protoplasma que carezca de núcleo, conserva aún la facultad de capturar partículas orgánicas alimenticias, pero es incapaz de realizar su digestión.

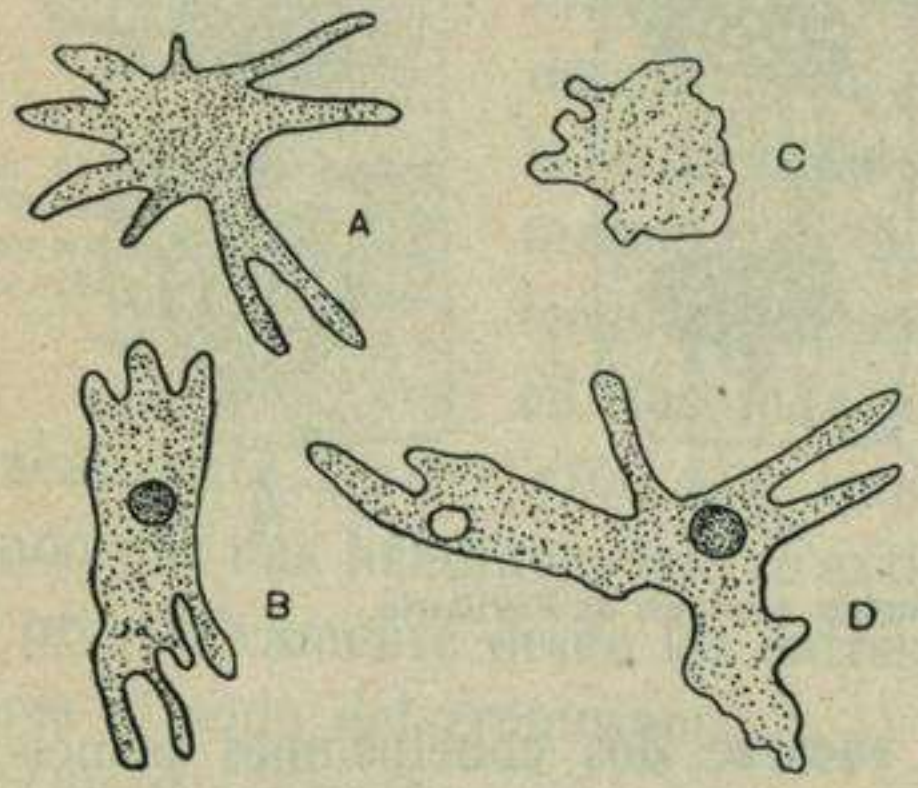


Fig. 45.—Si a una ameba la dividimos en dos partes A y B, una (B) con núcleo y otra (A) sin él, al cabo de algún tiempo la parte sin núcleo degenera y muere (C), en tanto que la otra (D) aumenta de tamaño, regenera la vacuola contráctil y sigue viviendo. (En parte, según Hofer).

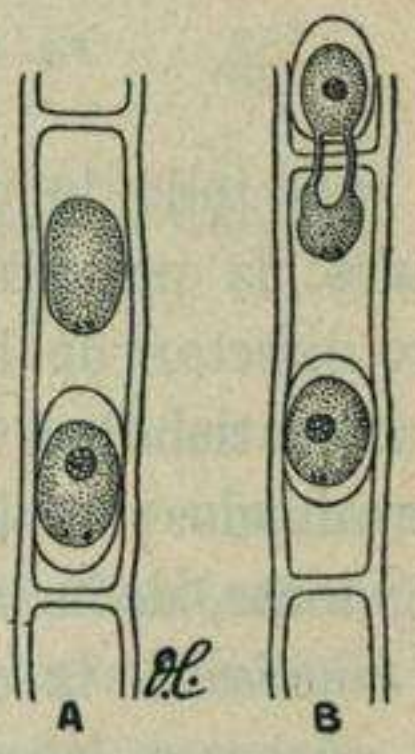


Fig. 46.—A, célula dividida en dos trozos, de un pelo del cáliz de *Gaillardia:* sólo el fragmento nucleado forma membrana; B, célula de un pelo de hoja de calabaza, con su contenido dividido: el fragmento superior sin núcleo segrega membrana por estar en comunicación con el protoplasma de la célula vecina mediante unos filamentos protoplasmáticos denominados plasmodesmos. (Inspirado en Townsend.)

Pero esta intervención directa del núcleo se evidencia de una manera terminante con las experiencias de *merotomía* (del gr. *meros*, parte; *temnein*, cortar) instituídas por Balbiani (*). Consisten éstas en colocar una amiba u otro ser unicelular en el campo del microscopio y con un fino escalpelo dividir la célula en dos partes (pasando por la línea A B, por ejemplo, de la fig. 39, 1), una con núcleo y otra sin él, y se ve que al cabo de cierto tiempo la primera no sólo continúa viviendo, sino que regenera el protoplasma que se le quitó, mientras que la segunda muere y se disgrega. Lo cual prueba de una manera clara que es el núcleo el verdadero director de la asimilación, base de la vida de la célula, por lo que no es de extrañar se considere como célula muerta aquella que esté privada del núcleo (pág. 40).

(*) *G. Balbiani* (1825-99), profesor francés de Embriogenia en el Colegio de Francia (París) y célebre por sus investigaciones sobre la célula.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El núcleo interviene muy directamente en la formación de la membrana. Townsend logró, en sus experimentos, fragmentar el protoplasma en el interior de las células vegetales: de estas porciones, sólo las que conservaban el núcleo o estaban en comunicación con partes nucleadas eran capaces de envolverse en una tenue membrana *(fig. 46)*. En algunas células vegetales se observa que el núcleo se coloca en las proximidades de los parajes de la membrana en que ésta ofrece algún espesamiento que implica un mayor desarrollo *(fig. 47)*, o en las partes de la célula en las que el crecimiento es mayor, como en los pelos radiculares de ciertas plantas.

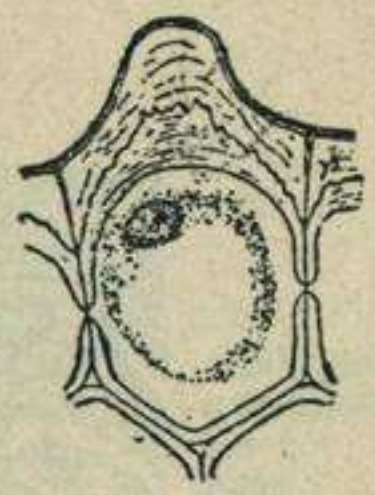


Fig. 47. — Engrosamiento de la membrana celulósica de una célula vegetal enfrente del núcleo (según Belzung.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ASOCIACIONES CELULARES

Unos organismos están constituídos por una sola célula o elemento anatómico, recibiendo por ello el nombre de seres monocelulares o unicelulares, en tanto que otros están integrados por un número considerable de células asociadas, por lo que se dice de ellos que son pluricelulares.

Los seres unicelulares, dentro de su sencillez, son capaces de realizar todas, absolutamente todas las funciones que tienen lugar en los seres pluricelulares de mayor complejidad. En la actividad de éstos no existe nada nuevo, ni nada que no hayamos encontrado ya en la actividad de una sola célula; lo que sucede es que su mayor complejidad hace que las diversas funciones se realicen con mayor perfección.

Realmente, cada uno de los seres unicelulares es comparable, en sus rasgos generales, a cada una de las incontables células que forman parte de los organismos pluricelulares.

Relaciones anatómicas entre las células de un mismo organismo.—Las células que forman los seres vivos no son independientes unas de otras. Unas veces están en contacto directo entre sí, no estando separadas más que por sus membranas, como si se tratase de las piezas de un mosaico *(fig. 48);* otras quedan completamente libres, nadando o flotando en un plasma líquido, como los glóbulos rojos o los leucocitos de la sangre; o interpuestas en una materia sólida o semiflúida, como en el hueso, en el cartílago o en el tejido adiposo *(fig. 49)*.

De día en día se va comprobando que muchas de las células que antes se las creía sólo en contacto, tienen una unión más íntima, existiendo entre ellas tenues filamentos de protoplasma que las relacionan entre sí. Estas comunicaciones protoplasmáticas han recibido el nombre de *plasmodesmos*, existiendo lo mismo en las plantas que en los animales.

En las células epiteliales del cuerpo de Malpigio en la epidermis hu-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mana, Cajal ha demostrado la existencia de tales comunicaciones, así como en las células pigmentarias de la coroides y en otras muchas que

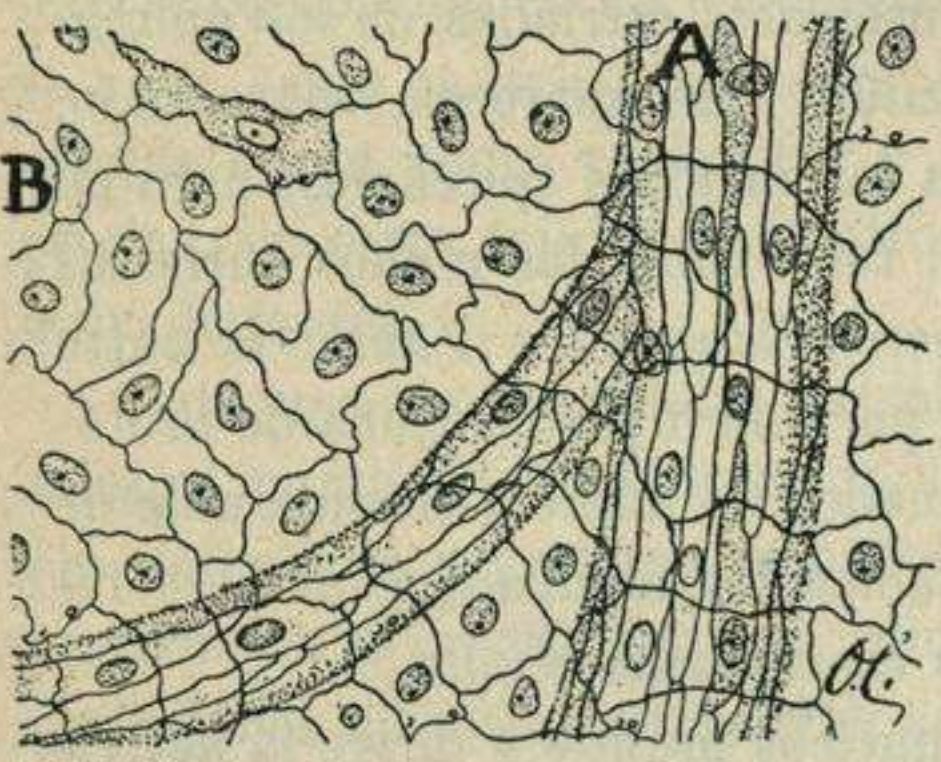


Fig. 48.—Endotelio de un capilar sanguíneo, A, y del mesenterio, B, de la rana como ejemplo de células unidas directamente (s. Cajal.)

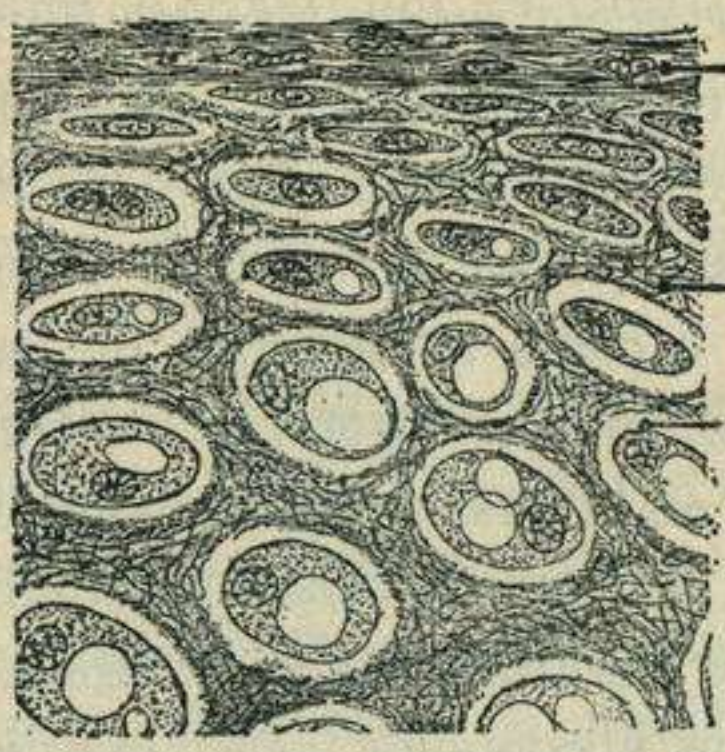


Fig. 49.—Cartílago reticular de la oreja del conejo como ejemplo de células separadas por una sustancia sólida. (Según Cajal.)

no hemos de señalar *(figs. 50* y *51)*. En las células vegetales, estas comunicaciones son tal vez más frecuentes, y desde luego más visibles, por la circunstancia de que en ellas las membranas celulares son mucho más

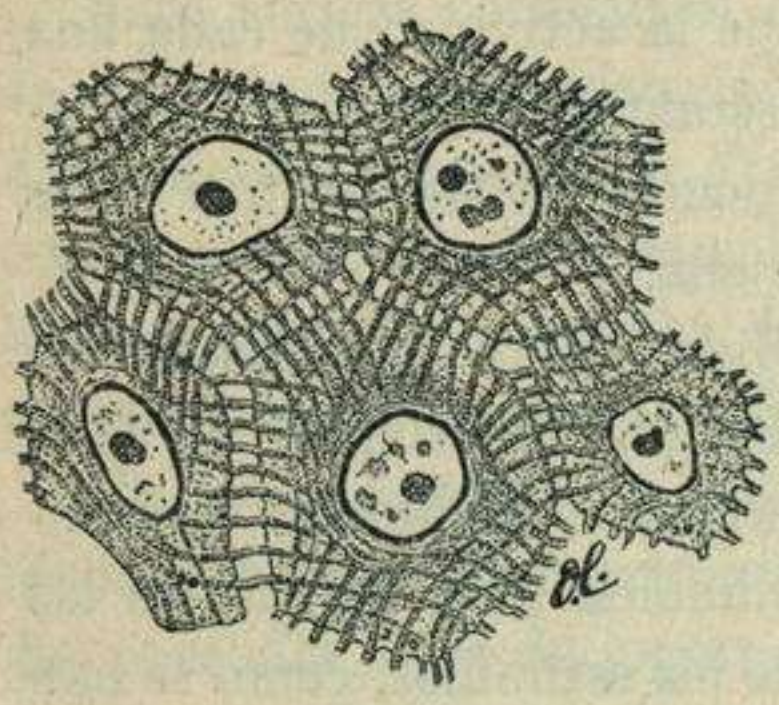


Fig. 50.—Plasmodesmos de las células del cuerpo de Malpigio de la epidermis humana. (Imitación Cajal.)

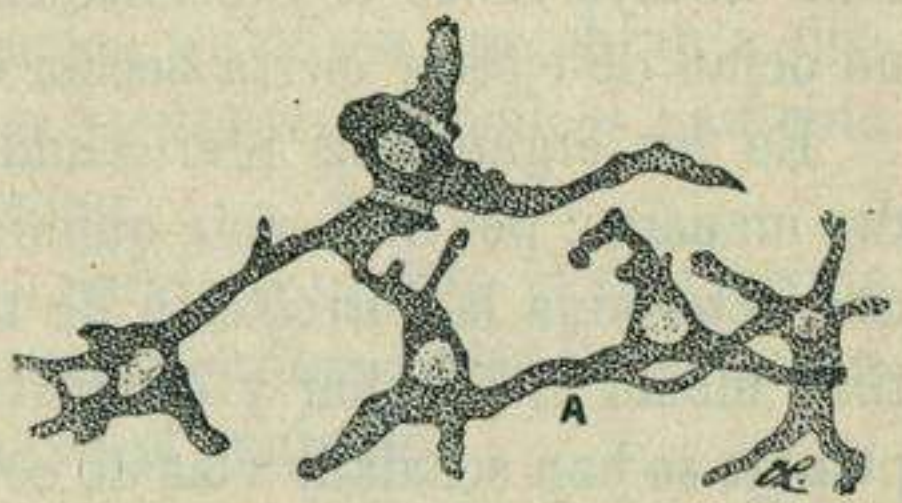


Fig. 51.—Plasmodesmos, A, de las células pigmentarias de la coroides del ojo humano. (Imitación Cajal.)

recias, por lo que necesariamente han de presentar perforaciones para dar paso a estos puentes de protoplasma *(fig. 46*, B).

En otros casos, la unión es aún más íntima, hasta el punto de que el protoplasma todo está confundido en una masa única, como si las

Instituto San Isidro de Madrid 2008

membranas hubieran desaparecido, destacando en ellos los núcleos correspondientes, que aparecen desperdigados. Estas masas protoplasmáticas reciben el nombre de *plasmodios*.

Los plasmodios forman unas veces una parte mayor o menor del organismo, como sucede con las fibras musculares estriadas de los animales o ciertas formaciones llamadas *sincitios*, que aparecen, sobre todo, en los tejidos embrionarios, o en ciertas formaciones epiteliales; pero en otros casos, como en muchas Talofitas, tales como los mohos entre los Hongos o como las especies de los géneros *Caulerpa* o *Váucheria* entre las Algas, todo el vegetal está integrado por una masa continua de protoplasma, en la cual se encuentran diseminados un número considerable de núcleos, sin que en ellas se vislumbre tabicación alguna que pudiera representar las fronteras de separación de las diversas células.

En los plasmodios, cada uno de los núcleos preside y dirige la actividad del protoplasma que está más próximo a él y que, por tanto, le circunda. Este núcleo con el protoplasma que le rodea forma una entidad funcional que se ha denominado *enérgida* y que pudiéramos comparar a una célula sin membrana, confundida, por tanto, con las enérgidas vecinas.

Relaciones funcionales entre las células de un mismo organismo.—La unidad funcional.—En la complicada urdimbre de los organismos vivos, las células, dentro de su autonomía, están subordinadas unas a otras, hasta el punto que la actividad de cada una de ellas está reglada por la actividad de las restantes; cada una de las células influye sobre el funcionalismo de las demás, al tiempo que éstas no dejan de ejercer cierta acción sobre el de ella.

En los organismos pluricelulares, sus células están relacionadas de dos maneras: por influencia química recíproca y por la actividad nerviosa que determina la correlación de todos los territorios orgánicos. Este último medio es peculiar y exclusivo de los animales, pues aunque en las plantas se han scñalado vías de conducción de los estímulos, como se han supuesto los vasos liberianos de la *Mimosa púdica*, no hay nada en ellos que pueda compararse correctamente con el sistema nervioso.

Contra lo que a primera vista pudiera creerse, la correlación química tiene mayor importancia que la nerviosa y se ejerce hasta en aquellos organismos que carecen de sistema nervioso, como les sucede a las plantas o a los animales más sencillos.

Ya en las primeras fases del desarrollo, en el momento que el huevo

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se divide en dos para dar origen a los dos primeros blastómeros, o sea las dos primeras células del organismo futuro, se establece entre ellas una solidaridad funcional química; los cambios que cada una de ellas experimenta influyen en la actividad de la otra. A medida que los organismos se complican, en las sucesivas fases de su desarrollo, esta correlación se hace, como es lógico, más compleja; los productos producidos en unas células obran como excitantes o modificadores de la función de otras células, de otros tejidos o de otros órganos situados en parajes a veces muy distantes.

Cada una de las células del organismo conserva, en términos generales, y en mayor o menor grado, la facultad de realizar todas las funciones de la vida vegetativa, y entre ellas la de segregar sustancias que al verterse en el medio interno influyen y modifican su composición; las variaciones de esta composición son las que determinan la modificación en la actividad de las otras células, con las que precisamente están íntimamente relacionadas por el medio interno. Seguramente, los productos que las células segregan tienden a compensar y a regular las variaciones que el medio interno experimenta.

En los organismos pluricelulares complejos, el vehículo que utilizan estos productos es la sangre, la hemolinfa u otro flúido análogo, si se trata de animales, y la savia o las sustancias intercelulares, si son plantas.

Esta curiosa correlación química se ha relacionado con la actividad de las glándulas de secreción interna (para más detalles véase la obra *Elementos de Anatomía y Fisiología*, por Orestes Cendrero, pág. 316), las cuales producen, como es sabido, sustancias químicas que obran a distancia sobre otros órganos del ser. Estos mensajeros químicos han sido denominados *hormonas* por Ernesto Starling.

En los animales que poseen sistema nervioso es éste el que regula las mutuas relaciones celulares; él es el que coordina todas las actividades parciales a fin de lograr una unidad en el conjunto.

Los estudios realizados acerca de las mutuas relaciones de las células de un mismo organismo, han conducido a considerar que esta unidad depende de la suma de las funciones de todas y cada una de las células. En realidad, en los seres vivos no se realiza aisladamente tal o cual actividad o tal o cual función, como parece desprenderse de la lectura de los libros dedicados a tales cuestiones, que están obligados a tratar sucesivamente las diversas funciones orgánicas, porque así lo exige la exposición

Instituto San Isidro de Madrid 2008

metódica de los hechos. Todas las funciones de los organismos se dan y se realizan al mismo tiempo, y unas influyen sobre otras de un modo análogo a como la actividad de unas células modifica las de sus compañeras. Los organismos gozan de lo que se ha venido a llamar unidad funcional, la cual está determinada por la interacción de la actividad de todas sus células, órganos, aparatos y sistemas.

Algunos ejemplos aclararán este concepto. Las funciones digestivas están reguladas por el sistema nervioso; pero la actividad de éste, a su vez, depende de un abundante riego sanguíneo, cosa que se logra cuando la sangre circula perfectamente, lo cual requiere que ésta se oxigene intensamente en el pulmón y que los productos digeridos en el aparato digestivo pasen directa o indirectamente a enriquecer el caudal nutritivo del torrente sanguíneo. No hemos de insistir, además, en la influencia que tiene la circulación en la actividad de las glándulas digestivas, que precisamente vierten sus productos en el aparato digestivo a fin de producir la adecuada digestión de los alimentos.

En los vegetales la función clorofílica da por resultado la elaboración de una infinidad de productos que sirven de alimento a la planta y que, por tanto, tienen decisiva influencia en la actividad de todas sus células. En cambio, las distintas funciones que las plantas realizan (respiración, absorción, ascenso de la savia, transpiración, etc., etc.) tienen sobre aquella importantísima función marcado influjo, hasta el punto que una alteración en cualquiera de ellas se traduce en una modificación en la actividad de las partes verdes, en las que tiene su asiento la función clorofílica.

Diferenciación celular y división del trabajo fisiológico.—Determinados Protozoos se asocian algunas veces y constituyen colonias *(fig. 52);* pero en éstas, cada uno de los individuos que las componen verifica todas sus funciones exactamente igual a como las verificaría si estuviera libre, pudiendo separarse unos de otros cuando así les convenga, sin que por esto les sobrevenga ningún perjuicio. En los seres pluricelulares no ocurre esto: cada célula asociada o cada grupo de ellas está encargada de un trabajo determinado y no puede efectuar otro trabajo ni separarse del conjunto, porque moriría (*). Se ve, por

(*) Esto, que es o que ocurre en la naturaleza, puede, sin embargo, evitarse en el laboratorio, colocando los tejidos en líquidos apropiados como lo ha probado (1906 en adelante) el sabio cirujano francés doctor Carrel, actualmente del Instituto Rockefeller, de Nueva York, que ha conseguido hacer vivir, y hasta reproducirse, a las células de trozos de varios tejidos, algunas de cuyas experiencias han sido repetidas por Cajal.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

consiguiente, que en los seres pluricelulares el trabajo fisiológico se reparte equitativamente entre sus células asociadas, las cuales se especializan morfológica y funcionalmente, adquiriendo, en cada caso, peculiares aptitudes para mejor desempeñar la misión. Este es el fundamento del *principio de la división del trabajo fisiológico* enunciado por Milne-Edwards (*), el cual se resume diciendo: que a un organismo se le considerará tanto más perfeccionado cuanto mayor sea la división del trabajo fisiológico entre sus distintas células. No quiere esto decir, sin embargo, que las células pierdan los caracteres de vida que les son propios, sino que éstos los conservan, pues nacen, asimilan, se reproducen, etc., independientemente de las demás; pero sí contraen una obligación especial, una misión determinada en el organismo, y claro está que dicha obligación la cumplirán tanto mejor cuanto menos tengan que entretenerse en realizar otras.

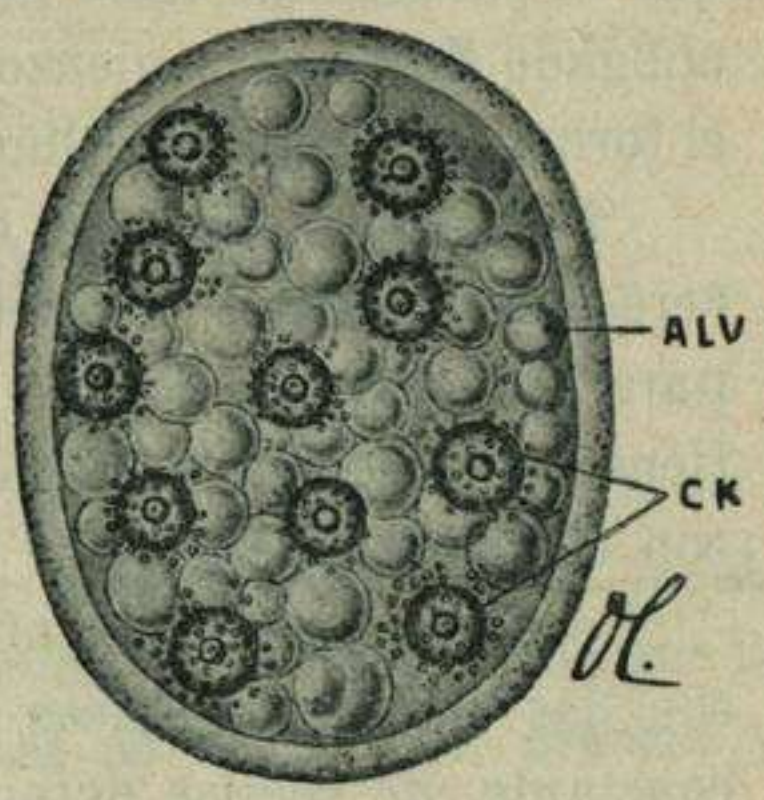


Fig. 52.—Colonia completa de *Collozoum*, como ejemplo de Protozoo formado por varias células, pero que son todas iguales.

Precisamente esta división del trabajo fisiológico, esta especialización es, como hemos dicho, la que acarrea la diferenciación de la forma y estructura de las células, pues cada una de éstas adopta forma y estructura que más apropiadas son para el mejor desempeño de su oficio en el organismo; mas no se crea que esta especialización y diferenciación se hacen al acaso, sino que hay un factor, la posición de las células, que influye como causa determinante, y así, por ejemplo, las células de la superficie externa del organismo, como son las que se encuentran en contacto con el medio, deberán estar mejor acondicionadas que las demás para resistir las variaciones bruscas de éste, y al mismo tiempo serán las encargadas de percibir dichos cambios y anunciárselo a las que se encuentran en el interior; con este solo ejemplo es fácil comprender por qué de las tres hojas blastodérmicas del embrión de los animales salen tejidos tan distintos como los que luego se verán en el adulto. Así, el exodermo da origen a las células de revestimiento o protección del organismo, como

(*) *Milne-Edwards (Enrique)*, sabio naturalista, hijo de inglés. Nació en Brujas en 1800, y murió en París en 1885. Profesor de Fisiología y Zoología comparadas en la Facultad de Ciencias de París.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la piel, etc., y además a los que han de percibir las impresiones del medio, como el sistema nervioso; el mesodermo producirá principalmente los que se encuentran entre los diversos órganos, y el endodermo, por estar obligado desde el comienzo de su existencia a retener en la cavidad que él forma las sustancias alimenticias, nos dará el tubo digestivo del adulto.

Tejidos.—Dicho lo que precede, se comprenderá que en todos los seres pluricelulares sus células se diferenciarán de una manera especial para cumplir una función particular; pero hay grupos de células que tienen propiedades y funciones análogas, y a dichos grupos se les conoce con el nombre de *tejidos*.

Los tejidos, según la autorizada palabra del Profesor Ramón y Cajal, son las masas orgánicas formadas por la asociación, en un orden constante, de células dotadas de propiedades estructurales, fisiológicas y químicas semejantes.

Aunque el estudio de los tejidos se hará de un modo detallado en la parte correspondiente de la Zoología y de la Botánica, aquí diremos, sin embargo, que su estudio constituye una rama de la Biología, denominada *Histología*.

Los tejidos son, por así decirlo, entidades orgánicas de segundo orden formadas por la reunión de células, y ellos, a su vez, constituyen por su reunión otras que pudieran llamarse de tercer orden, que son los órganos.

No se crea que cada órgano ha de estar constituído forzosamente de un solo tejido, sino que en realidad lo está por varios, aunque pudiese haber alguno de ellos predominante; así en la raíz o en el tallo de las plantas concurren varios, como también son varios los que entran a constituir el estómago, el riñón o los pulmones de los animales superiores. A veces en un órgano, determinado tejido toma una preponderancia extraordinaria, como sucede en un hueso o en un músculo, en que los tejidos óseo y muscular son los que forman su mayor parte; pero, no obstante esto, otros concurren a su construcción, como el conjuntivo entre ellos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ORIGEN DE LOS INDIVIDUOS

La multiplicación asexual.—Los seres vivos tienen la facultad de *reproducirse*, es decir, de originar nuevos individuos, en los que la vida se perpetúa. La *reproducción* puede ser de dos clases: *asexual* y *sexual*.

La primera se realiza por aislamiento de porciones orgánicas que se destacan del cuerpo de los progenitores; la segunda requiere la formación de células especiales germinales, llamadas *gametos*, de la fusión de las cuales se produce la *célula huevo*, punto de origen del nuevo ser.

La reproducción sexual es el único modo de reproducción existente en los animales superiores, como los Artrópodos, Moluscos y Vertebrados; pero en los otros grupos del reino animal y en todos los del vegetal, se encuentran frecuentemente casos en que la reproducción se realiza de un modo asexual.

Tres modos principales existen de reproducción asexual: la *división* o *excisión*, la *gemmación* y la *esporulación*.

En la división, denominada también *esquizogénesis* (de *schizos*, trozo), el cuerpo del ser adulto se parte en dos o más fragmentos, que rápidamente reconstruyen, mediante un intenso proceso de regeneración, las partes que les faltan para completar el conjunto.

En los charcos de agua dulce viven algunos gusanos, próximos parientes de las lombrices de tierra, que se reproducen por este procedimiento: entre ellos, unos de los más característicos son las especies del género *Nais (fig. 53)*.

El cuerpo de estos gusanos está formado por una serie de segmentos, todos aproximadamente iguales, excepto los primeros, que se diferencian en una cabeza, en la que reside la parte central del sistema nervioso, la boca y los órganos sensoriales, que a veces toman la apariencia de ten-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

táculos. De trecho en trecho aparecen, en la cadena de anillos que constituyen el cuerpo, segmentos que toman la forma característica de la cabeza con sus órganos peculiares, lo cual da por resultado que el conjunto del animal se transforme en una cadena de individuos, que poco después se separan, dando lugar a otros tantos gusanos distintos.



Fig. 53.—Reproducción asexual.—División transversal de un gusano del género *Nais*: a la derecha, un trozo del mismo, aumentado.

Los *Nais* y otros géneros afines se multiplican por vía asexual durante largos períodos de su existencia, sin que durante ellos se desarrollen las glándulas reproductoras. Cuando éstos terminan, se suceden épocas de multiplicación sexual, cesando, en cambio, el proceso de división asexual.

En el proceso de gemmación o *blastogénesis* se produce, en un lugar determinado del ser, una protuberancia o yema, que poco a poco se diferencia hasta dar lugar a un nuevo individuo. En los pólipos encontramos ejemplos muy característicos de este modo de reproducción.

Las *hidras de agua dulce*, en determinadas épocas del año, producen una especie de salientes, las yemas, en las que poco a poco se van dibujando los rasgos del animal adulto. Cuando éstos están provistos de tentáculos, y la boca está constituída, la yema se aisla de su progenitor y la nueva hidra queda formada *(fig. 54)*.

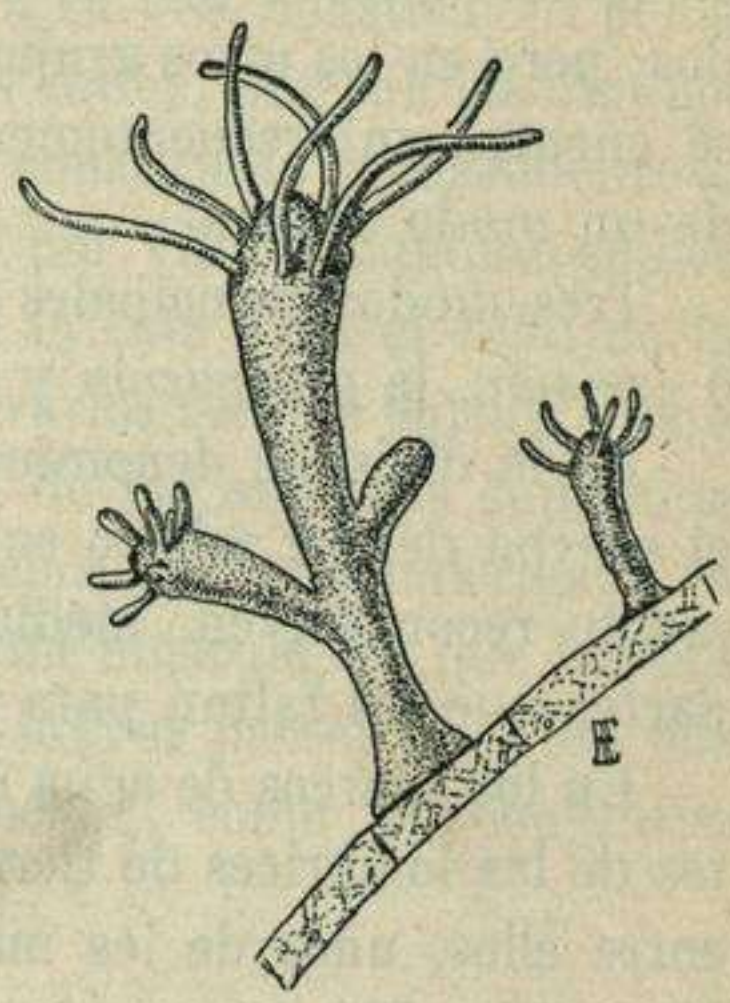


Fig. 54.—*Hydra* de agua dulce produciendo yemas. A la derecha se ve una que se acaba de desprender.

En otros pólipos, los individuos que se forman por un proceso análogo quedan unidos al progenitor que los ha originado, y todos juntos forman una colonia *(fig. 55)*. Esta propie-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dad no es exclusiva de los Pólipos o Celentéreos, sino que aparece también en las esponjas, los Briozoos y los Tunicados.



Fig. 55.—Un trozo, aumentado, de la colonia de un pólipo del género *Campanularia*.

En los vegetales la reproducción asexual es un procedimiento corriente. Entre otros casos frecuentes citaremos el de la zarzamora *(Rubus);* las ramas que crecen en sitios sombríos y húmedos se encorvan hasta tocar en el suelo, produciendo raíces que les permiten, poco después, perder sus conexiones con la planta madre. Algo análogo sucede con los tallos rastreros de la fresa, cuyas yemas producen una nueva planta, al tiempo que se originan las llamadas raíces adventicias, que le permiten romper sus relaciones con la planta que la originó *(fig. 56)*.



Fig. 56.—Tallo rastrero de la fresa provisto de raíces adventicias.

Cuando las yemas se desarrollan sobre el vegetal, sin desprenderse de él, lo que se originan son ramas y hojas que aumentan su tamaño.

La *esporulación* consiste en la formación, a expensas de una de las células del organismo, o de la única, en caso de ser éste unicelular, de multitud de células, cada una de las cuales es capaz de originar el nuevo ser.

En los mohos se observa que no todos sus filamentos son de igual tamaño, sino que algunos de ellos están terminados por una bolita casi negra, brillante, las cuales representan los órganos en los que se forman y acumulan las esporas, a lo que deben el nombre de *esporangios*. Al cabo de algún tiempo la parte superior del esporangio cae y las esporas quedan en libertad, germinando poco después, es decir, rompiendo sus cubiertas y formando cada una de ellas un filamento que originará un nuevo moho *(figs. 57* y *58)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Esta forma de reproducción es muy frecuente en los grupos inferiores de plantas y más difícil de demostrar en las Fanerógamas.

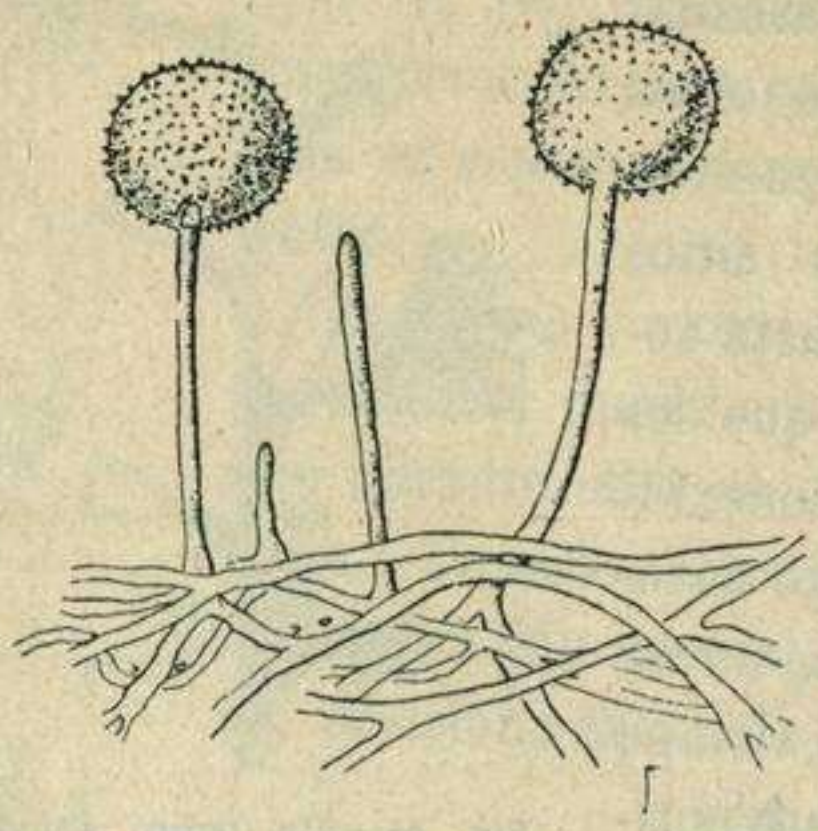


Fig. 57.—Esporangios del moho *(Mucor mucedo)*.



Fig. 58.—Salida de las esporas del moho *(Mucor mucedo)* del esporangio y germinación de ellas.

(De la obra *Prácticas de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero.)

En los animales es menos frecuente; sin embargo, los Protozoarios del grupo de los Esporozoarios tienen fases de reproducción que responden a este procedimiento.

La reproducción sexual.—Las diversas células y tejidos que constituyen los seres vivos proceden de la división repetida de una primera célula, conocida con el nombre de *huevo* o *zigoto*, el cual a su vez resulta de la unión de otras dos que reciben el nombre común de *gametos* (gr. *gametes*, esposos).

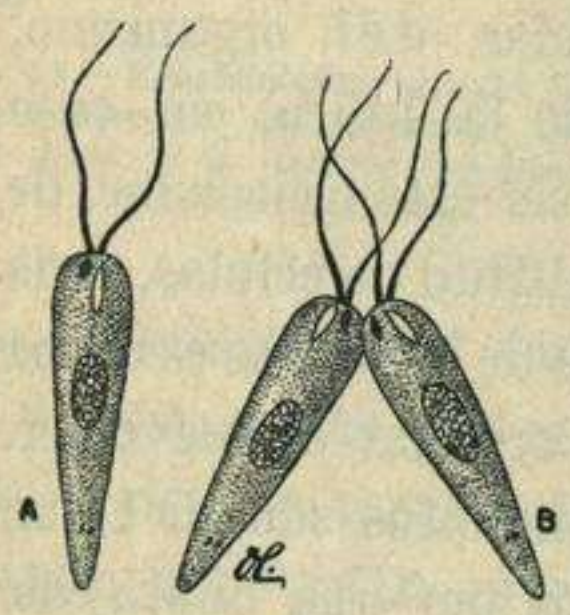


Fig. 59.—A, gameto de *Stephanosphæra* (Volvócido).—B, conjugación isogámica de dos de ellos. (Imit. Hieronymus.)

Los dos elementos que se reúnen para formar el zigoto son unas veces iguales, y entonces se dice que la reproducción es *isogámica (fig. 59)*. O, lo que es más general, son diferentes, y entonces es *heterogámica*.

En la mayoría de los seres vivos, éste es el procedimiento más extendido de reproducción. Los dos gametos tienen en cada sexo una fisonomía peculiar que está en relación con su particular actividad. Los gametos proceden, en general, de dos individuos distintos, que son de sexo diferente. El masculino produce diminutas células, muy movibles, muy

Instituto San Isidro de Madrid 2008

activas, con escaso protoplasma y provistas casi siempre de elementos de propulsión, como flagelos o látigos; el femenino origina células grandes, redondeadas, con abundante protoplasma, en el que se acumulan sustancias de reserva y que carecen de elementos locomotores, dada su ordinaria inmovilidad *(figs. 30, 60* y *65)*. El gameto masculino recibe la denominación de *espermatozoide*, y el de *óvulo* el femenino (*).

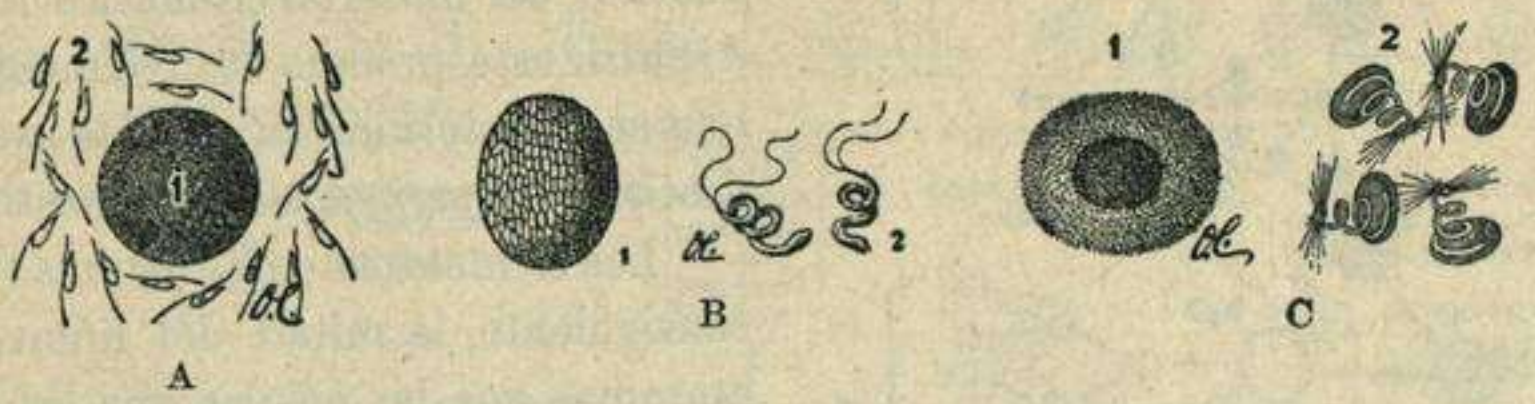


Fig 60.—1 oosfera u óvulo, y 2, espermatozoide o anterozoide, A, de un alga; B, de un musgo, y C, de un helecho.

Origen y formación de los gametos.—Reducción cromática.— Los gametos de todos los seres vivos proceden de un conjunto de células, un tanto diferentes a las restantes del organismo, que han recibido el nombre de *células germinales o germen.* Las células germinales constituyen una mínima porción de los organismos, los cuales están integrados en su mayor parte por un número considerable de células, que se denominan *somáticas*, por entrar a formar parte del *soma* o cuerpo.

Las misiones del *soma* y del *germen* son muy distintas, pues mientras que las células que constituyen el primero desaparecen y mueren al desaparecer el individuo de que forman parte, el segundo perpetúa la vida en los elementos reproductores que han de dar origen al huevo o zigoto que producirá el nuevo individuo. El huevo o zigoto, en su sucesiva evolución, produce el germen y el soma de la generación siguiente *(figura 61)*.

La teoría del soma y el germen, que aquí apuntamos brevemente, se debe al ilustre biólogo alemán Weismann y ha sido seguida con ligeras modificaciones por gran número de biólogos.

El estudio del origen de las células germinales o *gametogénesis* se ha realizado detalladamente en las plantas y en los animales, y aunque obedece en unos y otros al mismo esquema general, este proceso se presenta más claro y uniforme en los animales, por cuya razón es el que aquí exponemos *(fig. 62)*.

Las células de las glándulas sexuales masculinas y femeninas comienzan un intenso proceso de proliferación, que da por resultado la formación de las gonias *(oogonias* y *espermatogonias*, respectivamente). Este momento de la formación de los elementos reproductores recibe el nombre de *fase de multiplicación.* Cada una de las go-

(*) Es corriente en los libros de Zoología denominar, respectivamente, a los gametos masculino y femenino con los nombres de espermatozoide y óvulo, y en los de Botánica, anterozoide y oosfera. Nosotros hemos adoptado esta nomenclatura. Algunos biólogos denominan espermatozoide al masculino y oosfera al femenino, aunque se trate de plantas o de animales.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nias sufre ahora un proceso conocido con el nombre de *reducción cromática*, que da por resultado la eliminación de la mitad de los cromosomas.

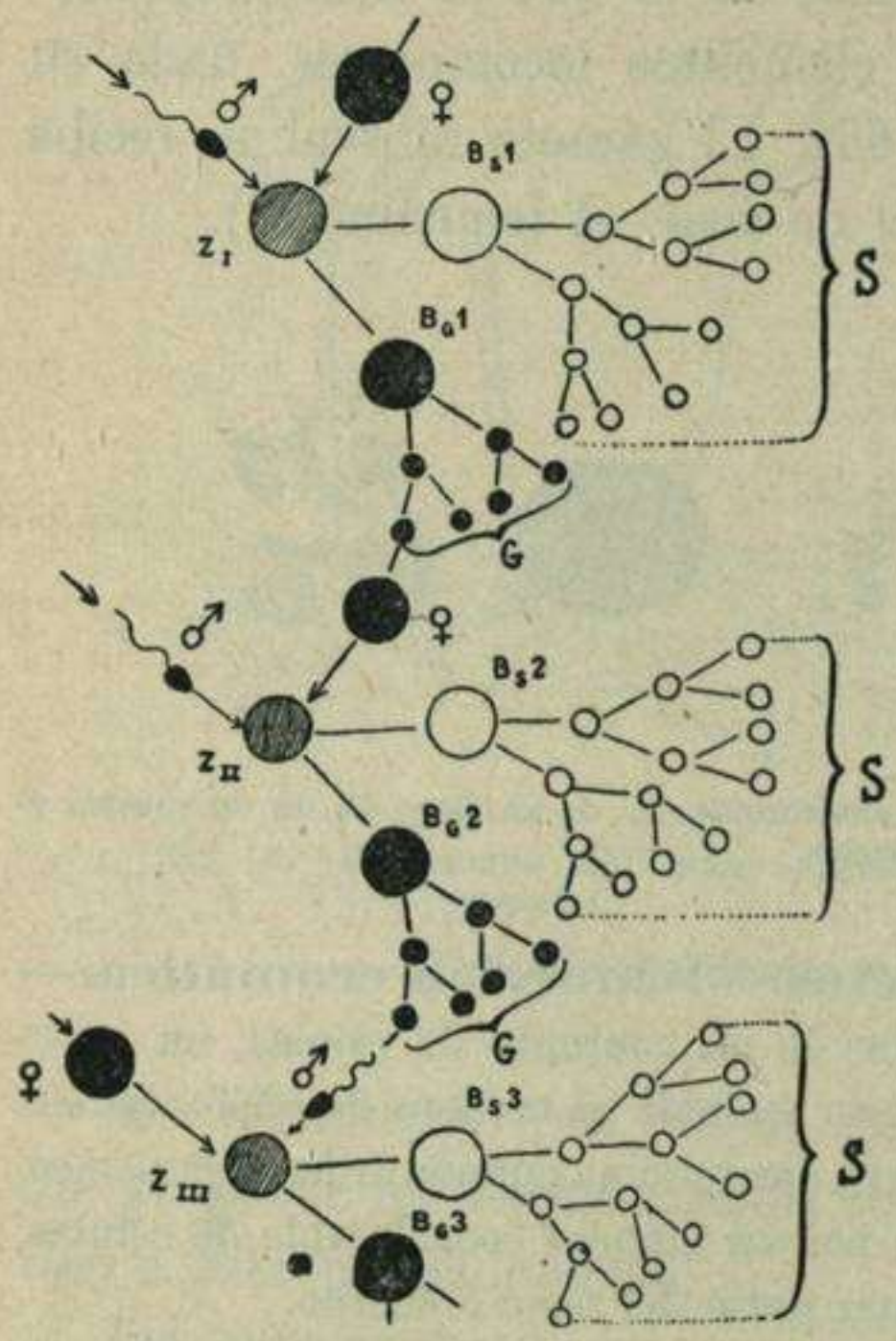


Fig. 61.—Esquema para mostrar la diferente significación del soma y el germen, según los puntos de vista de Weismann. De la reunión de un gameto ♀ con uno ♂ se produce un *zigoto* (Z) o *huevo*, que al dividirse constituye dos células o blastómeros: una blanca Bs 1, 2, 3... y otra negra Bg 1, 2, 3... La primera, por sucesivas divisiones produce los elementos que constituyen el soma o somáticos (S) que están destinados forzosamente a morir; en tanto que la segunda origina el germen o elementos germinales, menos numerosos, de los que se producirán gametos ♀ o ♂, que al unirse con los ♂ o ♀ de otro individuo origina el nuevo zigoto, punto de partida de la siguiente generación. Por tanto, las células germinales pueden sobrevivir en sus descendientes en el germen de futuras generaciones.
♀ gametos femeninos — ♂ gameto masculino Bs 1, 2, 3... blastómeros somáticos — Bg 1, 2, 3... blastómeros germinales — S. soma, representado por elementos blancos — G germen, representado per elementos negros. Z 1, 2, 3..., huevo o zigoto, representado en gris.

Las gonias experimentan un aumento considerable de volumen, que es mayor en las céiulas femeninas que en las masculinas, al tiempo que comienza el período de maduración o *meiosis*, durante el cual es precisamente en el que tiene lugar la reducción del material cromático a la mitad. Al sufrir este proceso de crecimiento, las gonias se transforman en *citos de primer orden (oocitos y espermatocitos*, respectivamente).

Los elementos reproductores tienen, por consiguiente, la mitad del número de cromosomas que las células que les han dado origen, por lo que se dice que sus núcleos son *haploides*, a diferencia de las de aquéllos, que son *diploides*.

Para abreviar, se llaman *células diploides* y *haploides*, respectivamente, las que contienen núcleos con el número corriente de cromosomas o con la mitad.

Los investigadores han demostrado que los distintos seres presentan un determinado número de cromosomas en el núcleo de las células que forman su cuerpo; así se ha comprobado que el conejo tiene 44, la rana 24, el trigo 16, el tomate 24, el tabaco 48, y en el hombre parece ser que este número es de 48. Como en el acto de la fecundación cada gameto se une a otro para dar lugar al huevo o zigoto, éste tendría doble número de cromosomas de no producirse el proceso de la reducción a que hemos aludido y que determina la eliminación precisamente de la mitad de los cromosomas.

La reducción cromática, no obstante de que en lo esencial sigue el mismo camino en las células masculinas y femeninas, varía, no obstante, en ciertos detalles que a continuación consignamos.

En el momento que un cito de primer orden se va a dividir, sus cromosomas se alargan y adelgazan al tiempo que se encorvan y orientan de modo tal que sus extremos libres se aproximan a la membrana nuclear en el paraje del núcleo que está más próximo al centrosoma. En este período, los cromosomas tienen una marcada tendencia

Instituto San Isidro de Madrid 2008

a aproximarse en parejas, que se acentúa más y más, hasta que llega un momento en que se funden, comenzando esta unión por los extremos libres *(fig. 63*, A). Este fenó-

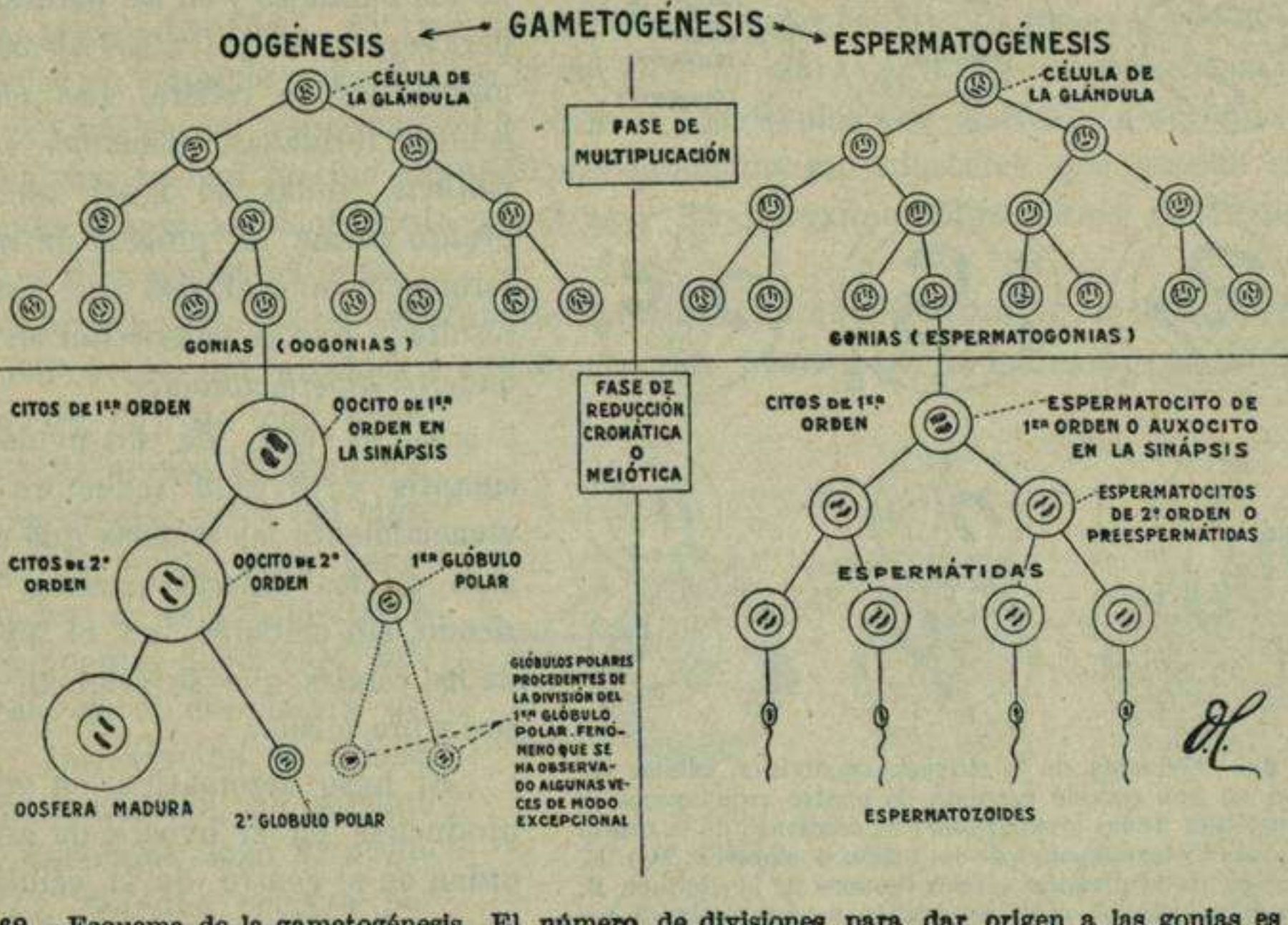


Fig. 62.—Esquema de la gametogénesis. El número de divisiones para dar origen a las gonias es más numeroso que el señalado en la figura.

meno, que da origen a la formación de cromosomas dobles, con su consiguiente reducción a la mitad, es conocido entre los biólogos con el nombre de *sinapsis (fig. 63*, C).

La sinapsis es un fenómeno al que últimamente se le ha reconocido extraordinaria importancia en la explicación de los fenómenos de la herencia, tanto más que se ha demostrado su universalidad, lo mismo en las plantas que en los animales.

Después de la sinapsis se produce una división de la célula, en la cual los fenómenos de la carioquinesis son algo diferentes a los que antes hemos descrito. La placa ecuatorial se forma como en el caso corriente; pero en vez de estar integrada por cromosomas sencillos, lo está por los cromosomas dobles formados durante la sinapsis *(figura 63*, F). Al producirse las estrellas hijas, los cromosomas que antes se reunieron se separan, repartiéndose en igual número en cada una de las dos células que se forman, lo cual da por resultado que éstas tengan la mitad del número de cromosomas habitual de la especie, por lo que se dice que esta división es reductora *(fig. 63*, G, H, I) (*).

Las dos células así formadas reciben el nombre de citos de segundo orden *(figura 62)*. Estas dos células vuelven a dividirse; pero ahora la carioquinesis no es reductora, ya que se produce con cromosomas sencillos, de modo tal que éstos se dividen

(*) El caso expuesto de reducción cromática es el que nos ha parecido más claro, pero no el único. En otras ocasiones los cromosomas se fragmentan para formar glóbulos cromáticos dispuestos en tetradas, los cuales, mediante un proceso más o menos complicado, son eliminados de modo tal que el número de cromosomas queda reducido a la mitad.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

equitativamente entre las dos células hijas, por lo que se dice que se trata de una mitosis ecuacional.

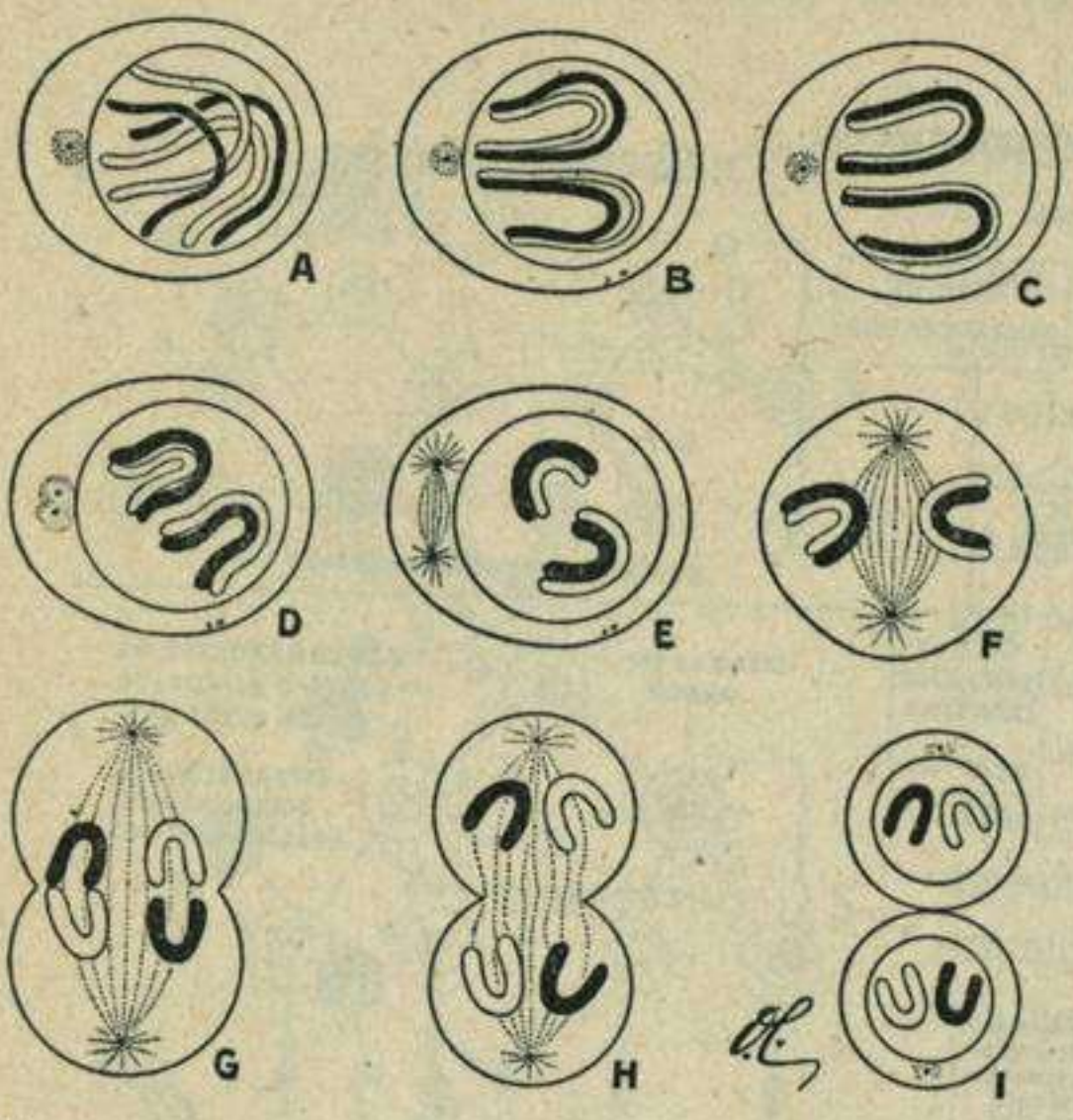


Fig. 63.—Esquema de la sinapsis, y división celular ulterior, en una especie provista de cuatro cromosomas.—A, aparición de los cromosomas; B, comienzo de la fusión de éstos; C, terminación de la fusión o sinapsis; D y E, iniciación de la división celular después de la sinapsis; F, placa ecuatorial; G y H, separación y emigración de los cromosomas; I, células hijas con la mitad de los cromosomas correspondientes a la especie A. (Imitación F. Nonídez.)

Este proceso es el que se sigue en los animales y en las plantas superiores, en lo que a los elementos masculinos se refiere. Las cuatro células formadas, llamadas *espermátidas*, todas de igual tamaño, pronto sufren un proceso de transformación morfológica que da por resultado que se conviertan en verdaderos *espermatozoides*.

En el caso de los óvulos, la sinapsis y división reductora son esencialmente las mismas que en el caso de los espermatozoides, difiriendo, sin embargo, en el tamaño de las células que se originan y en su futura misión.

El huso acromático, en vez de producirse en el ovoci o de primer orden en el centro de la célula, se origina periféricamente, ocurriendo en este lugar la sinapsis *(figura 64*, A) y formándose durante la mitosis reductora dos células desiguales, el ovocito de segundo orden y el primer glóbulo polar *(fig. 64*, B P_1). El huso, sin variar de sitio, da lugar a la segunda división, o sea a la ecuacional; como en el caso anterior, las dos células resultantes continúan siendo desiguales: el óvulo madura y el segundo glóbulo polar *(figura 64*, C y D, P_2). La diferencia fundamental está en que el óvulo es la sola célula fecunda, mientras que los glóbulos polares degeneran y desaparecen. Por tanto, por cada óvulo se producen cuatro espermatozoides *(fig. 62)*.

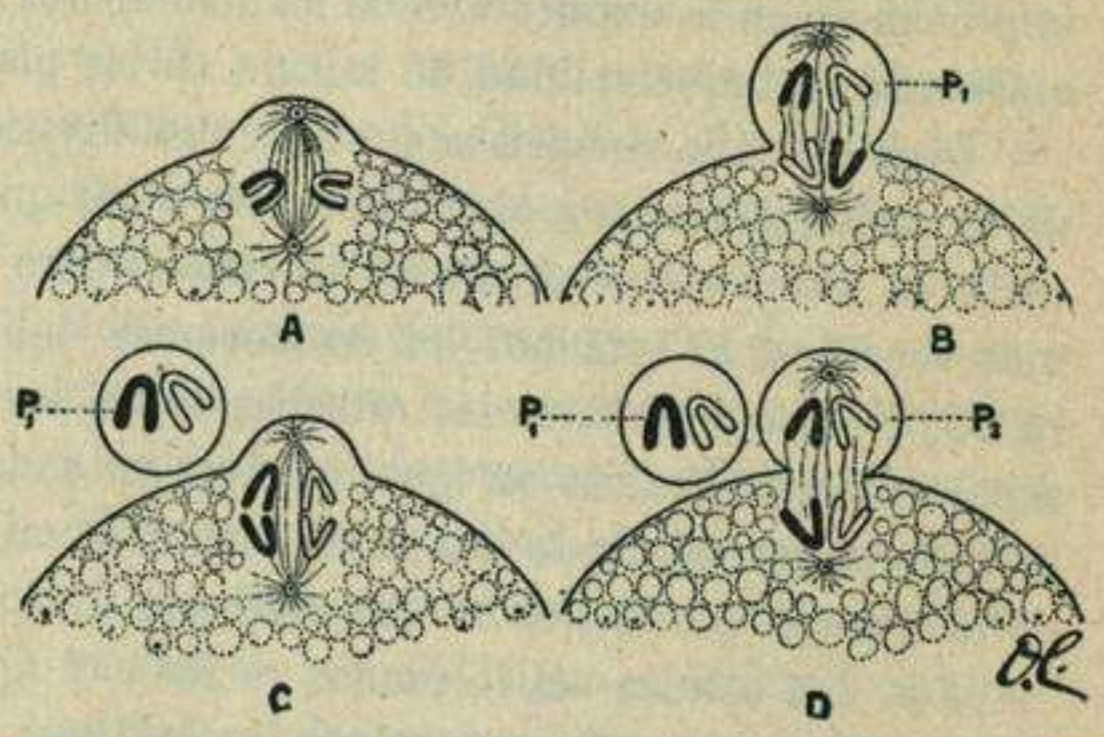


Fig. 64.—Esquema de la mitosis de maduración en un óvulo animal y formación de los glóbulos polares, P1 y P2. (Imitación F. Nonídez.)

El fenómeno de la maduración, que en los óvulos ocurre poco antes de la fecundación, y veces después de la penetración de los elementos masculinos, recibe el nombre de *expulsión de los glóbulos polares (fig. 64)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Como en algunos casos se ha observado que el primer glóbulo polar puede dividirse, el paralelismo entre la gametogénesis masculina y la femenina es completa, según puede verse en el esquema de la fig. 34.

La fecundación.—El tipo de fecundación mejor estudiado, que es el que aquí exponemos en términos generales, es la del erizo de mar. Consiste este fenómeno en la fusión del núcleo del espermatozoide con el del óvulo. Los individuos de ambos sexos de este animal marino expulsan sus productos reproductores, que quedan en libertad en el agua ambiente hasta que el azar los aproxima. Esta forma de fecundación se dice que es externa.

Tan pronto como los espermatozoides, gracias a los movimientos de su cola, llegan cerca del óvulo, son atraídos y sujetos en gran número por la cubierta gelatinosa de éste *(fig. 65);* de todo ellos, el que más pronto ha llegado o se encuentra más cerca del citoplasma del óvulo hace penetrar en éste su cabeza merced a los movimientos de la cola, formándose en el citoplasma del óvulo, enfrente de la cabeza del espermatozoide, un saliente que se denomina *cono de atracción (1).* Así que penetra por completo la cabeza del espermatozoo, el óvulo refuerza su membrana con otra nueva más gruesa aún, a fin de evitar que penetren otras células masculinas, las cuales terminan por morir. Con la cabeza del espermatozoide penetra un centrosoma y en cuanto ambos se encuentran dentro del óvulo, el pronúcleo masculino toma la estructura reticulada de cualquier otro núcleo y cerca de él se ve el centrosoma incluído en su esfera atractiva, la cual se rodea en seguida del áster; este centrosoma, de la parte posterior de la cabeza *(2)* pasa a colocarse en la anterior, dividiéndose en seguida *(3)* y comenzando pronto el avance de ambos centrosomas y pronúcleo masculino hacia el pronúcleo femenino. Cuando ya están muy cerca de éste, los centrosomas se separan; los pronúcleos se fragmentan en cromosomas *(4* y *5)* y se unen en el centro del óvulo, desapareciendo sus membranas y terminando por fusionarse completamente en un solo núcleo, originando el *huevo* o *zigoto*, en cuyo momento puede considerarse como terminada la fecundación. Inmediatamente después comienza la división del huevo por sucesivas mitosis análogas a las normales *(6)*, que darán por resultado la formación del nuevo ser.

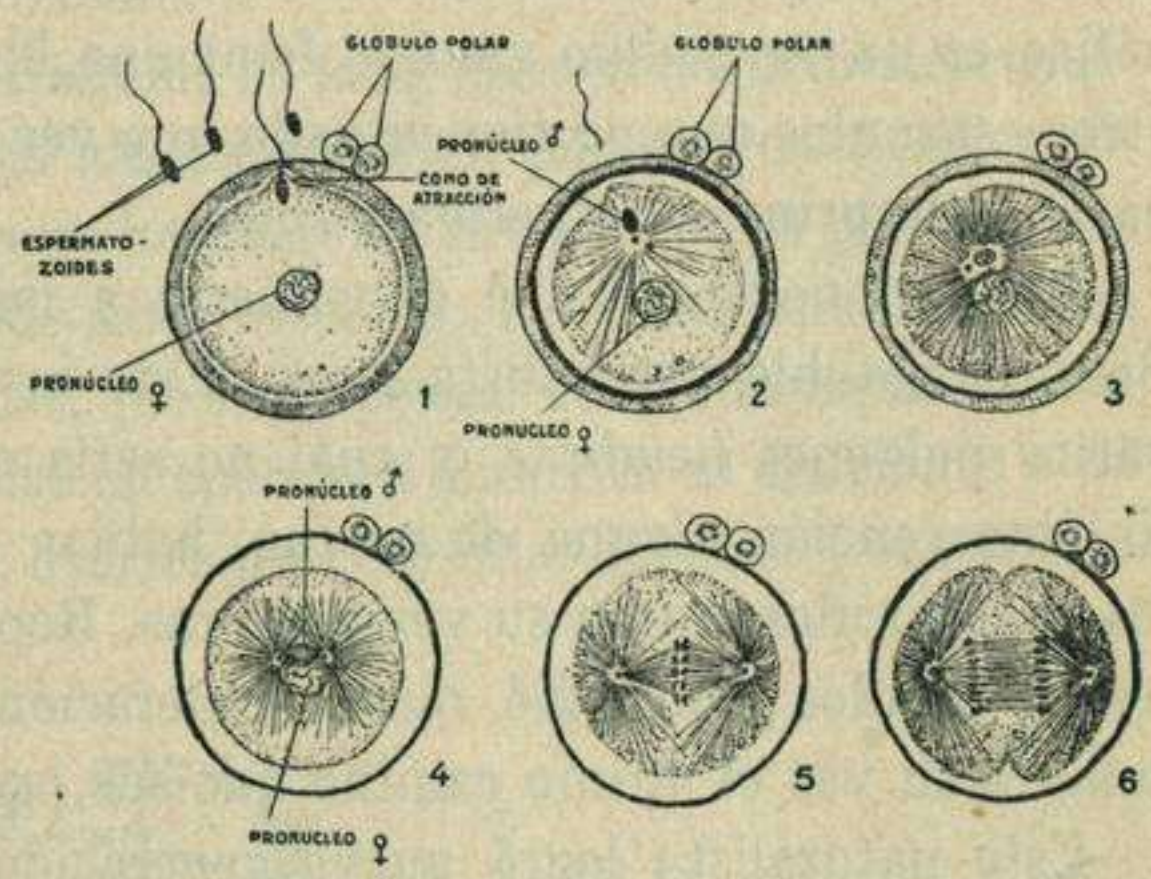


Fig. 65.—Esquema de la fecundación del erizo de mar. (Figura hecha a la vista de los datos de Hertwig, Wilson y Michaëlis). En el caso del erizo, los glóbulos polares se expulsan antes de la penetración del espermatozoide, pero en otros esto se realiza después de la penetración de éste, como sucede en el *Ascaris*

Los hechos que acabamos de relatar, y que hoy están plenamente confirmados,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fueron estudiados por primera vez en 1875 por el biólogo alemán Oscar Hertwig, a quien se debe, en su mayor parte, el descubrimiento del proceso íntimo del antes misterioso fenómeno de la fecundación en los animales.

La partenogénesis.—No obstante de que en la inmensa mayoría de los seres vivos la fecundación es condición imprescindible para que el elemento femenino comience su desarrollo y dé origen al nuevo ser, existen algunas excepciones, en las que los óvulos emprenden su evolución sin necesidad de que el espermatozoide intervenga, es decir, sin que haya fecundación.

Un examen superficial pudiera confundir la partenogénesis con un proceso de reproducción asexual, y, sin embargo, el óvulo partenogenética es un verdadero gameto femenino impulsado en su desarrollo por otros estímulos que no tienen nada que ver con la actividad que de ordinario le imprime el espermatozoide.

La partenogénesis fué descubierta a mediados del siglo XVIII por Bonnet, notable naturalista suizo. Este investigador colocó en un tubo varios pulgones hembras, y cuál no sería su sorpresa al ver que éstas, sin intervención alguna de macho, habían originado nuevos individuos, los cuales todos eran a su vez hembras. Repitiendo la experiencia con los recién nacidos consiguió nueva generación de hembras, las cuales seguían a su vez el mismo camino que sus progenitoras.

Este naturalista logró nueve generaciones sucesivas durante la primavera y verano, hasta que al llegar el otoño vió aparecer machos y hembras: éstas ponían huevos fecundados que no se avivaban hasta la primavera siguiente.

Existen innumerables casos de partenogénesis en ambos reinos, siendo muy frecuente entre los Rotíferos y los Artrópodos: de estos últimos en los que con más frecuencia se presentan es en los Crustáceos inferiores o Entomostráceos, como las pulgas de agua, los Ostrácodos, e infinidad de ellos entre los grupos más diversos de insectos. En las plantas se conoce el caso de las Caráceas *(Chara crinita)*, de algunos helechos y bastantes Fanerógamas, entre las que se pueden citar el diente de león *(Taraxacum Dens-Leonis)* y las especies del género *Hieracium*.

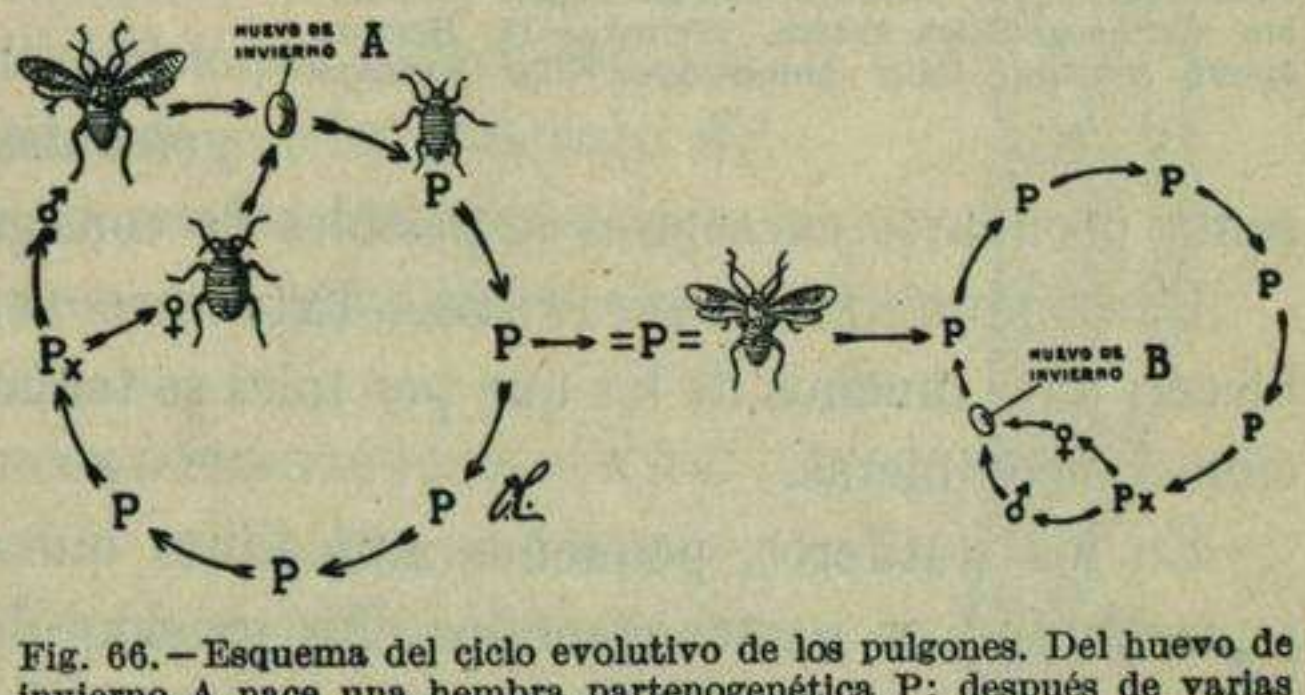
DIVERSAS CLASES DE PARTENOGÉNESIS NATURAL.—PARTENOGÉNESIS NORMAL CÍCLICA.—En esta forma de partenogénesis, las generaciones de hembras partenogenéticas se suceden durante algún tiempo hasta que aparecen los dos sexos y con ellos se produce la fecundación. Esta alter-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nancia de generaciones partenogenéticas y sexuadas, que se suceden de un modo regular o irregular, está condicionada por las circunstancias físicas del medio, tales como la temperatura, el grado de humedad y la abundancia o escasez del alimento.

Sobre los rosales, como es sabido, viven los pulgones que les atacan y chupan sus jugos. Es notable que durante la primavera todos los individuos son hembras, no encontrándose nunca machos. Durante todo el verano se suceden numerosas generaciones de hembras sin alas, que se reproducen sin necesidad de ser fecundadas. Estas hembras partenogenéticas son vivíparas, produciéndose en el transcurso del verano unas diez generaciones, por término medio.

En algunas ocasiones, e intercaladas en las generaciones ordinarias partenogenéticas, aparecen hembras aladas, también partenogenéticas, y vivíparas que tienen la misión de que los pulgones invadan otras plantas, a lo que deben el nombre de *hembras diseminadoras*. De estas hembras nacen hembras ápteras partenogenéticas, que se perpetúan en la nueva planta. Parece ser que las hembras aladas nacen cuando el alimento es deficiente o escaso. Cuando termina el verano, o en los primeros días del otoño, nacen una hembra llamadas *sexúparas*, un poco distintas que las anteriores, las cuales dan nacimiento a machos, que están provistos de alas, y a hembras, con alas o sin ellas y ovíparas. Después de la fecundación, la hembra fecundada pasa generalmente a otra planta, y en ella deposita un huevecillo llamado de invierno, que no se aviva hasta la primavera siguiente, que da lugar a una hembra sin alas que se reproduce por partenogénesis y que es el punto de partida de las generaciones que se


HUEVO DE INVIERNO
A
P
P
P

suceden hasta el otoño siguiente, por lo que también se llaman *hembras fundadoras (figs. 66* y *67)*.

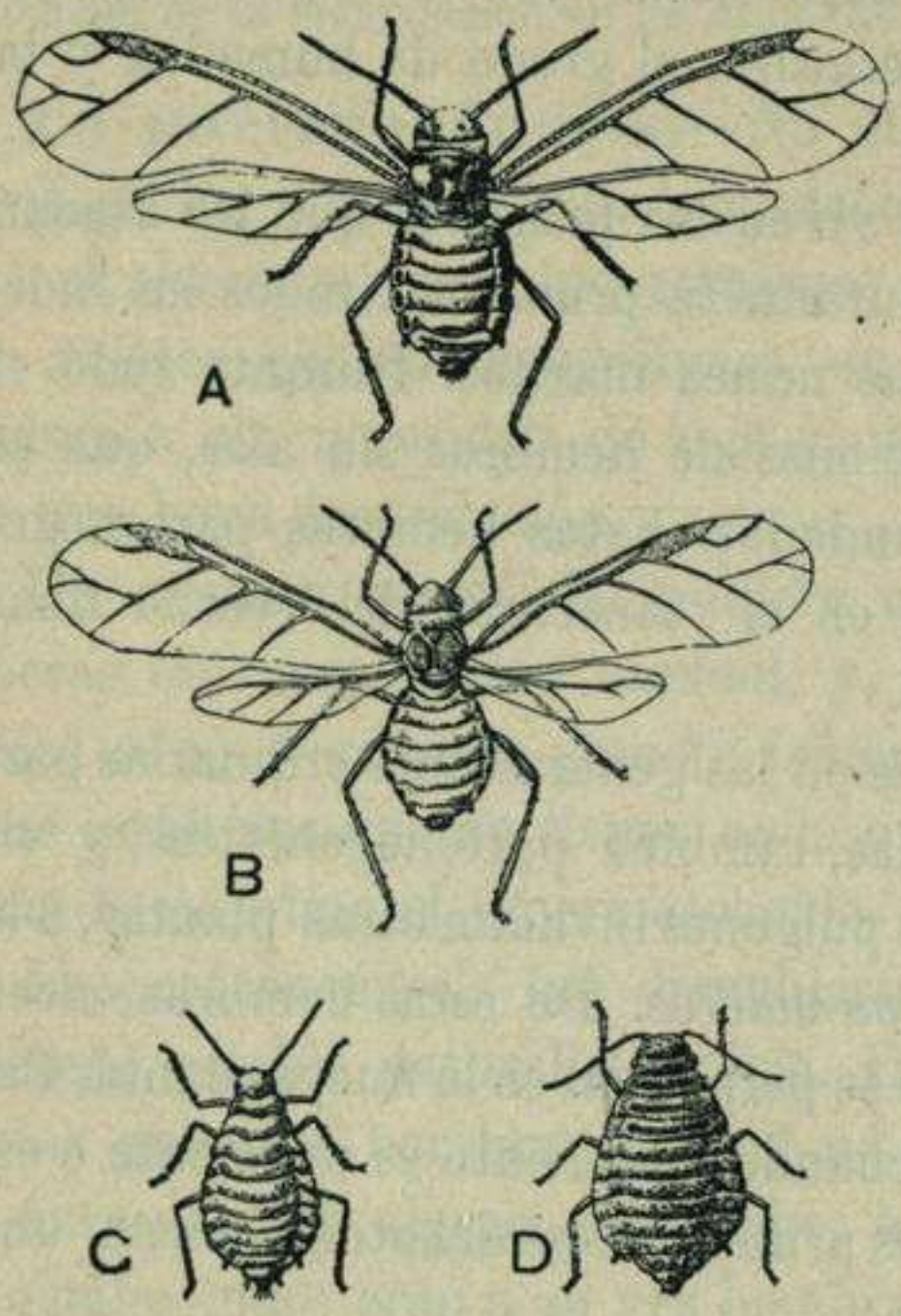


Fig. 67.—Diversas formas de pulgones (*Aphis*).—A. Macho alado.—B. Hembra vipípara alada.—C. Hembra partenogenética áptera vivípara—D. Hembra áptera ovípara. (Muy aumentado). (De Berlese.)

El ciclo descrito no tiene más valor que el de un caso concreto esquemático, pues el modo como las distintas formas se suceden en las diferentes generaciones, el número de éstas, la forma peculiar de las diferentes clases de hembras, las emigraciones que con frecuencia se realizan a través de varias plantas, etc., son extraordinariamente variables en los diversos géneros y especies de pulgones (Afídidos) y en relación con las circunstancias del ambiente. No hay que insistir, de que en los Rotíferos y en las pulgas de agua (Cladóceros), no obstante de que la partenogénesis cíclica obedece, en sus términos generales, al ciclo descrito, presenta peculiares caracteres imposibles de consignar brevemente.

PARTENOGÉNESIS CONSTANTE.—Este caso es siempre difícil de establecer, pues muchos de los que por tales se tenían se basaban en observaciones incompletas.

En los Rotíferos, pequeños animalillos que viven en los charcos, la reproducción es partenogenética. En muchas de sus especies este fenómeno está tan acentuado que no se han logrado descubrir los machos.

En España vive un Ortóptero, la *Saga serrata*, del que sólo se han cogido hembras, no obstante de que en su país de origen, Asia Menor, se encuentran machos, aunque en una proporción muy exigua.

Este fenómeno parece estar plenamente comprobado en un Crustáceo de agua salobre, la *Artemia salina*, en la que algunas variedades, como la que vive en Capo d' Istria, se reproduce normalmente sin el concurso de los machos, que no han sido encontrados.

Esta forma especial de partenogénesis, que de un modo normal y

Instituto San Isidro de Madrid 2008

constante produce *hembras*, recibe el nombre de *telitoquia* (gr. *thelys*, hembra; *tikto*, procrear).

PARTENOGÉNESIS FACULTATIVA.—En algunas especies de insectos, especialmente en las que forman sociedades, como las abejas, las avispas y las hormigas, las hembras reciben los espermatozoides del macho en una bolsa especial, denominada receptáculo seminal, que se pone o no en comunicación con el oviducto, según que el animal relaje o contraiga las fibras musculares de un conducto que relaciona ambos órganos. En el momento de depositar los huevecillos, estos insectos dejan unas veces el receptáculo seminal en comunicación con el oviducto y la fecundación se produce, o permanece incomunicado y este fenómeno no tiene lugar. En ambos casos, los huevos se desarrollan; pero mientras que en el primero dan origen a hembras, en el segundo se producen únicamente machos.

Este caso de partenogénesis que da origen *a machos* solamente se denomina *arrenotoquia* (griego *arren*, viril), a diferencia de la *telitoquia*, que, como acabamos de ver, sólo da origen a hembras. En la mayoría de los casos de la partenogénesis facultativa, ésta es *arrenotóquica*.

Como dato curioso diremos que parece ser que Aristóteles tenía ya noticia de que los zánganos de las sociedades de abejas, o sea los individuos machos, procedían de huevos no fecundados depositados por la reina.

PARTENOGÉNESIS PRECOZ O PEDOGÉNESIS.—En algunos casos extraordinarios, entre los que se pueden citar los de ciertos Dípteros, como algunas especies de *Cecydomia (Miastor)* y algunos Quironómidos, las larvas tienen la facultad de producir prematuramente huevecillos que se desarrollan sin necesidad de ser fecundados *(fig. 68)*.



Fig. 68.—Larva de *Cecydomia (Miastor)*, en cuyo interior se desarrollan las larvas hijas. (Imitación Pagenstecher.)

Nicolás Wagner señaló en 1862 por primera vez este fenómeno al observar que algunas larvas de *Cecydomia* encerraban otras vivientes, que se habían desarrollado, como es consiguiente, dentro de la larva madre. En tanto que en los *Cecydomia* y *Miastor* las nuevas larvas son producidas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

por otras larvas, en los Quironómidos la reproducción se realiza por las ninfas.

Se puede asimilar a la partenogénesis las transformaciones que se realizan en el ciclo evolutivo de la *duela del hígado* (véase más adelante, pág. 205), las cuales dan por resultado en que en cada una de las fases evolutivas se producen gérmenes que multiplican extraordinariamente el número de individuos de los sucesivos estados por que pasan hasta alcanzar el estado definitivo.

La partenogénesis experimental.—Uno de los resultados más sorprendentes de la biología experimental ha sido el provocar la partenogénesis mediante agentes físico-químicos en huevecillos de seres en los que este fenómeno no se ofrece de un modo natural.

Después de los intentos de Tichomiroff en 1886 sobre los huevecillos del gusano de la seda, y de los hermanos Hertwig y Morgan en los de Equinodermos, en los que a lo sumo consiguieron la segmentación del huevo sin alcanzar forma larvaria alguna, en 1899 el biólogo Dr. Loeb consigue obtener larvas nadadoras de erizos de mar tratando los huevos no fecundados, durante dos horas aproximadamente, con agua de mar en la que había aumentado su presión osmótica mediante la adición de distintas sales. Al colocar los huevos así tratados en agua de mar normal, muchos de aquellos gérmenes comenzaban su desarrollo hasta los estados citados.

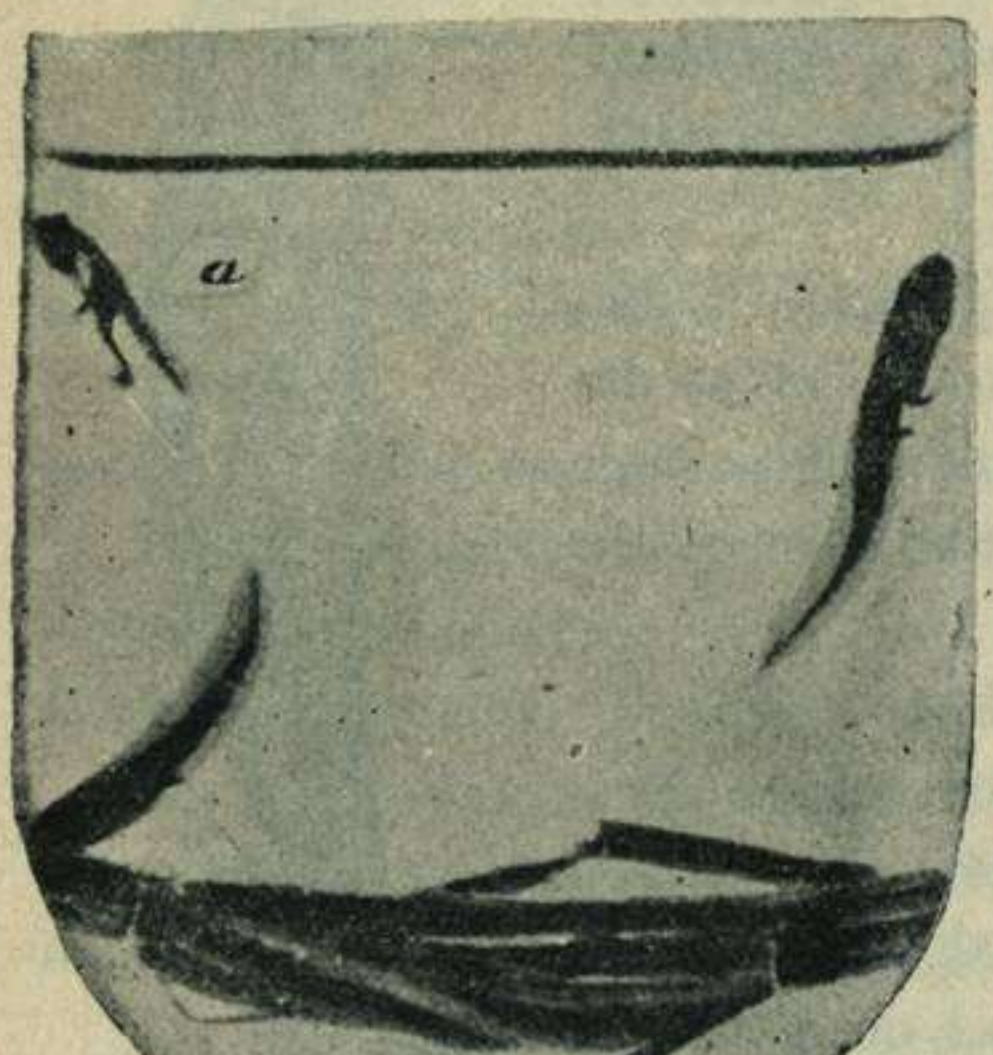


Fig. 69.—Renacuajos partenogenéticos, *a*, el más viejo de los tres, tiene ochenta y un días (según Bataillon).

Desde esta fecha son innumerables los experimentos realizados, destacando en Europa los trabajos de los biólogos franceses I. Delage y Bataillon.

Son muchos los seres en los que se ha logrado provocar la partenogénesis artificial, correspondiendo casi todos a los invertebrados. Entre los últimos éxitos conseguidos en estos tiempos en tales experimentos,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

debemos de mencionar las ranas y sapos partenogenéticos conseguidos por Bataillon *(fig. 69)*, mediante la punción de los huevos no fecundados con finas agujas o estiletes de vidrio, de platino o de manganina en presencia de sangre, linfa, suero sanguíneo u otras sustancias orgánicas.

Los agentes que estimulan el desarrollo de los elementos femeninos son muy variables: unas veces son físico-químicos (Loeb, Morgan, Hertwig); otras, eléctricos (Delage) o traumáticos (Bataillon), etc. Algunos investigadores emplean estos agentes en sus experimentos de un modo combinado.

Los experimentos de partenogénesis experimental han permitido interpretar la acción del espermatozoide en el acto de la fecundación. Este elemento no parece indispensable en el desarrollo del elemento femenino, ya que puede ser sustituído por los agentes más diversos. Por esta razón, los biólogos contemporáneos le consideran como un excitador que rompe la inercia del germen y le impulsa al desarrollo. Pudiéramos comparar el espermatozoide a un fermento provocador del desarrollo, que puede ser reemplazado por los agentes más diversos.

Caracteres sexuales primarios y secundarios.—Dimorfismo y polimorfismo sexuales.—En la mayoría de las especies animales, los gametos se forman en individuos de sexo distinto, por lo que se llaman *unisexuales* o *dioicos* (*dis* = dos; *oikia* = casa), porque sus órganos reproductores masculinos y femeninos se encuentran en individuos distintos.

Los individuos de cada sexo se distinguen entre sí por un cierto dimorfismo sexual, acusado más o menos por una serie de caracteres diferenciales.

Estos caracteres se agrupan en dos categorías: los llamados caracteres sexuales *primarios*, que son los que provienen de la existencia de los órganos realmente reproductores, ovarios en las hembras y testículos en los machos; y los *secundarios*, estrechamente ligados a la existencia de éstos, pero que anatómicamente no tienen relación con ellos.

Sabido es que machos y hembras tienen una infinidad de rasgos y caracteres que permiten diferenciarlos en un examen superficial, sin necesidad de recurrir al reconocimiento de la naturaleza de los órganos reproductores.

El dimorfismo sexual está poco acusado en los individuos jóvenes, en tanto que en los adultos, en los que las glándulas reproductoras están en plena actividad, los rasgos que revelan la sexualidad están perfectamente definidos.

En las distintas especies, el grado de dimorfismo sexual es muy variable, existiendo formas en que éste está tan acusado que aun en el lenguaje vulgar existen nombres para designar uno y otro sexo. El gallo y la gallina, sin ir más lejos, nos ofrecen un instructivo ejemplo: el gallo, más vigoroso, provisto de espolones, de formas más esbeltas, de plumaje más vistoso y brillante, con su cresta erguida y su canto sonoro, se distingue fácilmente de la gallina, de forma más achaparrada, plumaje más apagado, cresta apenas saliente y de canto reducido a incipiente cacareo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El dimorfismo sexual es a veces tan acusado, que los naturalistas han necesitado de cuidadosas y pacientes investigaciones para poder llegar a reconocer la identidad específica de los dos sexos. Tal es el caso, por ejemplo, de algunas mariposas, en las que el macho es alado y la hembra tiene la forma de un gusano o de una larva *(figs. 70 y 71)*; o el de un gusano marino, la *Bonellia viridis*, de bastante tamaño, de la que sólo se conocían las hembras hasta que los investigadores descubrieron en sus vías genitales un pequeño ser microscópico y parásito que no era otro que el macho de la *Bonellia (figs. 72 y 73)*.

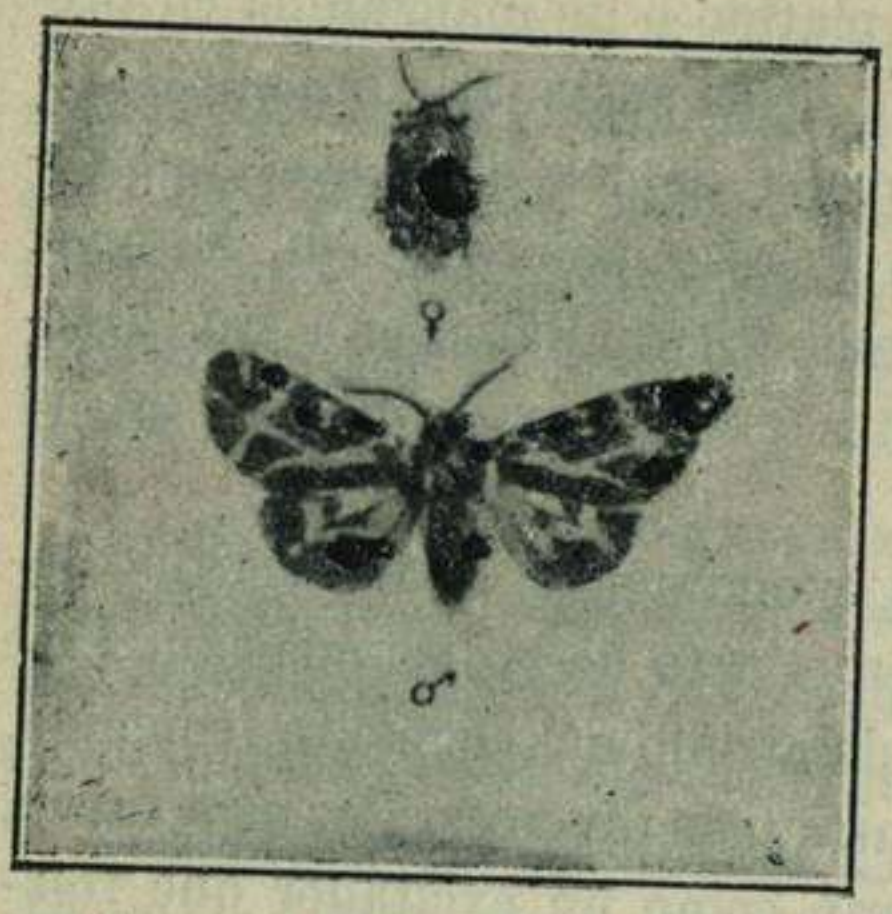


Fig. 70.—Dimorfismo sexual de la mariposa *Ocnogyna Bætica*. (Según Cañizo.)

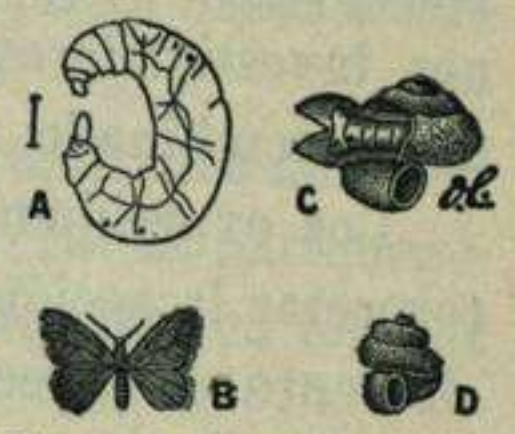


Fig. 71.—Dimorfismo sexual de una mariposa *(Psyche helix)*: A, ♀; B, ♂; C, tubo de la oruga ♂; D, tubo de la oruga ♀; (s. Claus).

En algunos casos curiosos, observados en el reino animal principalmente, se ha comprobado que existe un verdadero polimorfismo sexual que afecta a los machos o a las hembras. En la isla de Java viven unas mariposas, que corresponden a la especie *Papilio Memnon*, que ofrecen la notable particularidad de que sus machos son todos iguales; pero, en cambio, las hembras son de tres clases diferentes, distinguiéndose unas de otras por el colorido de sus alas. Sus rasgos son tan acusados que los naturalistas se creyeron en presencia de tres especies distintas, que bautizaron con los nombres de *Papilio achates*, *Papilio agenor* y *Papilio laomedon*. La identidad de estas tres formas es evidente, ya que de los huevecillos que pone una sola hembra salen, con el tiempo, orugas que, al crisalidar, dan origen a las tres clases de hembras mencionadas *(figura 74)*. No es éste el único caso entre las mariposas, pues se conoce uno aún más notable: el del *Papilio merope*, que posee cuatro clases de hembras.

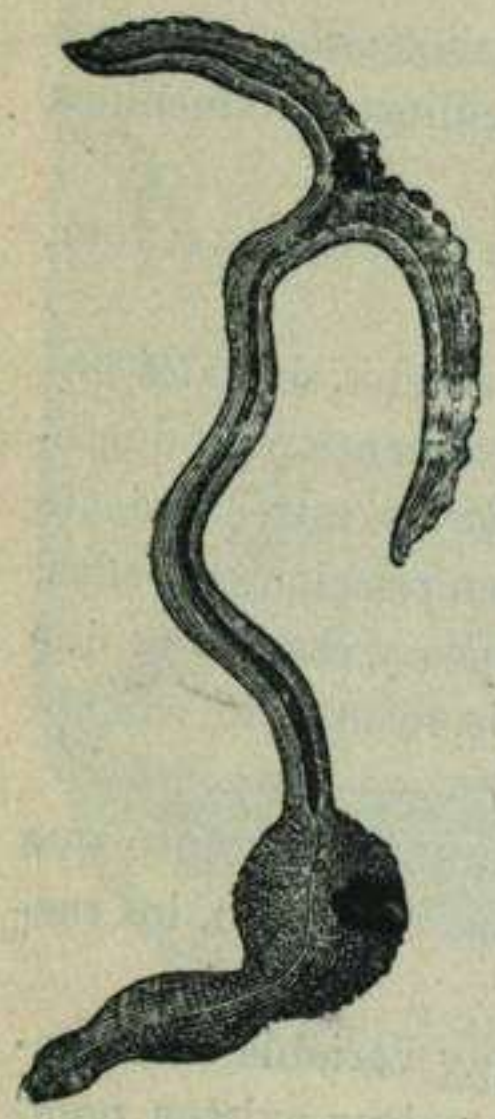


Fig. 72.—Hembra de *Bonellia viridis;* tiene de 5 a 8 cm. (Según Lacaze-Duthiers.)

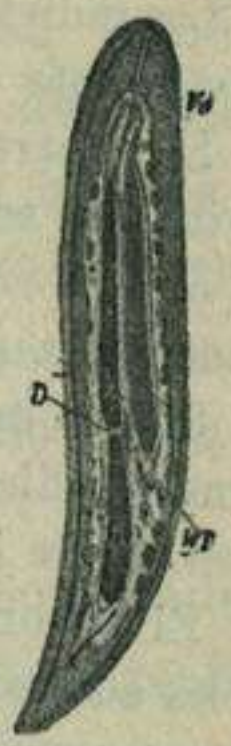


Fig. 73.—Macho de *Bonellia;* tiene un milímetro y vive parásito en el esófago de la ♀, de donde emigra al oviducto en la época de la reproducción. (s. Spengel.)

En nuestro país existe el caso notable de un escarabajo de agua, el *Dytíscus marginális*, que tiene la curiosa particularidad de poseer dos clases de hembras: unas con

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los élitros lisos y otras con los élitros recorridos por unos surcos dispuestos paralelamente unos a otros *(fig. 75)*.

El polimorfismo no queda limitado al sexo femenino y así en algunas especies de *Orycles* y *Dynastes*, escarabajos que presentan un cuerno o prolongación frontal que

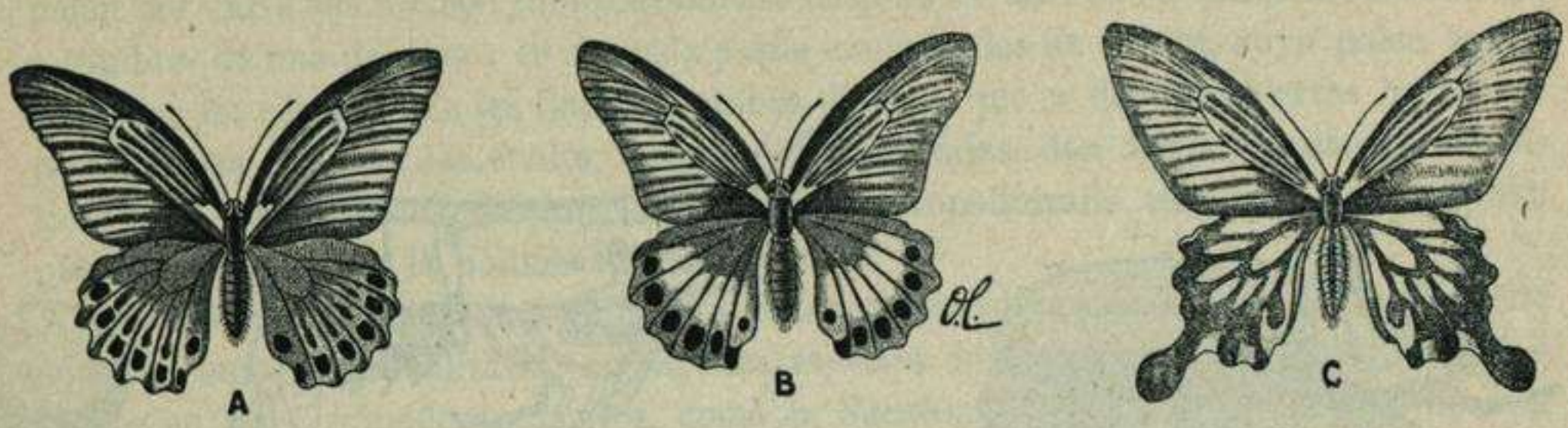


Fig. 74.—Polimorfismo sexual de *Papilio Memnon*.—A, B y C, hembras de los tipos *laomedon*, *agenor achates*, respectivamente.

les da un aspecto muy característico, existen dos clases de machos: unos *grandes*, con la prolongación frontal muy desarrollada, y otros *pequeños*, con este apéndice apenas señalado *(fig. 76)*.

En otros casos las variaciones morfológicas quedan limitadas a la prole, sin que los adultos ofrezcan modificaciones en su forma.

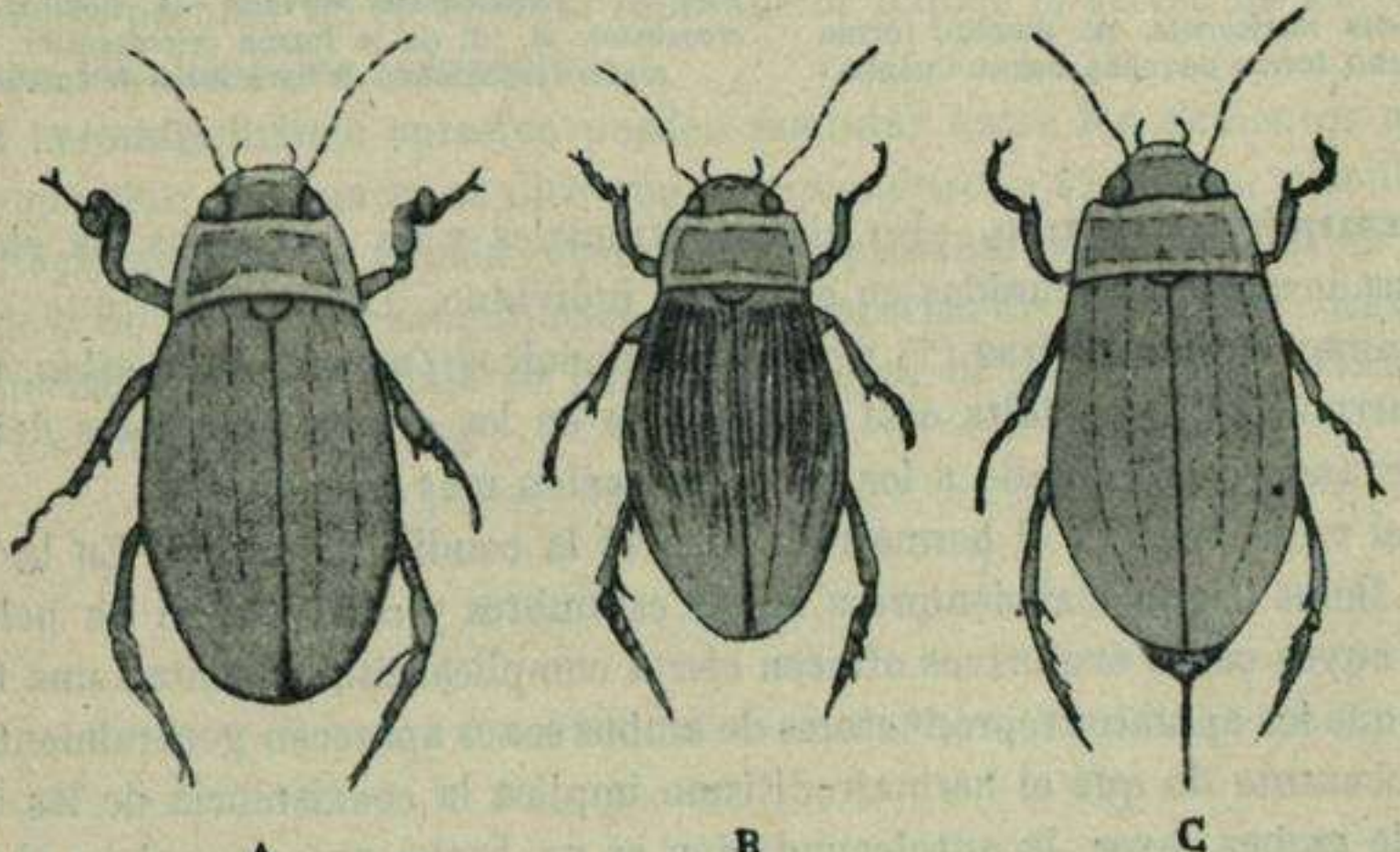


Fig. 75.—Polimorfismo sexual de *Dytiscus marginalis*.—A, macho reconocible por sus élitros lisos y por las ventosas de los tarsos anteriores.—B, hembra normal, cuyos élitros tienen profundos surcos.—C, Otra hembra (variedad *conformis*), parecida al macho por sus élitros: obsérvese el oviscapto del extremo de abdomen y los tarsos anteriores, de tipo claramente femenino. (Según Cuénot).

Como ejemplo curioso podemos señalar el caso de una quisquilla de agua dulce, el *Palæmonetes varians*, en la que las hembras de una de sus variedades transportan en su abdomen de 20 a 50 huevos de gran tamaño, en tanto que las de otra lleva de 100 a 450 huevecillos muy pequeños. De los huevos de la primera de estas formas, de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nominada *macrogenitor*, nacen las larvas en un estado más avanzado de desarrollo que en la otra, o sea la llamada forma *microgenitor (fig. 77)*.

En los insectos sociales, como los termes, las abejas y las hormigas, se da también una especie de polimorfismo sexual, que será examinado al estudiar las costumbres sociales de estos insectos.

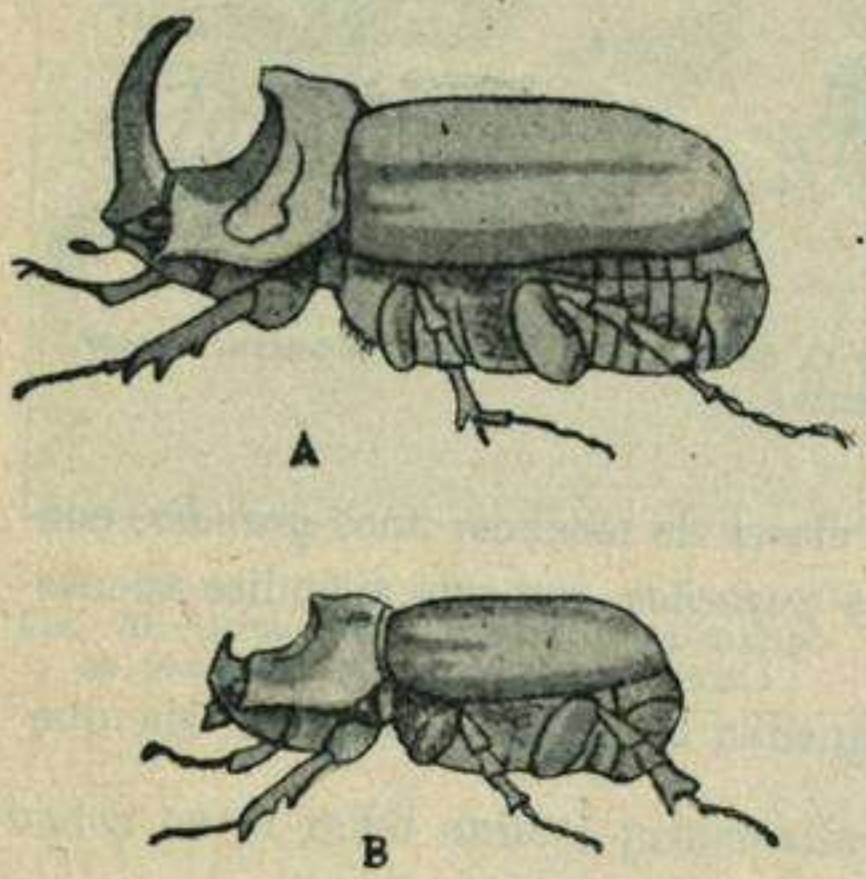


Fig. 76.—*Orycles nasicornis*. A, macho, forma grande; B, macho, forma pequeña (según Cuénot.)

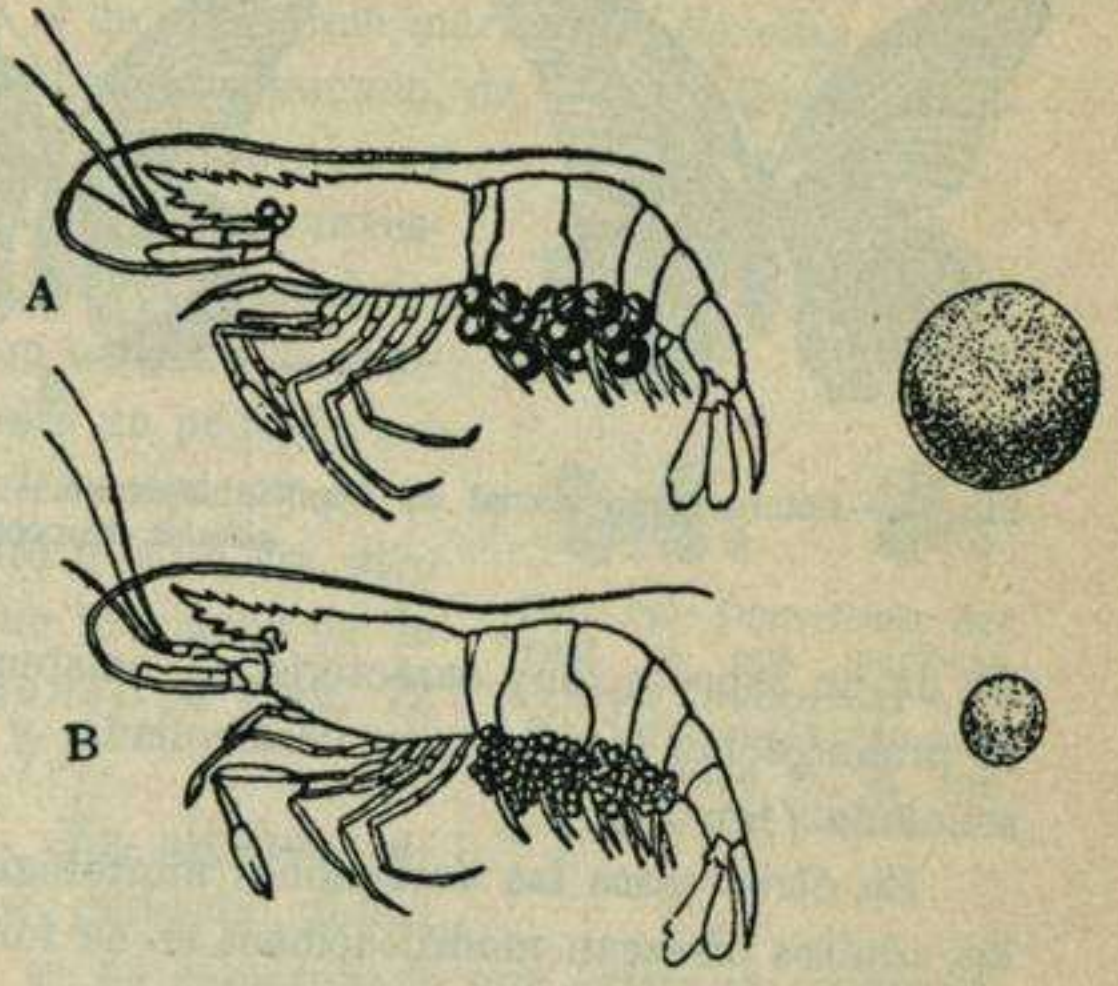


Fig. 77.—*Palæmonetes varians* —A, hembra de la forma *macrogenitor;* B, íd. de la forma *microgenitor*: a la derecha, tamaño aproximado de los huevos de ambas. (De Cuénot.

Hermafroditismo.—En algunos animales y en casi todas las plantas superiores, los sexos están reunidos en el mismo individuo. Los seres en que esto sucede se denominan hermafroditas (*) y también monoicos *(monos*, uno; *oikia*, casa).

El hermafroditismo falta casi en absoluto en los grupos superiores del reino animal, quedando casi limitado a los de organización más sencilla.

En el reino vegetal, el hermafroditismo es la condición normal. En las Fanerógamas, las flores llevan casi siempre a la vez estambres y carpelos; en los helechos y los musgos, cuyos ciclos evolutivos ofrecen cierta complicación, presentan una fase sexuada en la que los aparatos reproductores de ambos sexos aparecen generalmente reunidos.

No obstante de que el hermafroditismo implica la coexistencia de los órganos genitales de ambos sexos, la autofecundación es un hecho excepcional en el mundo orgánico. Para que la autofecundación tenga lugar es condición precisa que espermatozoides y óvulos se encuentren maduros y aptos para realizar la fecundación en el mismo instante, y que existan las adecuadas disposiciones anatómicas para que los espermatozoides y los óvulos se puedan poner en contacto. En las plantas, no obstante de que los elementos masculinos y femeninos se encuentran próximos, la autofecundación se realiza en contadísimos casos. La Naturaleza parece huir de la autofecundación, sin duda porque la fecundación cruzada produce descendientes más robustos y

(*) Hermafrodite, personaje mitológico de sexo ambiguo, hijo de Hermes y Afrodita.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vigorosos. En este respecto, Darwin ha realizado interesantes experimentos en lo que a las plantas se refiere. Uno de ellos consiste en lo siguiente: se toman dos plantas de tulipán, que tienen las flores aisladas, y antes de que se abran éstas se cubre toda la planta con una tupida gasa o una fina tela que no permita el paso de los granos de polen por entre sus mallas; inmediatamente después de abrirse las flores se cortan los estambres de una de ellas y se aguarda a que maduren los de la otra, cuyo polen se deposita en los estigmas de las flores de ambas plantas, que se dejan cubiertas hasta que maduren las semillas, las cuales, después de sembradas, dan origen a plantas raquíticas o no germinan cuando proceden de la flor autopolinizada, mientras que originan plantas normales en la polinización cruzada.

En los animales, la autofecundación se ha observado entre los anillos de diferente edad de una misma solitaria; en algunas especies de Cirrópodos (percebes), especialmente en los Cirrópodos parásitos, como la *Saculina*, que ataca al cangrejo de mar común *(Carcinus mœnas);* tal vez en algunos Briozoos y Tunicados; en las plantas es imprescindible en ciertas flores de algunas especies, como en la violeta y algunas especies de *Lamium*, que poseen flores llamadas *cleistógamas* (gr. *kleis*, llave; *gamos*, boda) que jamás abren su corola y las que sólo pueden ser fertilizadas por sus propios estambres.

Con respecto a la época en que los productos reproductores maduran, los seres hermafroditas pueden ser simultáneos o sucesivos. Entre los primeros habremos de citar a los caracoles, en los que, sin embargo, la fecundación es cruzada y recíproca, ya que la constitución peculiar de su aparato reproductor impide el acceso de los espermatozoides hasta los elementos femeninos.

En el hermafroditismo sucesivo pueden madurar antes los elementos masculinos que los femeninos, y entonces se dice que es *protándrico*, o viceversa, y se llama *protogínico*. El primer caso es el más general, siendo protándricos los anillos de la *Tænia*, las lombrices de tierra, las sanguijuelas, varias especies de crustáceos parásitos, etcétera. Como casos de protoginia se puede mencionar el de algunos Turbeláridos, las *Salpas* y los limacos o babosas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

DURACIÓN Y TÉRMINO DE LA VIDA

Si observamos en un cultivo artificial el ciclo biológico de algunos infusorios, como el *Paramæcium*, la *Colpoda* o la *Stylonychia*, veremos que estos seres crecen hasta que llega un momento en que se inicia la división transversal por un proceso de reproducción asexual, originando dos nuevos individuos más pequeños. Éstos, a su vez, comienzan a crecer hasta que alcanzan un tamaño aproximado al de sus progenitores, y entonces se dividen como ellos para dar lugar a una nueva generación. Este fenómeno se repite así indefinidamente, sin que en estos seres se produzca la muerte natural. La materia protoplasmática de cada uno de los infusorios se reparte entre los dos infusorios hijos sin que aparezca por ningún lado su cadáver, cuerpo inerte abandonado por la vida. Podemos afirmar que estos infusorios gozan de una completa inmortalidad, ya que en ellos la muerte no aparece como fenómeno natural. Los infusorios son inmortales, ya que no eternos, puesto que en cada división el individuo desaparece para dar origen a dos nuevas individualidades.

En otros seres unicelulares, como las bacterias, este proceso es un poco diferente. Cuando las circunstancias del medio son favorables se dividen como en el caso de los infusorios; pero en el momento en que éstas son adversas, una parte del protoplasma se condensa, constituyendo una espora, envuelta en una recia cubierta, en la que la actividad vital se atenúa, hasta que, cuando las circunstancias son otra vez apropiadas, la espora recupera su perdido dinamismo y origina una nueva bacteria, que comenzará a dividirse de un modo normal.

En los infusorios, algunos autores han descrito fenómenos de degeneración que se han atribuído a un proceso senil *(fig. 78)* análogo a la vejez que se nota en los animales pluricelulares. Estas observaciones han sido discutidas por ciertos biólogos que suponen que los fenómenos dege-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nerativos son causados por las sustancias tóxicas que se acumulan en el medio de cultivo. Cuando el cultivo se depura, los fenómenos de senilidad no se presentan; Woodruff y miss Erdmann han mantenido durante ocho años un cultivo de *Paramæcium aurelia*, lo que representa aproximadamente unas 5.250 generaciones, en las que los infusorios conservaron su forma y su vigor.

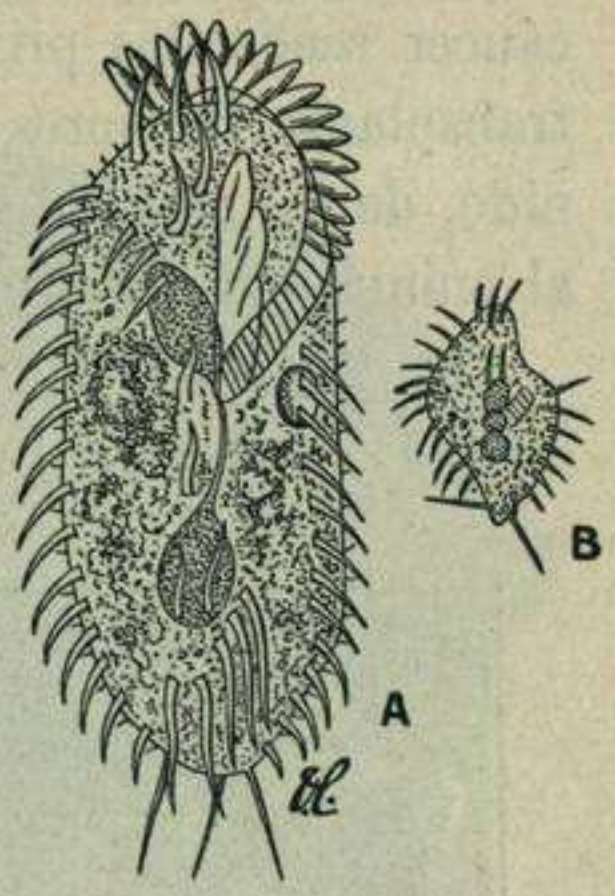


Fig. 78.—Degeneración senil del infusorio *Stylonychia pustulata*.—A, comienzo de la degeneración; B, infusorio derivado del anterior y próximo a su desaparición. (Imit. Maupas.)

En los seres pluricelulares existen dos categorías de células: aquellas que constituyen el germen y originan los eleméntos reproductores y las que forman el soma o cuerpo (véase pág. 75). Las primeras son potencialmente inmortales, ya que de ellas se originan las células reproductoras o gametos que producen el huevo, punto de partida de la siguiente generación, en la que se perpetúa la vida.

El soma está integrado por numerosísimas células, que sufren una continua diferenciación desde el momento en que comienza el desarrollo del huevo, terminando su vida con la generación a que pertenecen. En el germen, las células son poco numerosas, conservando perpetuamente sus caracteres juveniles; estas células tienen el supremo privilegio de conservar constante vitalidad en la serie discontinua de los sucesivos descendientes, sobreviviendo a las generaciones de que formaban parte. El soma representa el caduco armazón del edificio orgánico en que el germen se aloja.

Los elementos del soma, sus células y sus tejidos, tienen una vida efímera, que en general es mucho más corta que la del individuo a que pertenecen. Las células epidérmicas se renuevan de continuo, así como las células epiteliales que revisten el aparato digestivo, que son de las que ofrecen una vida más corta. Las células nerviosas son las únicas que duran lo que dura la vida de los organismos a que pertenecen.

Las células que constituyen el cuerpo son tal vez potencialmente inmortales, como las de los seres unicelulares, según lo demuestran los cultivos de células. Harrison y Burrows establecieron, siguiendo los trabajos de Leo Loeb, los métodos para mantener en cultivos, análogos a los de las bacterias, las células integrantes de los animales de sangre caliente.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Carrel, utilizando estos procedimientos, logró mantener *in vitro* durante muchos años células conjuntivas del corazón de un embrión de pollo. A este mismo resultado parecen conducir las transplantaciones del cáncer realizadas primeramente por Leo Loeb. Este investigador logró transplantar tumores malignos de unas ratas a otras de modo casi indefinido, de tal manera que las células del tumor transplantado sobrevivían al animal del que procedían.

Los fenómenos de senilidad y degeneración que se observan en los infusorios, se dejan sentir también en las células de los metazoarios; los



Fig. 79.—Vista parcial del Huerto de los Olivos (Jerusalén).—Los árboles que figuran en primer término derecha y segundo izquierda son dos de los ocho olivos que se citan en el texto. Parece que, en realidad, los actuales olivos son retoños de los que vivían cuando murió J. C., ya que, según Josefo, todos los árboles de los alrededores de Jerusalén fueron destruídos durante el sitio de Tito. Pero, aun dando por cierta esta destrucción, por otros varios datos, que no es posble enumerar, se puede asegurar que los actuales olivos, el mayor de los cuales mide 8 m. de circunferencia, cuentan, por lo menos, 18 siglos de existencia. (Datos comunicados por el P. Santibáñez O. M. Cap.; fotografía comunicada por el P. Celestino Cebrián O. F. M., de la Orden encargada de la custodia de los Santos Lugares.)

elementos del sistema nervioso ofrecen un proceso de degeneración detenidamente estudiado por Cajal.

La duración de la vida es sumamente variable: así las *Efémeras*, que viven cerca de un año en el estado de larva, sólo pasan un día en el estado perfecto, muriendo aquella noche, en tanto que algunas tortugas, como la *Testudo Daudini*, viven hasta trescientos años.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En los vegetales arbóreos la longevidad alcanza cifras realmente extraordinarias, citándose algunos casos curiosos de árboles de más del millar de años, como ocho olivos que se conservan en el Huerto de Getsemaní, que algunos suponen contemporáneos de Jesucristo, o el célebre drago de Icod, al que se le calculan cuatro mil años *(figs. 79 y 80)*.



Fig. 80.—El drago *(Dracæna)* es uno de los vegetales que mayor longevidad y corpulencia alcanzan. El de la figura representa el de Icod (Tenerife-Canarias), que tiene unos 4.000 años. (Fotografía comunicada por el profesor J. Comas.)

Hay que tener en cuenta que en estos vegetales es sumamente larga la vida del individuo y corta la de algunos de sus órganos o sus células. Las hojas se renuevan frecuentemente y sus tejidos se forman de continuo al nivel de ciertas zonas llamadas meristemos, con objeto de sustituir a las que constantemente mueren. Este es el caso bien conocido de la hiedra, que puede vivir siglos sin que ninguna de sus hojas sobreviva al segundo verano,

En los mamíferos, como en el hombre, la longevidad es un carácter hereditario que a veces se presenta con cierta persistencia en algunas familias. En estos seres también se observa una relación entre la duración de la vida y la fecundidad.

En general, las especies de larga vida son poco fecundas, como les sucede al elefante, al loro y al mismo hombre, en tanto que los Roedores (como los conejos, las ratas, etc.) y las moscas, son extraordinariamente fecundas y de corta vida.

Hipótesis acerca del proceso de la vejez.—Sin que podamos entrar en detalles sobre este interesante asunto, diremos dos pa-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

labras respecto a las hipótesis más importantes expuestas por los biólogos para explicar este hecho.

Unos autores suponen que el envejecimiento proviene de una intoxicación del organismo, que es incapaz de eliminar debidamente los productos de la desasimilación. Esto trae como consecuencia, en el sentir de Metchnikoff, que los leucocitos pierdan su natural disciplina y ataquen a las células del propio organismo.

Muchos fisiólogos opinan que la vejez es producida por la degeneración del tiroides y otras glándulas endocrinas, no siendo las que menos intervienen en el fenómeno las sexuales, ya que la vejez sigue al ocaso de la actividad de los elementos reproductores. Otros opinan que la vejez es producto de la nutrición deficiente, quizá producida por una falta de vitaminas (véase más adelante pág. 182).

Biólogos como Loeb, creen que el proceso de la vejez nace de una imperfecta oxidación de los tejidos, al paso que otros como Marinesco atribuye la senilidad a la deshidratación creciente de los coloides orgánicos. Para Rocasolano y otros bioquímicos la vejez es la resultante de la pérdida de la energía y actividad de los coloides. Estos fenómenos físico-químicos son la causa de las alteraciones y deficiencias nutritivas que provocan los fenómenos morfológicos y funcionales de la senilidad.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

LOS PROBLEMAS DE LA HERENCIA

Sabido es que cada ser se parece más o menos estrechamente a sus progenitores, recibiendo de ellos por herencia una serie de rasgos y caracteres morfológicos y fisiológicos: en resumen, sus caracteres esenciales. Pero también es sabido que en las sucesivas generaciones aparecen variaciones o rasgos que les son peculiares y que la selección fija o elimina, según que éstos sean útiles o perjudiciales para la especie de que se trate.

Del equilibrio o desequilibrio entre la herencia y la variabilidad depende el que las especies permanezcan estacionarias o por el contrario se modifiquen y transformen.

En este capítulo analizaremos el problema de la herencia y en el siguiente el de la variación relacionando este último con la cuestión del origen y evolución de las especies, con el que está en íntima e inmediata conexión.

La Herencia.—Preformación y epigénesis.—El problema de la herencia es uno de los fundamentales de la Biología, cuyos resultados y efectos son objeto de la observación vulgar a cada momento. La mayor o menor semejanza entre los progenitores y la descendencia es atribuída por todos a la herencia, aunque el vulgo desconozca el alcance y significación científica de la palabra. La herencia, según el criterio del Profesor Rabaud, no es más que un hecho de continuidad y de similitud entre los ascendientes y su descendencia. Se concibe fácilmente que los naturalistas hayan procurado explicarse los fenómenos de la herencia mediante interpretaciones o doctrinas diversas. Las distintas hipótesis y explicaciones pueden agruparse en dos grandes teorías que se debaten en el campo de la ciencia: la *preformación* y la *epigénesis*. Una idea muy extendida entre los naturalistas del pasado era que en el huevo estaba formado en miniatura el futuro ser, y durante su período embrionario se iban dibujando más detalladamente todos sus rasgos, hasta adquirir su forma y contextura definitiva.

Algunos ampliaban esta creencia, suponiendo que en cada una de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

estas miniaturas se contenía, a su vez, el germen y boceto de las otras generaciones (*).

Esta idea fué probablemente sugerida por la observación de las yemas de los vegetales, en el interior de los cuales aparecen las hojas o las flores futuras en miniatura, o de las ninfas y crisálidas de los insectos, en las que ya se ven todos los órganos del adulto, y cuyo desarrollo ulterior no es otra cosa que el perfeccionamiento del boceto preformado en la yema o en la crisálida.

La teoría de la preformación, tan tosca e imperfecta en otros tiempos, no es hoy aceptada en esta forma primitiva por ningún biólogo; pero, sin embargo, modernizada y renovada en su estructura, es casi universalmente aceptada por los naturalistas actuales.

En términos generales podemos decir que se admite por muchos que en el huevo residen partículas diferenciales o sustancias representativas de los rasgos y caracteres que más tarde habrán de existir en el adulto, por lo que el huevo puede considerarse como un *mosaico* de estas partículas, que poco a poco se irán repartiendo entre las células que sucesivamente se formen en el embrión, siendo la causa de su diferenciación, y, por lo tanto, de la formación de los órganos. En este mosaico ovular cada órgano, cada rasgo o cada carácter orgánico estaría representado ya, precozmente, por tales partículas o tales sustancias.

Las teorías cromosómicas de la herencia, que interpretan actualmente las leyes descubiertas por Mendel, y que a continuación se exponen, aceptan, en sus rasgos generales, este punto de vista.

Wolff, estudiando el desarrollo del polluelo en el interior del huevo, descubrió que el corazón se forma mucho después de haber comenzado el desarrollo. En su *Theoria generationis*, que vió la luz a mediados del siglo XVIII (1759), expuso la teoría de la *epigénesis*, según la cual el desarrollo implica la adquisición de diferentes rasgos y caracteres que no están representados en el germen al comenzar su desarrollo.

La teoría de la epigénesis no admite que haya nada preformado en el

(*) Es curiosa la manera de pensar de los naturalistas antiguos, que imaginaban que los individuos de las distintas generaciones estaban encerrados unos en otros a la manera de las cajas de los prestidigitadores, de las que sucesivamente se van sacando unas dentro de las otras en número considerable. Esta es la razón por la que también se llama a esto teoría «del encajonamiento».

Tales naturalistas pronto se dividieron en *«ovistas»*, que suponían que estos gérmenes estaban encerrados en el huevo y el esperma no tenía otra misión que activar o fertilizar el huevo aletargado, y los *«animalculistas»*, que creían ver en el huevo una sustancia muerta meramente nutritiva, en tanto que el esperma era la materia activa y viviente.

En los albores del microscopio, cuando este instrumento era aún tosco e imperfecto, creían vislumbrar en el esperma animáculos en los que creían distinguir la cabeza, los brazos y las piernas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

huevo, sino que en el desarrollo paulatino del embrión se van dibujando los distintos caracteres, a causa de las circunstancias extrínsecas que tiene que soportar. Es decir, que cada ser es semejante a sus progenitores, porque durante su desarrollo pasa aproximadamente por las mismas vicisitudes, que son las que van modelando su organismo, al modo como un escultor esculpe su obra. Esta semejanza pudiéramos compararla a la de las monedas fabricadas con el mismo troquel.

Preformación y epigénesis son dos puntos de vista diametralmente opuestos que se disputan la aceptación de los biólogos para explicar la marcha de la herencia. En el estado actual de la ciencia es, sin duda, la preformación la que cuenta con mayor número de partidarios.

La herencia mendeliana.—Las leyes de Mendel.—Las investigaciones de Mendel acerca de la herencia en los cruzamientos de variedades de vegetales fueron realmente el punto de partida de los modernos trabajos acerca de tan importante asunto.

Los autores que hasta entonces se ocuparon de la herencia pretendían seguir en la descendencia de los seres cruzados la distribución del conjunto de los innumerables rasgos y caracteres que distinguen a las especies o a las razas en las que las investigaciones se efectúan.

Juan Gregorio Mendel realizó sus importantísimas experiencias, en los años 1865 a 1869, en el jardín de un convento de Brünn, principalmente en guisantes. Sus descubrimientos, publicados en la modestísima Sociedad de Historia Natural de Brünn, no tuvieron resonancia ninguna entre los naturalistas de su tiempo. Hacia 1900, tres investigadores, Correns, Tschermak y De Vries, abordaron simultáneamente, de un modo independiente, el problema de la herencia en los vegetales, llegando a los mismos resultados a los que antes llegara Mendel. Desde esta fecha, los trabajos y las investigaciones se suceden, conociéndose hoy con el nombre de *mendelismo* un conjunto de hechos, hipótesis y doctrinas que tienen por base fundamental los primitivos descubrimientos de Mendel.

La planta en que principalmente trabajó fué en el guisante, que tiene, entre otras ventajas, la de ser una planta cuyas flores son difícilmente fecundadas por el polen procedente de otras y ofrecer un gran número de variedades que difieren en un solo carácter, que afecta al mismo órgano *(fig. 81)*. Así, por ejemplo, una de las variedades tiene sus semillas,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cuando están secas, completamente lisas, en tanto que en otra de ellas son rugosas de un modo irregular.

Si se cruzan entre sí estas dos variedades se obtienen híbridos en el que todos los guisantes son lisos. Al cruzar nuevamente entre sí las plantas de esta primera generación (F_1), con guisantes lisos, las plantas

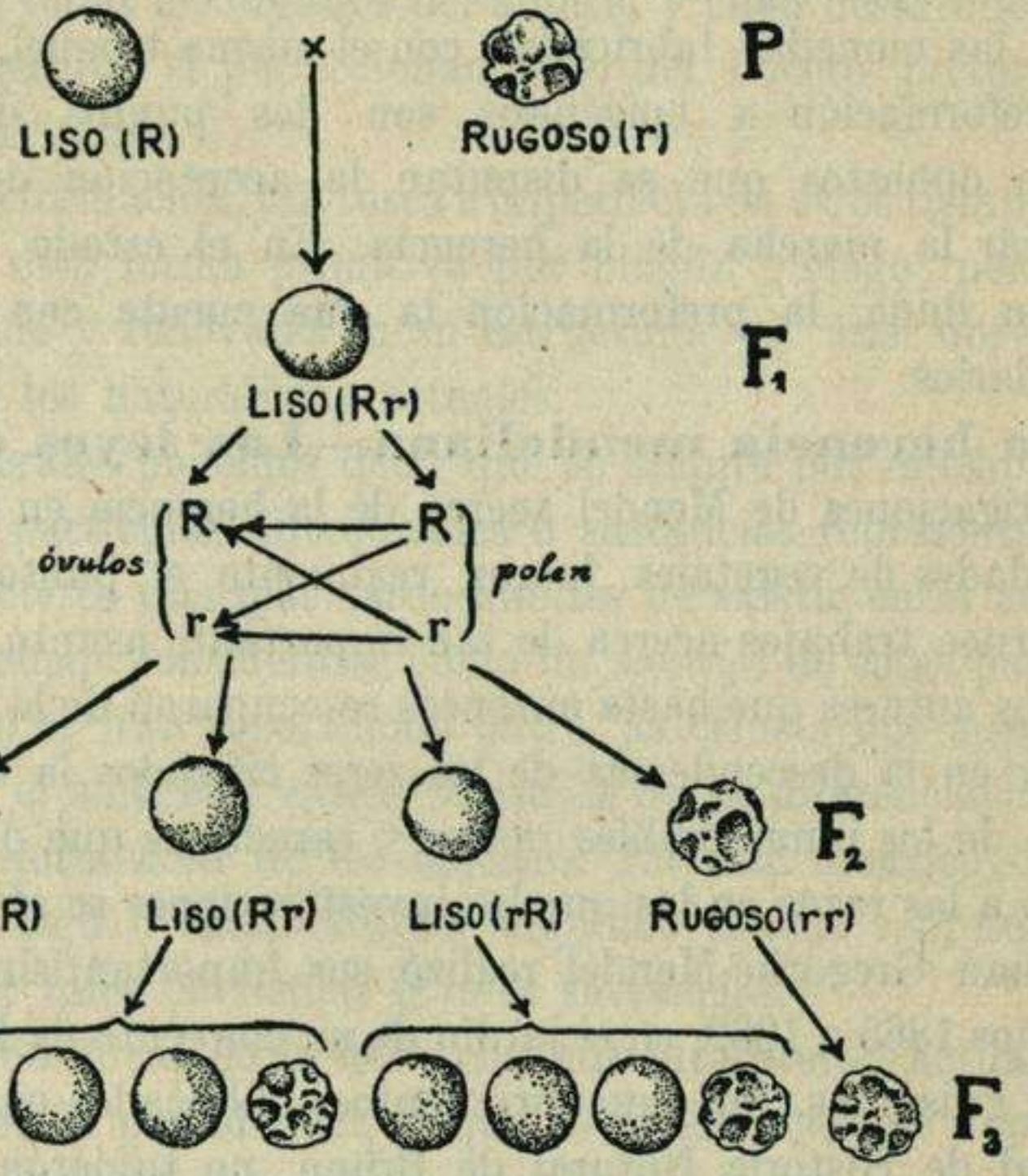


Fig. 81.—Representación esquemática de los resultados del cruzamiento de un guisante de semillas lisas con otro de semillas rugosas (según F. Nonídez).

de la segunda (F_2) (*) originan guisantes lisos y rugosos en la proporción de 3 : 1. Un examen más atento, sólo realizable estudiando la forma y aspecto de la descendencia de las variedades obtenidas, nos demuestra que no todos los guisantes lisos son iguales, ya que mientras unos, que corresponden a la que pudiéramos llamar raza pura, dan lugar guisantes lisos de un modo constante en toda su descendencia; otros, que son híbridos, producen lisos y rugosos en la proporción de 3 : 1. Los guisantes lisos de raza pura y los de raza híbrida están en la proporción de 1 : 2; de modo tal que las dos clases de guisantes lisos y las de rugosos están

(*) La primera y la segunda generación se expresan en los esquemas de este libro por los símbolos F_1 y F_2. En los casos que sea necesario la tercera generación se representa por F_3. Los progenitores, de los que partimos de los experimentos, se indican con la letra P.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

realmente en la proporción de 1 : 2 : 1; es decir, por cada guisante liso de raza pura, dos de guisantes lisos híbridos y uno de semilla rugosa.

Estos hechos fueron genialmente interpretados por Mendel de modo tal, que en su explicación se adelantó a los conocimientos que en su tiempo se tenían. Mendel admite que son los gametos masculinos y femeninos los agentes que llevan los factores hereditarios. Unos de ellos transportan el factor rugoso, que designamos por *r*, en tanto que los otros llevan el liso, o sea R. En el acto de la fecundación se producen huevos fecundados en los que se reúnen los dos factores R *r*, cada uno de los cuales es aportado por cada uno de los gametos; pero, no obstante de ello, todos los guisantes que producen las plantas de esta generación son lisos, porque entre estos dos factores se establece una competencia, en la que uno de ellos, el liso, que Mendel llama *dominante*, anula al otro, o sea al rugoso, que es el que se denomina *recesivo* (*).

En la generación de plantas producidas por estos guisantes se originan, como es consiguiente, elementos sexuales de dos clases: o sea osferas y granos de polen. En los de cada clase se reparten los factores R y *r* sin que jamás entren juntos, al mismo tiempo, en ninguno de ellos.

Este principio de la *separación* o *segregación* de los factores hereditarios en las células reproductoras masculinas y femeninas, es la primera y la más fundamental de las dos leyes de Mendel.

En virtud de esta ley se producen, por lo tanto, dos clases de gametos masculinos: unos, que transportan el factor R, y otro, el *r*. Análogamente se originan dos clases de gametos femeninos: unos con R y otros con *r*. Cada uno de los primeros puede fecundar a cada uno de los segundos, dando lugar a las siguientes combinaciones: RR, R*r*, *r*R, *rr*, según puede comprobarse en el esquema de la figura 81 bis.



Fig. 81 bis.—Recombinación de los factores hereditarios en el caso de los guisantes rugosos *r* y lisos *R*.

Las combinaciones *1* y *4* se conservan fieles a su tipo: es decir, la RR

(*) Empleamos la notación generalmente admitida por los tratadistas; el carácter recesivo se expresa por su letra inicial minúscula y el dominante por la misma letra mayúscula. Así, en el caso de que nos ocupamos, el carácter rugoso irá expresado por *r* y el liso, que es dominante, por R.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

o dominante pura producirá guisantes lisos constantemente y la *rr* o raza recesiva guisantes rugosos, ya que al producirse en ellas la segregación de los factores se originarán forzosamente sólo gametos de una clase. Las dos razas *2* y *3* son híbridas, por lo que en las sucesivas generaciones originarán lisos y rugosos en la proporción de *3 : 1*, ya que sus gametos siempre serán de dos clases, como sucede con los de la primera generación del ejemplo estudiado.

Este hecho de la reunión de los factores constituye la segunda ley, que se denomina de la *recombinación independiente de los factores hereditarios*. Si bien se observa, este principio es realmente consecuencia de la primera ley, o sea la de la separación de los factores, ya que no puede haber combinación si previamente no se han separado.

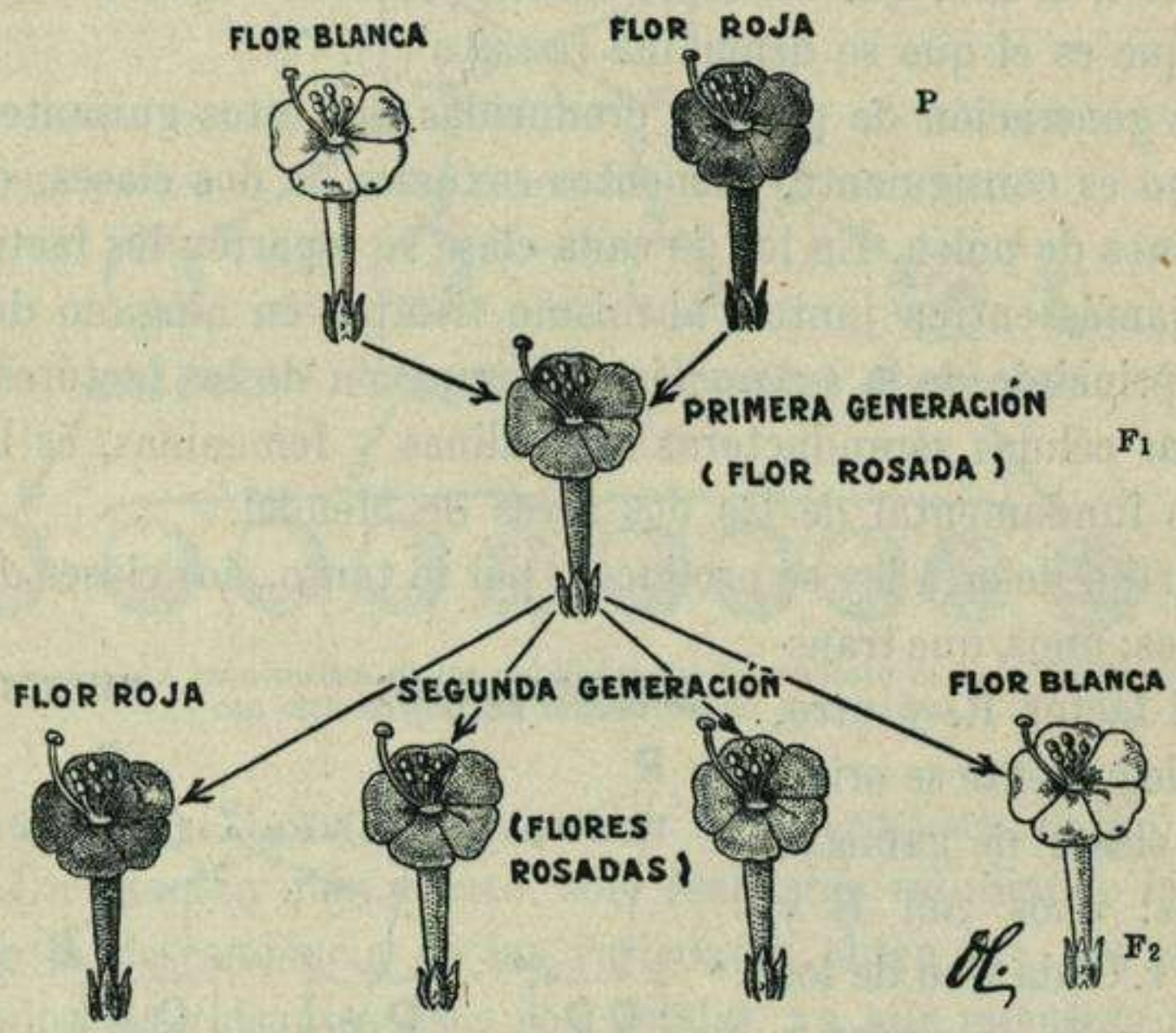


Fig. 82.—Esquema del cruzamiento entre las variedades blanca y roja del dondiego de noche *(Mirabilis jalapa)*. Es planta de origen americano cultivada por la vistosidad de sus *sépalos* coloreados: las piezas que se ven en la parte inferior de la flor son *brácteas* que simulan un cáliz.

Algunos autores han admitido, durante algún tiempo, la dominancia como ley mendeliana; pero éste no es un fenómeno constante ni mucho menos. En el cruzamiento del dondiego de noche *(Mirabilis jalapa) (figura 82)*, de flores blancas y rojas, no hay dominancia ni recesividad, sino

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fusión y mezcla de caracteres. Esto es causa de que las flores de la planta híbrida de la primera generación sean de color de rosa, y no rojas ni blancas, cual correspondería si el carácter blanco o rojo dominase al otro; es decir, que el blanco diluye al rojo sin imponerse a este color ni ser anulado por él. En la segunda generación (F_2) se producen dos razas puras: una roja y otra blanca y otra híbrida de flores rosadas en doble proporción, así es que estas variedades mendelianas están en la relación 1 : 2 : 1.

La recesividad y la dominación están influenciadas, además, por las condiciones del medio, por el sexo y por otros factores de más difícil interpretación.

Bateson y Cuénot extendieron a los animales los principios y leyes descubiertos por Mendel. Este último autor cruzó ratones albinos *(a)*

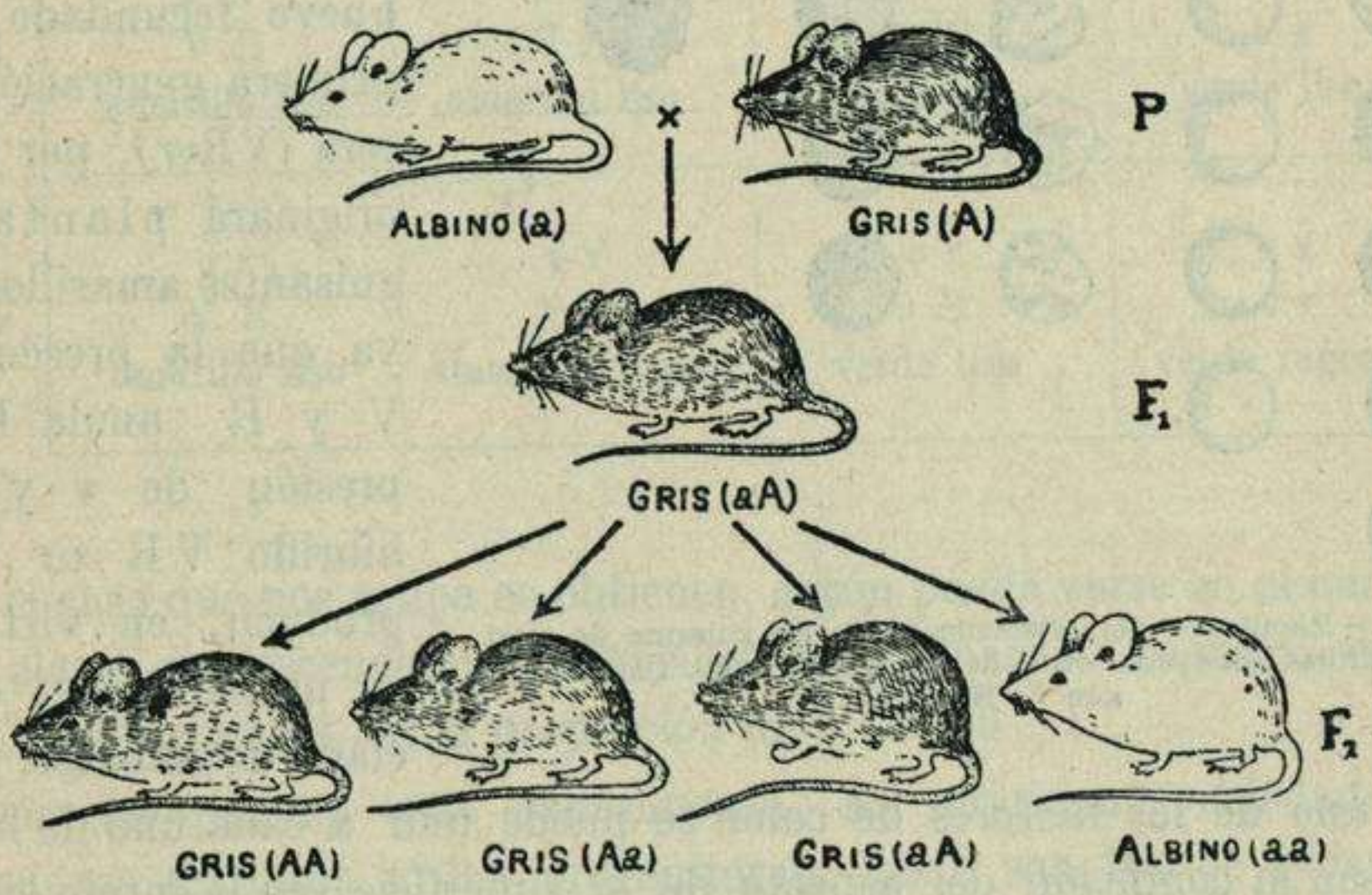


Fig. 83.—Cruzamiento de un ratón blanco (albino) con otro gris (según F. Nonídez).

con ratones grises (A), obteniendo en la primera generación (F_1) ratones híbridos de este último color *(a*A), lo que indica una dominación del gris sobre el albino. En la segunda generación (F_2) aparecen: una raza pura de ratones grises (AA), otra híbrida con doble número de individuos (A*a)* y *(a*A) y la albina, recesiva pura *(aa) (fig. 83)*.

No se han limitado los trabajos de los biólogos a cruzar un par de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

caracteres, sino que han logrado obtener cruzamientos de razas que difieren en dos o más caracteres. Expondremos como ejemplo algunos casos instructivos que nos demostrarán el camino que entonces sigue la herencia.

Existe una raza de guisantes con semillas amarillas *(fig. 84)* lisas y otra que las tiene verdes y rugosas. Los dos caracteres se refieren: uno, a la coloración, y otro, al aspecto de la superficie. La raza amarilla lisa, que lleva los dos caracteres dominantes, la designaremos por (VR), y la verde rugosa, recesiva por *(vr)*. El zigoto o huevo fecundado de la primera generación (F_1) será (VR*vr*), por lo que originará plantas con guisantes amarillos lisos, ya que la presencia de V y R anula la expresión de *v* y *r*. El híbrido VR *vr* puede producir, en virtud de la primera ley, cuatro clases de gametos, ya que cada uno de los factores de color se puede unir a cada uno de los que expresen la condición del aspecto de la superficie, en la forma siguiente: VR - V*r* - *v*R - *vr*.

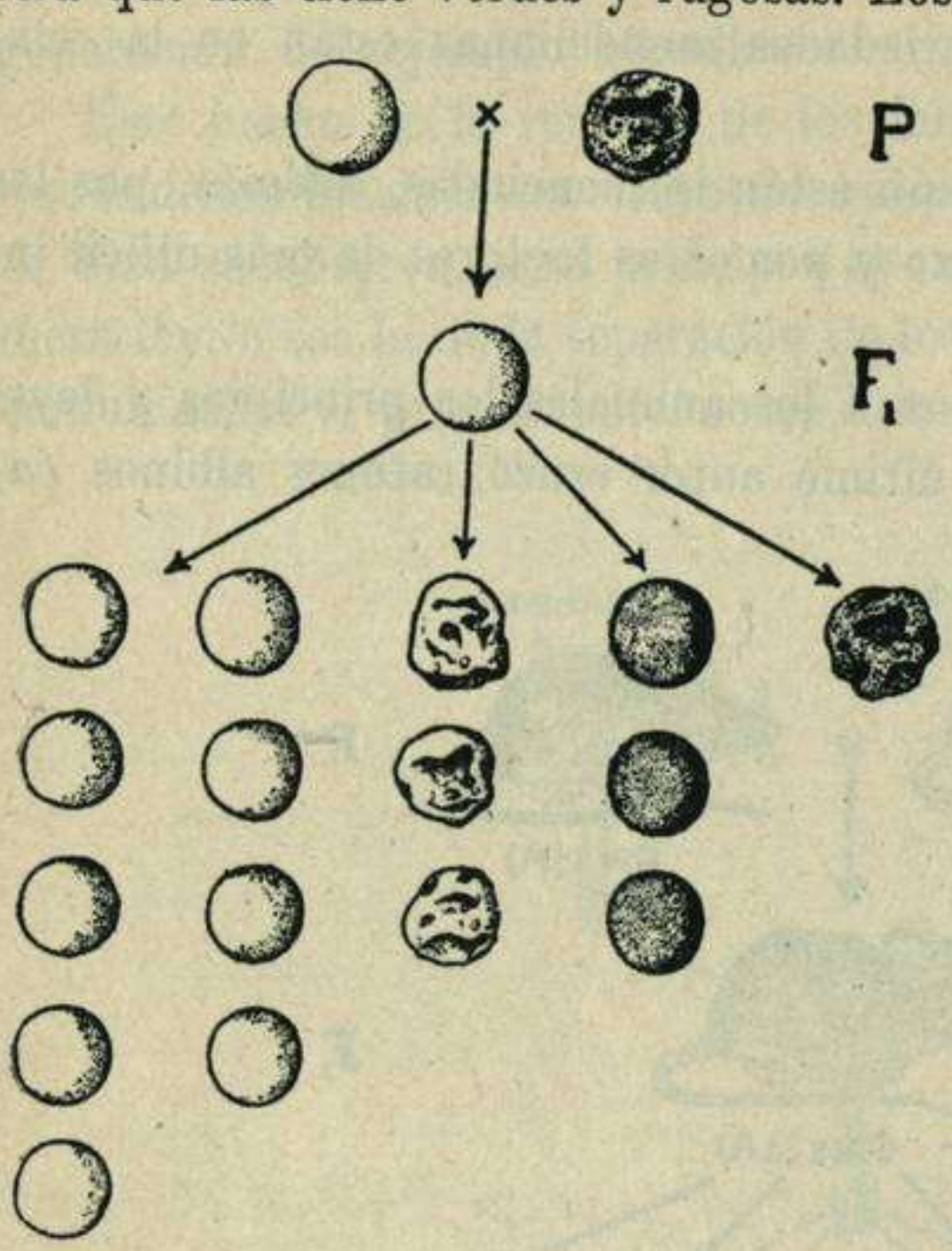


Fig. 84.—Resultados del cruzamiento de un guisante de semillas amarillas lisas con otro de semillas verdes rugosas (según F. Nonídez).

En la segunda generación (F_2), al unirse las cuatro clases de gametos femeninos con otros tantos gametos masculinos, pueden dar origen a 16 combinaciones diferentes.

Para obtener rápidamente el número y clase de combinaciones posibles se recurre al procedimiento llamado del tablero de ajedrez, en el que en una tabla de doble entrada se colocan las cuatro clases de gametos de uno y otro sexo a la cabeza de las cuatro filas y las cuatro columnas en que la tabla se divide. Así se obtienen 16 cuadrados, en los que se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

escriben los resultados del cruzamiento de los diferentes gametos en la forma siguiente:

	V R	V *r*	*v* R	*v r* (gametos femeninos)
V R	V R V R amarillo liso	V R V *r* amarillo liso	V R *v* R amarillo liso	V R *v r* amarillo liso
V *r*	V *r* V R amarillo liso	V *r* V *r* amarillo rugoso	V *r* *v* R amarillo liso	V *r* *v r* amarillo rugoso
v R	*v* R V R amarillo liso	*v* R V *r* amarillo liso	*v* R *v* R verde liso	*v* R *v r* verde liso
v r (gametos masculinos)	*v r* V R amarillo liso	*v r* V *r* amarillo rugoso	*v r* *v* R verde liso	*v r* *v r* verde rugoso

En el caso que nos ocupa se obtienen, según puede verse en el cuadro, cuatro clases de descendientes: amarillos lisos, amarillos rugosos, verdes lisos y verdes rugosos, en la proporción de 9 : 3 : 3 : 1.

Obsérvese que en este experimento se originan variedades o razas nuevas distintas a las progenitoras, como son las de guisantes amarillos rugosos y verdes lisos.

En los animales podemos citar como caso análogo el del cruzamiento de los conejillos de Indias negros de pelo liso con los albinos de pelaje lanoso. En este ejemplo son caracteres dominantes el color negro y el pelaje lanoso, que, a diferencia de lo que sucede en el caso de los guisantes, residen en cada uno de las dos razas progenitoras. Si se designa por *a* el carácter albino y por *l* el de pelaje liso, y por A y L el color negro y pelo lanoso, en la primera generación (F_1) se reunirán los cuatro en la forma siguiente: *A l a L*, o

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sea que se producen conejos negros de pelaje lanoso que representa una nueva raza *(fig. 85)*. Aplicando el procedimiento del tablero de ajedrez

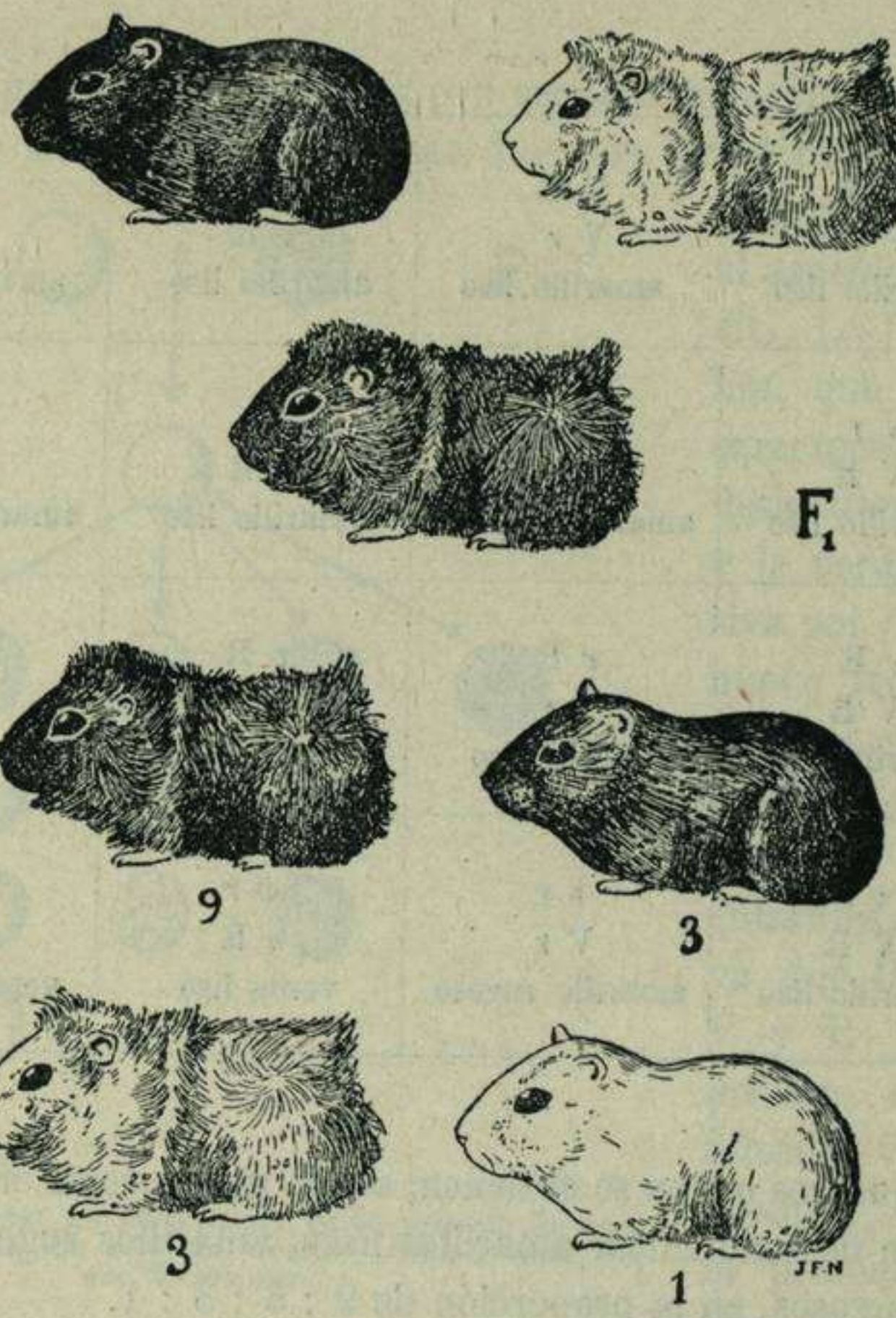


Fig. 85.—Cruzamiento de un conejillo de Indias de pelaje negro liso con otro albino lanoso (s. F. Nonídez

se obtienen las 16 combinaciones siguientes, que se forman en la segunda generación (F_2):

Instituto San Isidro de Madrid 2008

	A L	A *l*	*a* L	*a l*
A L	A L A L negro lanoso	A L A *l* negro lanoso	A L *a* L negro lanoso	A L *a l* negro lanoso
A *l*	A *l* A L negro lanoso	A *l* A *l* negro liso	A *l* *a* L negro lanoso	A *l* *a l* negro liso
a L	*a* L A L negro lanoso	*a* L A *l* negro lanoso	*a* L *a* L albino lanoso	*a* L *a l* albino lanoso
a l	*a l* A *L* negro lanoso	*a l* *A l* negro liso	*a l* *a L* albino lanoso	*a l* *a l* albino liso

Las cuales son: negro lanoso, negro liso, albino lanoso y albino liso, en la proporción de 9 : 3 : 3 : 1, de los que negro lanoso y albino liso son razas nuevas.

Si en cada uno de los casos citados examinamos independientemente cada uno de los caracteres, observaremos que están en la proporción mendeliana de 3 : 1; es decir, 12 guisantes amarillos por 4 verdes y 12 lisos por 4 rugosos; ó 12 conejos negros por 4 albinos y 12 lanosos por 4 de pelaje liso.

Estos dos casos nos demuestran la enorme trascendencia práctica de la herencia mendeliana, ya que pone en manos del ganadero y del agricultor un procedimiento para obtener nuevas variedades.

El cruzamiento de dos pares de caracteres demuestra plenamente la realidad de la segunda ley de Mendel, o sea la de la *recombinación independiente de los factores*, puesto que al producirse ésta, en los descendientes se producen combinaciones de caracteres que no se hallan en los progenitores, como son las razas nuevas logradas en los anteriores experimentos, como los guisantes amarillos rugosos y verdes lisos del primer experimento y los conejos negros lanosos y albinos lisos del segundo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los investigadores han logrado los cruzamientos de razas que difieren en tres caracteres, obteniendose entonces 64 combinaciones, repartidas en la siguiente proporción: 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1, lo cual ha permitido establecer que la marcha que sigue la herencia es paralela al desarrollo del binomio $(3 + 1)^n$, en que n es el número de caracteres en que difieren las variedades que se cruzan.

Así en el caso de dos, como el guisante amarillo liso y verde rugoso, sería $(3 + 1)^2 = 3^2 + 3 \times 2 + 1 = 9 : 3 : 3 : 1$. Este hecho ha sido de enorme resonancia en biología, ya que es el primer fenómeno biológico en el que se ha establecido de un modo indudable que puede expresarse por una fórmula matemática.

Papel de los cromosomas en la herencia mendeliana.— En los tiempos de Mendel eran muy escasos los conocimientos que acerca de la constitución íntima de la célula en general se tenían y, por lo tanto, acerca de la estructura de los elementos sexuales o gametos, cosa que no sucedía a principios de siglo en el momento que Correns, Tschermak y De Vries llegaron a los mismos resultados que el monje de Brünn.

Por entonces se había demostrado ya que el número de cromosomas que las células de cada especie de plantas o de animales encierran es, en cada caso, constante y típico. Ya en otro lugar (v. pág. 76), al hablar de la reducción cromática, apuntamos este hecho y señalamos algunos casos, como vía de ejemplo. También se había sorprendido el fenómeno de la reducción cromática (v. pág. 75) durante la formación de los gametos, o sea el proceso mediante el cual estos elementos llegan a tener un número de cromosomas mitad al que existe en las demás células del organismo.

Los anteriores descubrimientos permitieron interpretar correctamente la significación de la fecundación, proceso en el cual se restablece en el núcleo del huevo fecundado o zigoto el número característico de cromosomas de la especie, ya que cada uno de los gametos que se reúnen aportan la mitad precisamente de estos elementos. (Véase pág. 79 y siguientes).

Más adelante llamó la atención que en algunos casos es muy patente que los cromosomas parecen corresponderse por pares, en los que los dos que constituyen la pareja tienen una estrecha semejanza morfológica. Se comprobó, en efecto, la generalidad del fenómeno y el hecho interesante y fundamental que durante la sinapsis, que precede a la mitosis reduccional (véase pág. 78 y esquema de la fig. 63) en la formación de los gametos, los cromosomas que forman estas parejas son precisamente los que se reúnen entre sí.

Como la reducción cromática es paralela en los espermatozoides y en los óvulos, resulta que al formarse estos elementos las parejas se deshacen de modo tal, que cada cromosoma de los espermatozoides tienen sus correspondientes análogos en los óvulos. En el momento de la fecundación las parejas cromosómicas se reconstruyen porque cada cromosoma aportado por el espermatozoide tiene su simétrico o su parejo en el que lleva el óvulo.

Una porción de investigaciones y observaciones posteriores nos permiten afirmar

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que los *factores* de que hablaba Mendel residen precisamente en los cromosomas, existiendo un número variable en cada uno de ellos.

A fin de ilustrar al lector y aclarar los conceptos anteriores elegiremos un ejemplo muy instructivo, el de la *Drosophila melanogaster*, que, por el escaso número de sus cromosomas, ha sido el objeto fundamental de trabajo de los biólogos de la escuela de Morgan dedicados al estudio del problema de la herencia.

En las células de esta especie existen cromosomas dispuestos en cuatro pares, de los que tres son de gran tamaño y el otro muy pequeño. De los tres pares grandes uno se diferencia de los otros dos por su forma. Estos son los cromosomas sexuales (véase más adelante pág. 111), que son iguales en la hembra y diferentes en el macho, porque ofrece en su extremidad una curvatura que le da una forma ganchuda *(fig. 86)*.

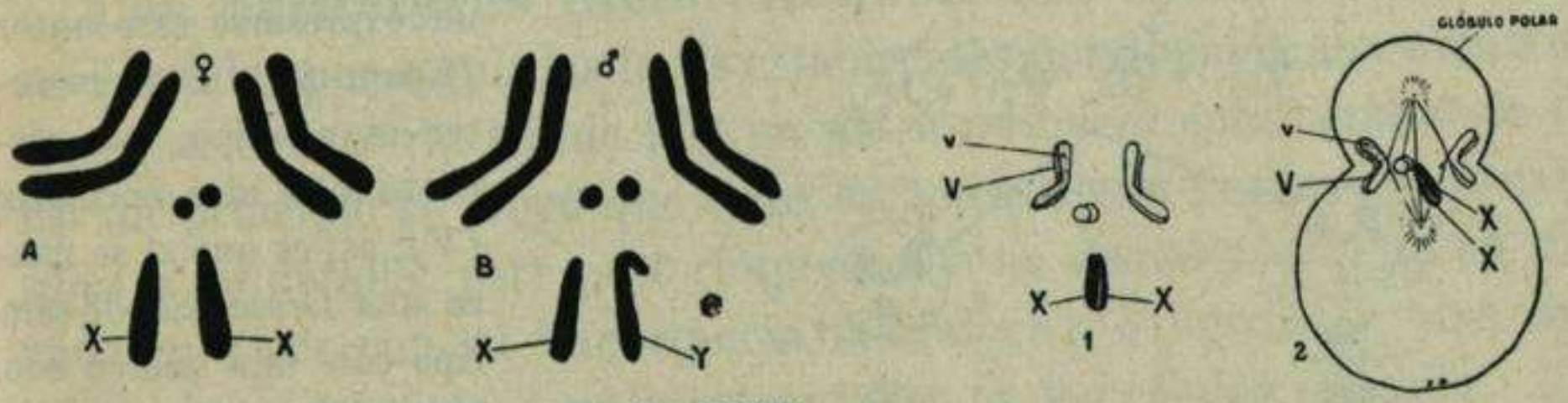


Fig. 86.—Esquemas en que aparecen los cuatro pares de cromosomas de *Drosophila melanogaster*. La pareja que aparece en la parte inferior de cada diagrama son los cromosomas sexuales, que en el sexo femenino (A) son iguales, denominándoseles cromosomas XX, y en el macho (B) son diferentes: uno, X, en forma de bastón, y otro encorvado en su extremo.

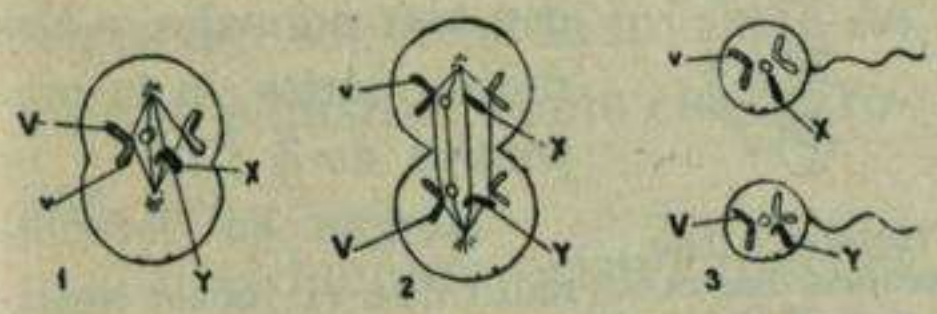


Fig. 87.—Esquema de la reducción cromática y maduración de los elementos masculinos en *Drosophila*. 1. Sinapsis. 2. Mitosis reduccional. 3. Contenido cromático de las dos clases de espermatozoides que se forman.
X e Y. Cromosomas sexuales.—v y V factores alas vestigiales (v) y alas normales (V) transportados por el cromosoma acodado, que en la figura se ha representado punteado.

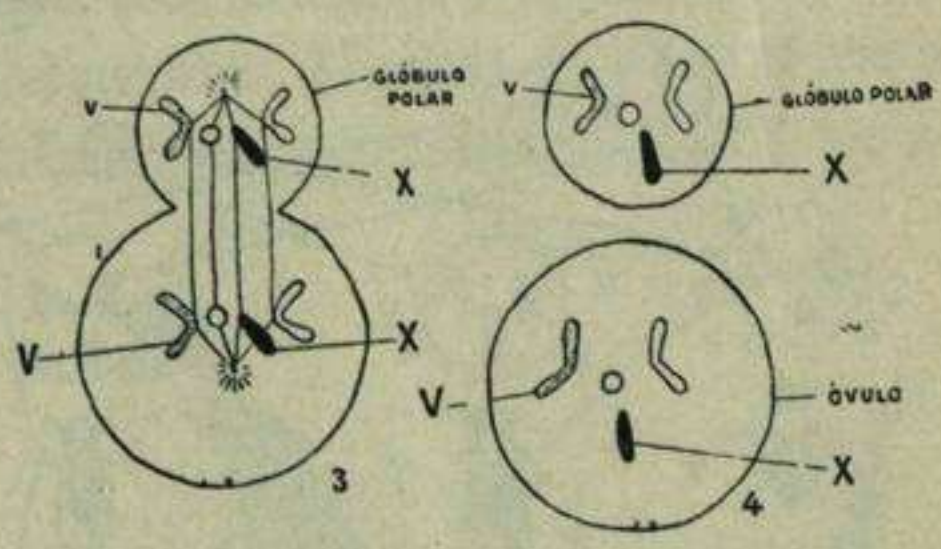


Fig. 88.—Esquema de la reducción cromática durante la formación de los óvulos en *Drosophila*. 1. disposición de los cromosomas durante la sinapsis. 2. Placa ecuatorial de la mitosis reduccional. 3. Separación de los cromosomas para la formación del glóbulo polar y el del óvulo.—4. Contenido cromático del glóbulo polar y del óvulo maduro.
X y X cromosomas sexuales.—V y v factores alas vestigiales (v) y alas normales (V), transportados por los cromosomas acodados, que en la figura se han representado punteados.

Durante la sinapsis se reúnen y sueldan precisamente los que forman estas parejas de tal modo, que en los gametos femeninos se reparten los de cada una de ellas entre los óvulos y los glóbulos polares, y en los masculinos en los diversos espermatozoides *(figs. 88 y 87)*.

Los factores hereditarios que representan los diferentes caracteres morfológicos de la *Drosophila* residen en los cromosomas, habiendo demostrado los investigadores

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de la escuela de Morgan que tales caracteres forman cuatro grupos que se corresponden con las cuatro parejas de cromosomas apuntadas.

Si nos fijamos en la herencia de un carácter y en su relación con la distribución de los factores, suponiéndolos alojados o residiendo en uno de los cromosomas, veremos que concuerda su repartición en la descendencia con la de los cromosomas en los que éstos se encuentran.

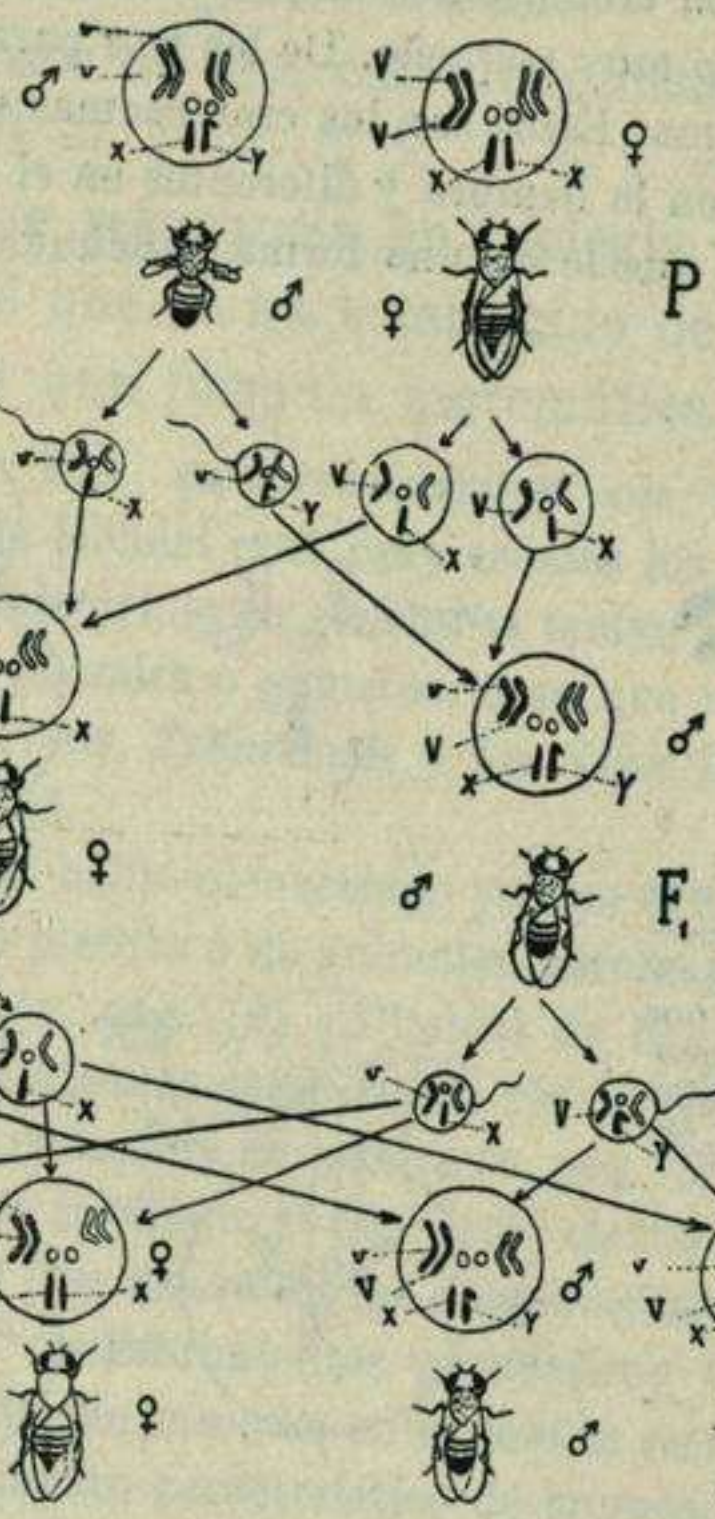


Fig. 89.—Esquema para mostrar la localización de los factores *v* (alas vestigiales) y V (alas normales) en una pareja de cromosomas. Las razas de los progenitores (P) son puras y homozigóticas (*v v*) y (V V), las cuales dan lugar a todos los espermatozoides con *v* y a todos los óvulos con V, respectivamente. En su cruzamiento se produce siempre la pareja (*v* V), de modo tal que como alas largas (V) es dominante, todos los individuos de esta generación (F_1) tendran alas normales. Como estos individuos son híbridos producirán dos clases de gametos: unos con V y otros con *v*, los cuales al cruzarse producirán las siguientes combinaciones: *(vv) (v V) (V v) y (V V)*, de las que sólo las primeras tienen alas vestigiales. En este esquema puede seguirse también la distribución de los cromosomas sexuales X e Y a través de las dos generaciones F_1 y F_2.—Círculos grandes: contenido cromático de cada clase de individuos.—Círculos medianos: óvulos.—Círculos pequeños: espermatozoides.—♂, machos: ♀: hembras; X: cromosoma X; y Y: cromosoma Y.

Durante los experimentos de Morgan, apareció una variedad de *Drosophila* con las alas rudimentarias o vestigiales *(v)*, según el modo de expresarse este autor *(figura 89)*. Este carácter es recesivo con respecto a las alas normales *(V)*, así es que si se cruza una *Drosophila* de este tipo con una mosca con las alas perfectamente desarrolladas, en la primera generación (F_1) todas tendrán sus alas perfectamente conformadas. En la segunda generación aparecerán individuos con alas normales y alas rudimentarias en la proporción de 3 : 1.

Morgan ha determinado que el factor vestigial *(v)* reside en uno de los cromosomas acodados de la raza recesiva, y le factor de alas normales *(V)* en un cromosoma análogo de la otra raza. En efecto, después de la sinapsis en las dos razas que se cruzan, se formarán una sola clase de óvulos y otra de espermatozoides, ya que por ser razas puras, los dos cromosomas de la pareja correspondiente transportan ambos, o el factor *v* o el *V*.

Al producirse el cruzamiento todos los zigotos serán forzosamente híbridos y recibirán en cada uno de los cromosomas de los gametos de los progenitores el factor *v*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

y *V*, por lo que en esta generación todas las moscas tendrán alas grandes, ya que *V* domina y anula a *v*.

Las moscas de la F_1 (primera generación) producirán dos clases de óvulos (unos con factor *v* y otros *V)* y dos de espermatozoidos (con *v* y *V)*, de tal modo que al cruzarse originarán cuatro combinaciones cromosómicas *VV*, *Vv*, *vV* y *vv*, de las que las tres primeras corresponden a moscas de alas largas normales y el último a moscas de alas rudimentarias o vestigiales.

Mediante algunas pacientes y minuciosas observaciones, Morgan y sus discípulos han logrado determinar en los cromosomas de *Drosophila melanogaster*, no solamente la existencia en cada cromosoma de determinados factores, sino su posición relativa en cada uno de ellos, llegando a poder trazar lo que se han denominado mapas cromosómicos, en los que se representan la situación de aquellos factores en cada cromosoma.

Los caracteres mendelianos.—Los caracteres mendelianos, así llamados por seguir las leyes establecidas por Mendel, son numerosísimos, habiéndose registrado hoy en día un número considerable de ellos. En un principio se creyó que estos caracteres eran puramente ornamentales o de detalle; pero posteriormente se ha demostrado que no tienen nada que ver con su importancia morfológica o funcional, sino únicamente con que estén o no representados en las células sexuales.

En las plantas y en los animales domésticos existen infinidad de caracteres que en su herencia siguen estas normas. Muchos de ellos afectan a propiedades de los productos industriales que suministran o a la resistencia a determinadas enfermedades, como las de algunas razas de trigos que soportan la invasión de hongos parásitos, como ciertas royas, etc.

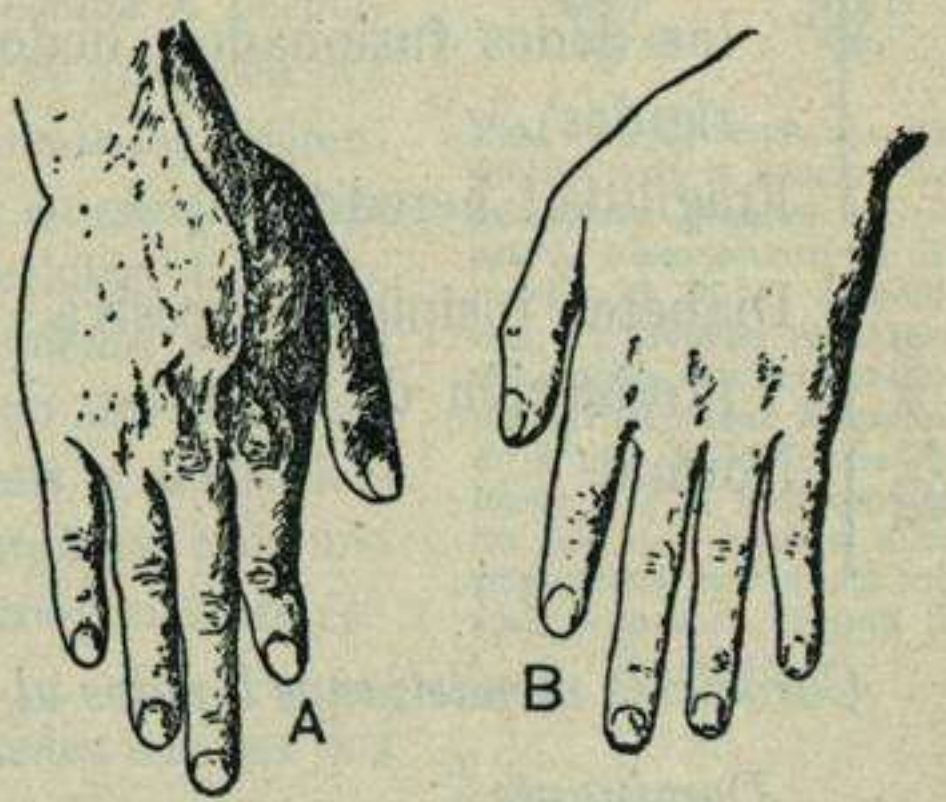


Fig. 90.—Dos casos de braquifalangia del índice de la mano en una familia noruega: A, mano de un varón adulto de la cuarta generación; B, mano de un niño de la sexta generación. (De Nonídez.)

En el hombre existen muchos rasgos y caracteres que siguen la herencia mendeliana. El color del pelo, de los ojos, etc., son ejemplos de ello, así como ciertas deformidades como el número excesivo de dedos (polidactilia), los dedos fusionados (sinfalangia), las falanges cortas (braquifalangia) *(fig. 90)*, o los miembros cortos (braquidactilia), etc.

En el cuadro siguiente, debido a W. E. Castle, se resumen los más importantes caracteres mendelianos registrados en el hombre.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

	Dominantes	*Recesivos*
Pelo y piel	Pelo oscuro.	Rubio o albino.
	Pelo manchado de blanco.	Pelo uniformemente coloreado.
	Tilosis e ictiosis (piel engrasada o escamosa).	Piel normal.
	Epidermolis (excesiva formación de ampollas).	Piel normal.
	Pelo arrosariado (de diámetro variable.	Pelo normal.
Ojos	Catarata hereditaria.	Normal.
	Ceguera nocturna.	Normal.
	Retina normal.	Degeneración pigmentaria de la retina.
	Ojos negros, castaños, etc.	Ojos azules.
Esqueleto	Braquidactilia (dedos y miembros cortos).	Normal.
	Polidactilia (dedos suplementarios).	Normal.
	Sindactilia (dedos fusionados).	Normal.
	Sinfalangia (articulaciones de los dedos fusionados, dedos rígidos).	Normal.
	Fragilidad hereditaria.	Normal.
Riñones	Diabetes insípida (excesiva producción de orina).	Normal.
	Normal	Alcaptonuria (orina negra al oxidarse).

Caracteres mendelianos ligados al sexo.—(Véase más adelante, pág. 113).

Dominante	*Recesivo*
Normal.	Atrofia muscular de Gowers.
Normal.	Hermofilia (hemorragias).
Normal.	Ceguera para el color (acromatopsia) e incapacidad para distinguir el rojo del verde.
Normal.	Ceguera nocturna (incapacidad para percibir la luz difusa).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La determinación del sexo.—A pesar de que en un capítulo anterior hemos dicho que las diversas especies tienen un número constante y característico de cromosomas en el núcleo de las células de su organismo, esto no es estrictamente exacto, puesto que se ha descubierto en algunos casos que las células de los dos sexos varían ligeramente en el número de cromosomas, pudiendo haber un predominio de uno o dos cromosomas en uno o en otro.

Mac Clung fué el primer biólogo que dió una interpretación exacta del fenómeno, relacionándole con el problema de la determinación del sexo. Infinidad de teorías se han emitido para explicar cómo el nuevo ser tiene uno u otro sexo; pero hoy día la que cuenta en su favor con mayor número de hechos de observación y una base experimental es la de los cromosomas accesorios o sexuales.

Henkin y otros investigadores posteriores han demostrado que en muchos seres, especialmente en los insectos de los grupos de los Hemípteros y Ortópteros, existen dos clases de espermatozoides y una sola de óvulos. Wilson, célebre biólogo americano, ha señalado que en un hemíptero llamado *Protenor* estas dos categorías de espermatozoides se diferencian porque en unos existe un cromosoma más, que se distingue de los restantes por su forma y aspecto, al que se le ha denominado *cromosoma X*, que falta en los otros. Los óvulos son todos iguales, llevando sin excepción el *cromosoma X*.

La desigualdad nace porque todas las células de los machos llevan un solo cromosoma *X*, en tanto que las de las hembras tienen dos cromosomas *X (fig. 91)*. En la maduración de los elementos reproductores, en los gametos masculinos, en el momento de la sinapsis, los diversos cromosomas se asocian por parejas, en tanto que el cromosoma X permanece solo: al originarse la mitosis reductora se producen dos células en las que se reparten escrupulosamente los diferentes cromosomas ordinarios que se asociaron en parejas: pero el cromosoma X pasa a una de las dos células, faltando, como es consiguiente, en la otra. Contrariamente a esto, al madurar los gametos femeninos, como llevan dos cromosomas *X*, éstos forman una pareja en la sinapsis, y al disociarse se reparten entre las dos células que se orginan, cada una de las cuales tendrá su cromosoma *X* correspondiente *(figura 92)*.

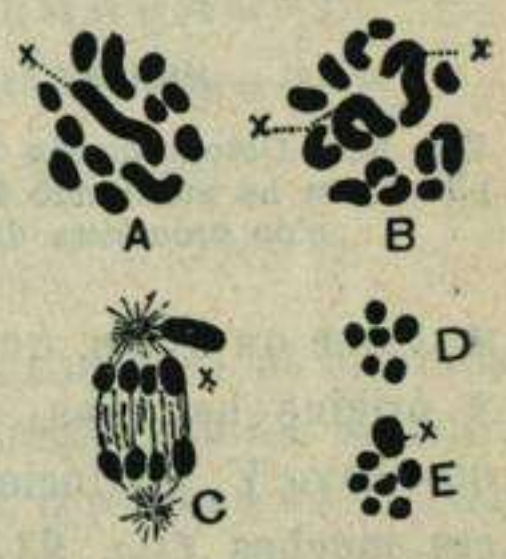


Fig. 91.—Cromosomas del macho y de la hembra del hemíptero *Protenor belfragei:* A, placa ecuatorial del macho; B, id. de la hembra; C, división reductora del macho, con el cromosoma sexual impar X pasando a uno de los polos del huso; D y E, cromosomas de las dos células hijas producidas durante la mitosis reductora. (Según E. B. Wilson.)

En el momento de la fecundación pueden suceder dos cosas: que un espermatozoide *con* cromosoma *X* fecunde a un óvulo, que lleva constantemente el cromosoma *X*, y el zigoto tendrá, por tanto, *XX*, complejo cromosómico característico del sexo femenino, y producirá un individuo hembra; o que lo sea por un espermatozoide *sin X*, y entonces no tendrá más que un *X*, produciendo un individuo de sexo masculino.

En el adjunto esquema veremos expresado lo que acabamos de decir *(fig. 92)*, lo mismo que en la fórmula siguiente:

Óvulos *con* X + espermatozoide *con* X = zigoto *XX* (productor de hembras).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Óvulo *con* X + espermatozoide *sin* X = zigoto X (productor de machos).

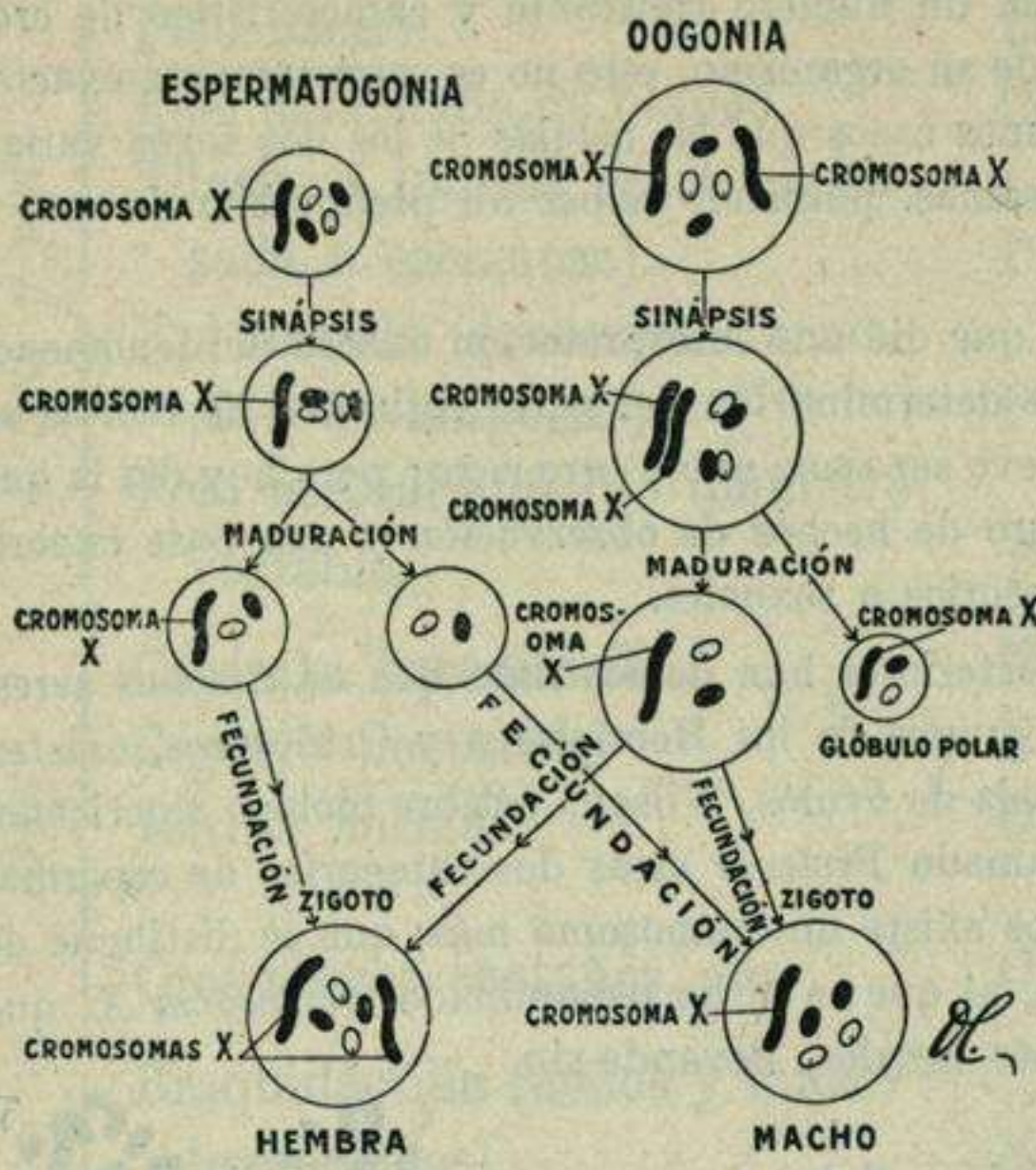


Fig. 92.—Determinación del sexo tipo *Protenor*. Para simplificar se ha suprimido la mitosis ecuacional en la reducción cromática de los respectivos gametos.

En otros Hemípteros, como en el *Lygæus*, el caso no es exactamente igual *(fig. 93)*. El sexo femenino se caracteriza, como en el tipo *Protenor*, por tener dos cromosomas *X;* pero el masculino no lleva, no ya un solo cromosoma *X*, sino que éste está acompañado de otro mucho menor, que se denomina *Y*. Los espermatozoides son de dos clases: unos con *X* y otros con *Y*, ya que ambos cromosomas se asocian durante la sinapsis. A este mismo esquema responde la constitución de las células de *Drosophila menolagaster*, anteriormente estudiadas con motivo de la significación de los cromosomas en la herencia mendeliana.

Aquí pueden ocurrir dos casos: que un óvulo, que siempre lleva *X*, sea fecundado por un espermatozoide con *X* y origine hembras, o por uno que lleve *Y*, produciendo entonces machos *(fig. 93)*, según la siguiente fórmula:

Óvulos *con* X + espermatozoide *con* X = zigoto *XX* (productor de hembras).

Óvulos *con* X + espermatozoide *con* Y = zigoto *XY* (productor de machos).

Aunque en la mayor parte de los animales el sexo femenino es el que lleva dos cromosomas sexuales y el masculino sólo uno, en los equinodermos, en las mariposas y casi seguramente en las gallinas, sucede al revés; es decir, que son los machos los que llevan dos y las hembras uno. Como no se ha demostrado la homología absoluta entre estos

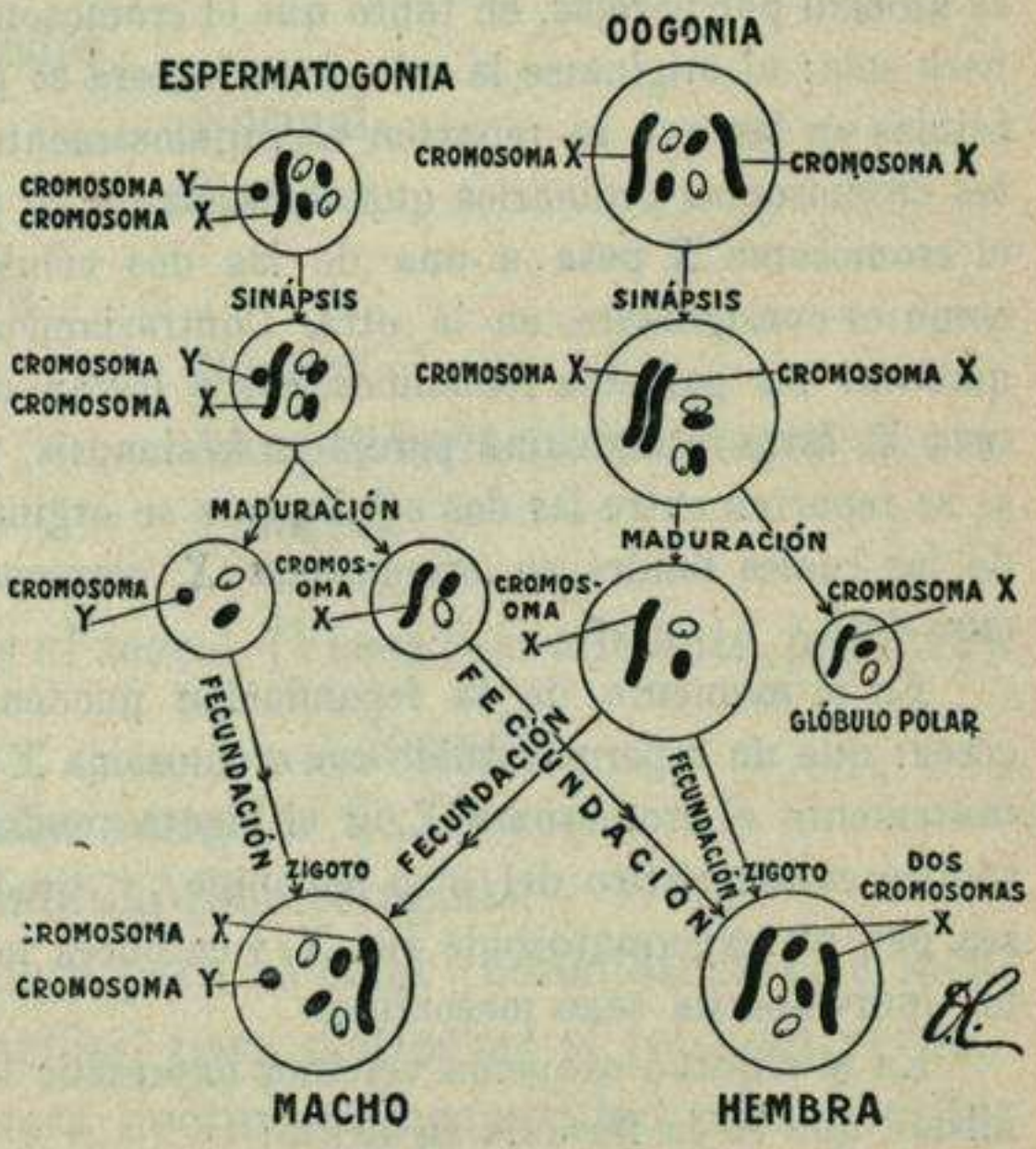


Fig. 93.—Determinación del sexo tipo *Lygæus*. (Véase pie de la fig. 92.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cromosomas y los *X* de los anteriores ejemplos, se denominan cromosomas *Z*.

Esto es causa de que los óvulos sean de dos clases: unos con *Z* y otros sin ella; en tanto que los espermatozoides, todos iguales, llevan el cromosoma *Z*.

La producción de machos y hembras obedece al siguiente esquema:

Espermatozoide *Z* + Óvulo con *Z* = zigoto *ZZ* (productor de machos).

Espermatozoide con *Z* + Óvulo sin *Z* = zigoto *Z* (productor de hembras).

En la especie humana se ha comprobado la existencia de los heterocromosomas o cromosomas sexuales; pero en lo que difieren los autores es con respecto al tipo a que pertenece. Para Painter el hombre tiene 48 cromosomas sexuales, distribuídos del siguiente modo: 46 cromosomas ordinarios y dos sexuales, *XX* en la hembra y *XY* en el macho, obedeciendo al mismo tipo que los restantes Primates *(fig. 94)*, en tanto que

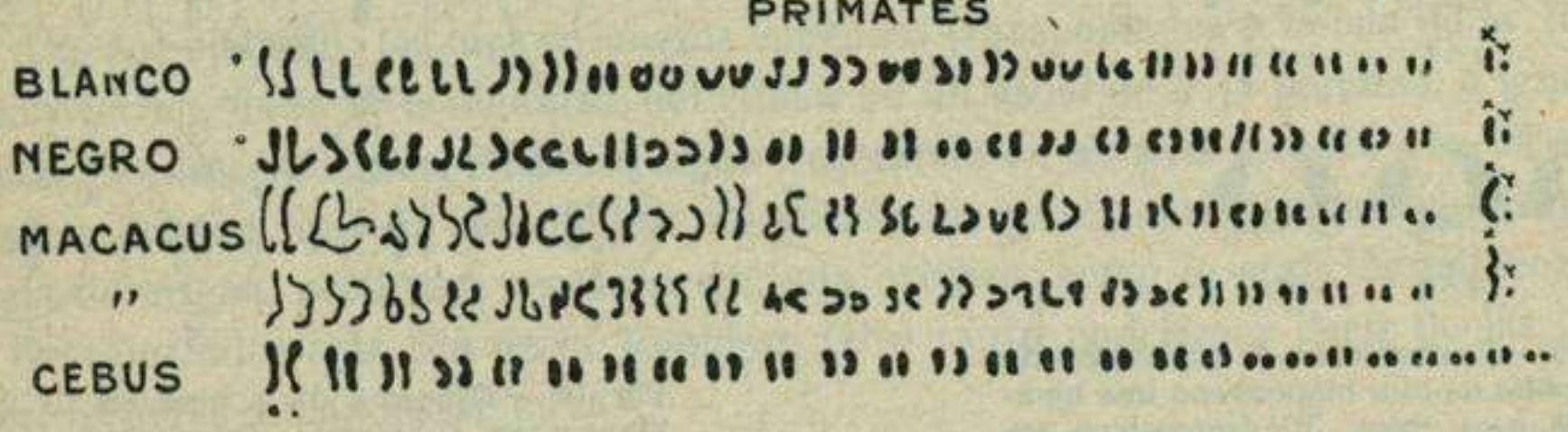


Fig. 94.—Cromosomas sexuales de algunos Primates. (Según Painter.)

Winiwarter supone que existen 46 cromosomas ordinarios, dos sexuales en las hembras, *XX*, y uno solo en el macho, *X*, no existiendo el *Y*, como admite el autor anterior. Es decir, que para Painter el hombre responde al tipo *Lygæus*, o sea que los machos son del tipo *XY*, y para Winiwarter es del *Proteus*, con sólo el cromosoma *X* masculino.

El mecanismo que sigue la naturaleza en la determinación del sexo hace que teóricamente el número de machos y hembras sea aproximadamente el mismo; sin embargo, existe de hecho una preponderancia de uno de los sexos, fenómeno que puede ser explicado suponiendo una mayor mortalidad de los espermatozoides que producen el sexo que se encuentra en menor número. Así, en la especie humana existe un predominio del sexo masculino, existiendo aproximadamente un 6 % más que de hembras. En algunos países este predominio puede alcanzar hasta un 25 %. Para Bateson pudiera ser esto debido a una mayor mortalidad de los espermatozoides que transportan el cromosoma *X*.

La herencia ligada al sexo.—Hace mucho tiempo que se conocían algunos hechos que han llamado la atención de los biólogos, y que más tarde se ha visto estaban en relación con el problema de la herencia. Es de conocimiento vulgar que los gatos de tres colores, blanco, rubio y negro, o de dos solamente distribuídos en forma de mosaico, corresponden al sexo femenino. Estas gatas, llamadas comúnmente maripomosas, presentan el carácter de la coloración relacionado con la distribución de los cromosomas sexuales.

En el hombre, algunas dolencias, como la hemofilia, la acromatopsia o ceguera para el color, la parálisis seudohipertrófica o enfermedad de Gowers, y algunas otras,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

parece ser que afectan exclusivamente al varón, aunque su transmisión se realiza por las hembras, que aparentemente no aparecen afectadas por el mal.

Uno de los casos más instructivos es el de la herencia del color blanco de los ojos de la *Drosophila melanogaster* estudiado por el Prof. Morgan *(fig. 95)*. Al cruzar un macho de ojos de este color con una hembra normal se obtienen en la primera genera-

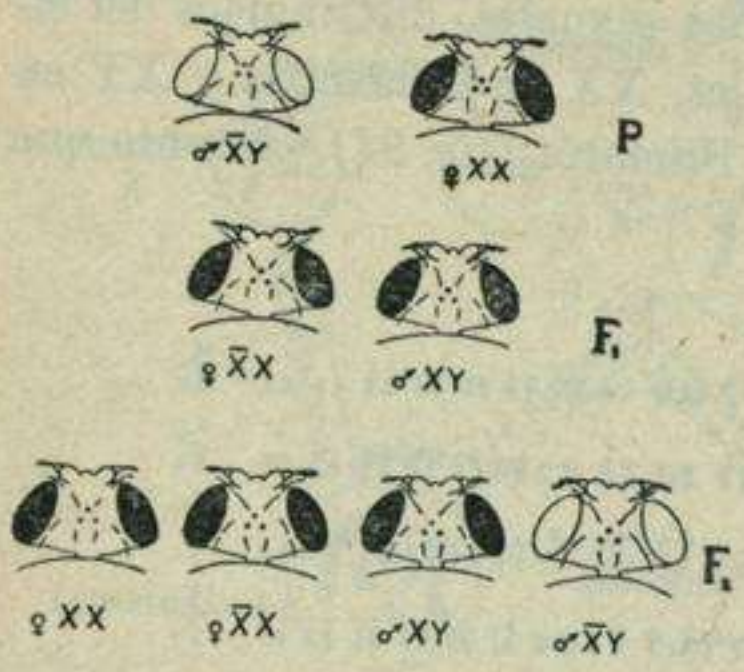


Fig. 95.—Cruzamiento de un macho de *Drosophila* de ojos blancos con una hembra de ojos rojos. El cromosoma sexual que transporta el factor blanco se ha representado por $\overline{X}$. (Según Nonídez).

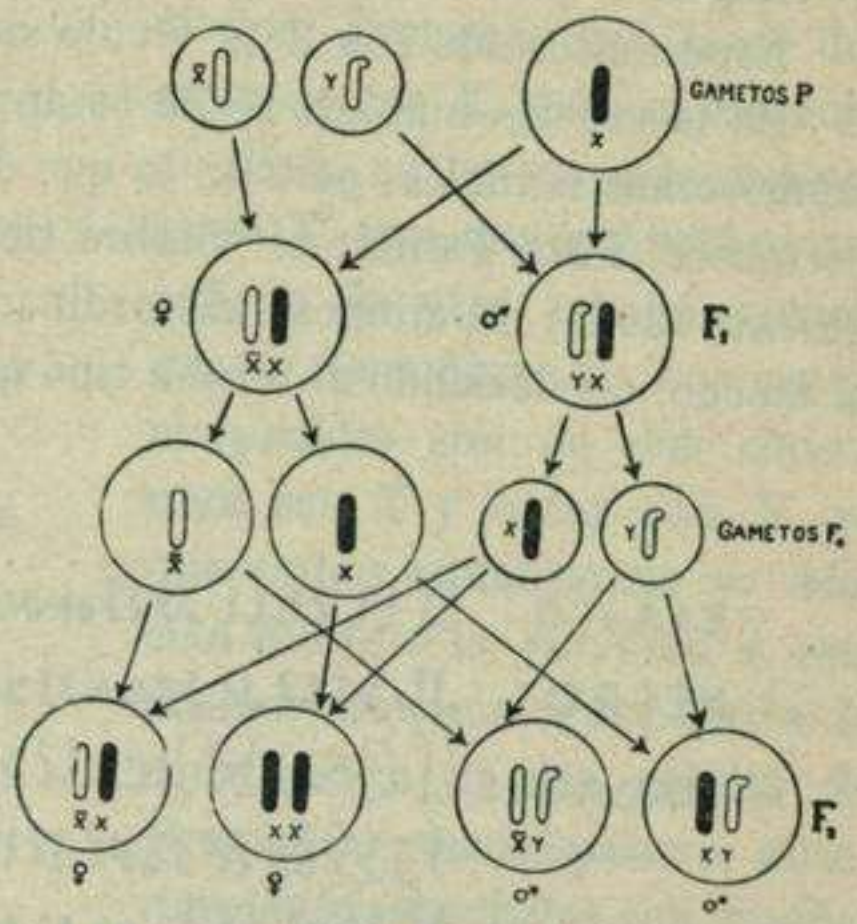


Fig. 96.—Esquema de la herencia de los ojos blancos en *Drosophila*. Cromosoma X con el factor rojo dibujado en negro; el otro cromosoma $\overline{X}$ en blanco. (Según Nonídez.)

ción (F_1) machos y hembras con ojos rojos, que es el carácter dominante. Al reproducirse por cruzamiento mutuo los individuos de esta generación, los de la segunda (F_2) presentan los ojos blancos únicamente en la mitad de los machos.

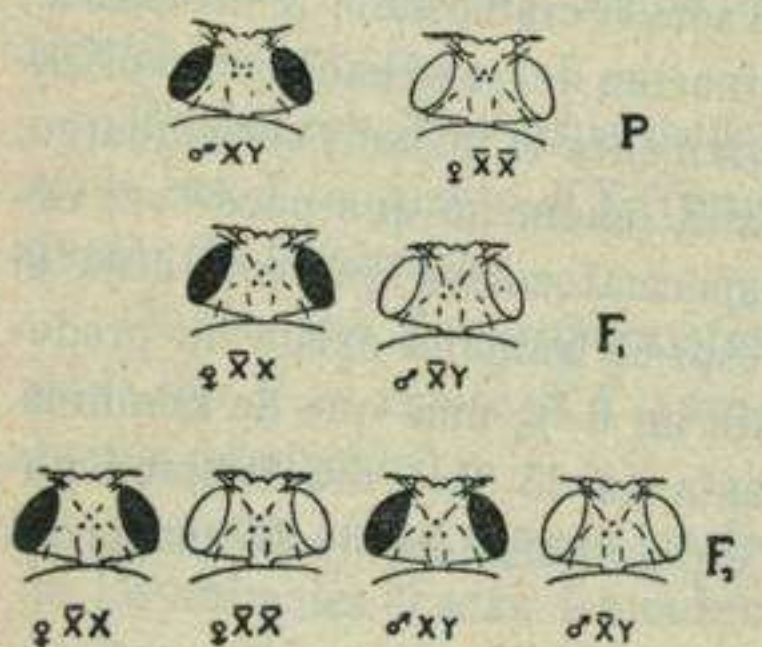


Fig. 97.—Cruzamiento de un macho de *Drosophila* de ojos rojos con una hembra de ojos blancos. El cromosoma sexual que transporta el factor blanco se ha representado por $\overline{X}$. (Según Nonídez.)

Por una serie de cruzamientos ingeniosamente realizados, Morgan logró obtener hembras de ojos blancos. Cruzadas con machos normales, los resultados son muy distintos a los del experimento anterior *(fig. 97)*. En la primera generación (F_1) las hembras tienen ojos rojos y los machos blancos. En la segunda generación (F_2) los de la mitad de las hembras son blancos, así como los de la mitad de los machos, en tanto que las restantes moscas de uno y otro sexo tienen ojos rojos.

En las figuras adjuntas se representan estos resultados, y se comprueba que la distribución del factor blanco está en relación con la distribución del cromosoma sexual *(fig. 96)*.

Examinando los esquemas de las figuras 95 y 96, se ve claramente que el carácter blanco está transportado por el cromosoma sexual X. Más recientemente se han estudiado algunos casos poco numerosos en que parece que el cromosoma *Y* es el vehículo de algunos caracteres.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los caracteres adquiridos y su herencia.—Los diversos individuos de las diferentes especies, según las condiciones del medio en que se desenvuelven, adquieren infinidad de rasgos y caracteres, cuya causa se conoce que no tienen nada que ver con aquellos otros que recibieron por herencia de sus progenitores.

Durante mucho tiempo infinidad de biólogos admitían casi como un axioma que estos caracteres eran transmisibles por herencia, es decir, que las nuevas adquisiciones y conquistas realizadas por los diversos individuos pasaban a ser caracteres del patrimonio hereditario que quedaban fijos en las sucesivas generaciones.

Los actuales biólogos niegan casi unánimemente la herencia de los caracteres adquiridos, y si éstos persisten en los descendientes es porque el medio sigue actuando y, por consiguiente, perduran las circunstancias que determinaron aquéllos; pero si el medio varía y los seres están sometidos a nuevas condiciones, sus rasgos serán muy distintos a los que antes tuvieron.

Así, por ejemplo: los melocotoneros europeos transportados a la isla de la Reunión se convierten, dada la benignidad del clima, en un árbol de hoja perenne, e igual sucede con sus descendientes, en tanto sigan vegetando en aquella remota isla. Si semillas de estos árboles, que al parecer han adquirido un nuevo carácter, se siembran en su patria de origen, producen vegetales de hoja caediza, como lo eran los antecesores de los transportados a la isla de la Reunión. Otro tanto podríamos decir de las famosas vacas lecheras holandesas, cuya abundantísima producción de leche decrece en cuanto abandonan el húmedo clima holandés y pasan a las secas regiones circunmediterráneas.

Las modificaciones que el medio imprime en el soma (véase pág. 75) y son adquiridas por éste, no ejercen influjo ni modifican al germen, del cual proceden, como es sabido, las células sexuales que transportan los factores hereditarios. Un experimento, ya clásico, debido a Castle y Phillips, demuestra la independencia del soma y germen. Una hembra albina de conejillo de Indias fué desprovista de sus ovarios y en su lugar se injertaron los de una hembra de color negro *(fig. 98)*. Una vez injertado éste, se cruzó en tres ocasiones diferentes a la hembra operada con un macho albino, obteniéndose seis conejillos negros que obedecían a los rasgos de la variedad de la que procedía el germen femenino. Realmente la madre de los conejillos era la hem-

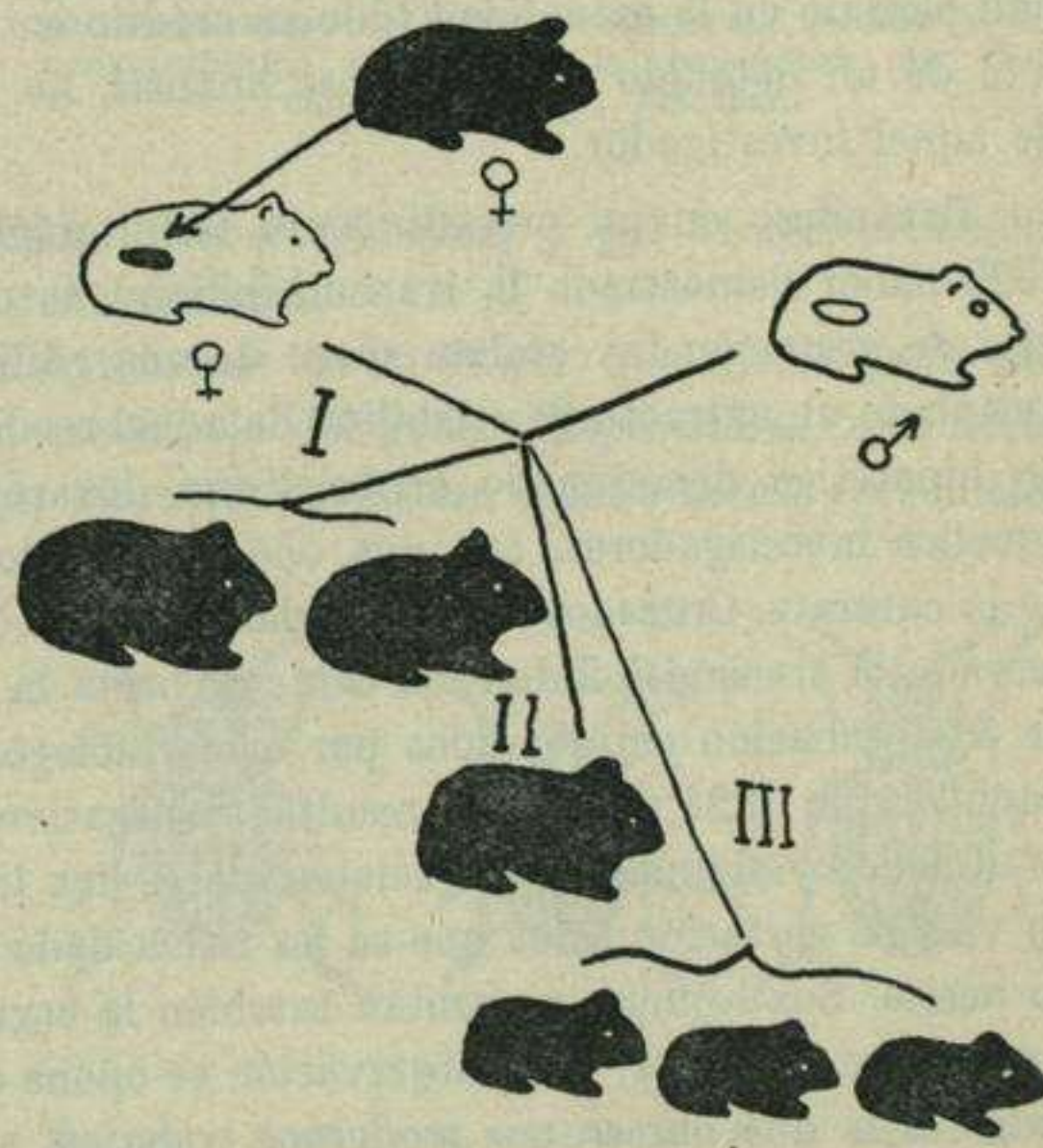


Fig. 98.—Esquema del experimento de Castle y Phillips mostrando la independencia del soma y el germen. (Según Walter.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bra negra, cuyo germen no obtuvo otra cosa que albergue y protección en el cuerpo de la hembra albina.

El profesor Cuénot establece distintas categorías de carácter adquirido que enumera del modo siguiente: mutilaciones, modificaciones patológicas provocadas artificialmente por medios diversos, efectos de las enfermedades parasitarias e infecciosas, acción de los grandes factores naturales (luz, temperatura, humedad, salinidad y otros agentes morfogénicos naturales); efectos de uso y desuso, y, por último, adquisiciones psíquicas.

Weismann emprendió pacientísimos experimentos a fin de probar la no herencia de las mutilaciones. En 22 sucesivas generaciones de ratones realizó la operación de cortarles la cola cuando eran jóvenes, obteniendo 1.592 ratones con su cola perfectamente constituída.

Este resultado está conforme con la observación vulgar, pues es de todos sabido que no se heredan las perforaciones de los labios o la nariz realizadas por ciertas razas inferiores, o las de la oreja en casi todos los pueblos, o los pies atrofiados de las chinas, o la circuncisión practicada desde tiempo inmemorial en ciertos pueblos.

Los partidarios de la herencia de los caracteres adquiridos han creído, durante mucho tiempo, encontrar su más firme apoyo en los experimentos de Brown-Séquard, que pretendía haber obtenido varias generaciones de conejillos de Indias epilépticos mediante sección parcial de la médula espinal o del nervio ciático: estos experimentos han perdido en la actualidad todo su crédito entre los biólogos, que los han hecho objeto de un detenido y escrupuloso análisis, no logrando reproducir los experimentos de aquel investigador.

Basándose en un procedimiento sueroterápico, Guyer y Smith pretendieron en 1920 haber demostrado la transmisibilidad de un carácter adquirido. En conejas en vías de gestación inyectaban suero de una gallina a la que previamente se le había inoculado un extracto de cristalino de aquel roedor. En virtud de la acción de un cuerpo hipotético denominado cristalolisina, los conejillos recién nacidos salían, según aquellos investigadores, con una opacidad en los cristalinos que recordada el proceso de la catarata. Cruzados entre sí dichos conejos, Guyer y Smith pretendieron haber observado la transmisibilidad del carácter hasta la octava generación. Los experimentos de comprobación emprendidos por otros biólogos, especialmente por Huxley y Carr-Saunders en 1924, han dado resultados negativos.

Cuénot y algunos de sus colaboradores han logrado obtener la catarata en conejos en vías de gestación a los que se les había dado cierta cantidad de naftalina disuelta en aceite. Sus hijuelos presentan también la ceguera, pero sus descendientes son perfectamente normales. Esta observación se opone a las de Guyer y Smith, cuyos resultados, a lo que parece por modernos trabajos, no se deben a la pretendida herencia de la ceguera, sino a una infección provocada en los conejos mantenidos en condiciones inadecuadas.

Ciertas enfermedades infecciosas, como la fiebre tifoidea o la difteria, determinan en los individuos curados de sus ataques una inmunidad a las futuras y posibles invasiones del agente patógeno, que no es transmisible a la descendencia.

No obstante, cuando la afección se produce en hembra gestante la descendencia

Instituto San Isidro de Madrid 2008

puede adquirir esta inmunidad; pero esto es debido a los cambios íntimos que se producen entre la madre y sus descendientes a través de la placenta. Prueba de ello es que el padre que ha adquirido la inmunidad, es incapaz de transmitirla a sus hijuelos.

Las enfermedades infecciosas o ciertas intoxicaciones, como la tuberculosis, la sífilis o el alcoholismo, se ha pretendido que sean hereditarias, y aparte del caso que el embrión pueda ser contagiado a través de la placenta materna, las células reproductoras pueden sufrir los efectos de la intoxicación y dar origen, en la descendencia, a anomalías o distrofias que no tienen, sin embargo, nada que ver con los accidentes o anormalidades sufridos por los progenitores *(figura 99)*.



Fig. 99.—Distrofias presentadas por los descendientes de sifilíticos: A, mano derecha de un niño cuya madre era sifilítica; el dedo II está desviado hacia dentro del eje; el dedo III está reducido a un muñón sin esqueleto (ectrodactilia); los dedos IV y V están soldados sobre las 2/3 de su longitud (sindactilia); B, mandíbulas de un joven heredo-sifilítico; los cuatro incisivos inferiores no han salido; además, hay microdontismo y separación anormal de los dientes; C, incisivos superiores medios de un heredo-sifilítico presentando la escotadura de Hutchinson. (Según E. Fournier.)

La acción de los agentes morfogénicos naturales, luz, humedad, temperatura, etcétera, producen, por su variación, modificaciones morfológicas de todos conocidas. Para demostrar la herencia de estas modificaciones se han hecho numerosas investigaciones en insectos por Standfus, Fischer, Schröder y por Tower, principalmente, obteniéndose resultados poco demostrativos.

Los trabajos más notables en este sentido son los de Tower, que afirma haber obtenido variedades permanentes en un escarabajo del género *Leptinotarsa*, que ataca a la patata *(figs. 100 y 101)*. Estos experimentos consistían esencialmente en someter

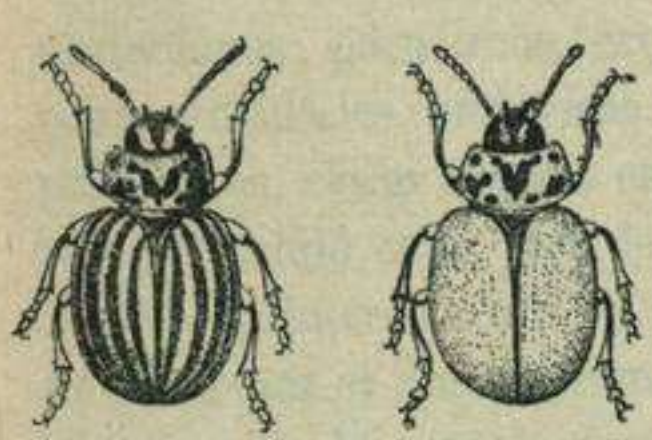


Fig. 100.—*Leptinotarsa undecimlineata* y su variación L. *angustovittata*. (Según Tower.)



Fig. 101.—*Leptinotarsa multitæniata* (a la izquierda) y sus dos variaciones L. *rubicunda* (en el centro) y *L. melanotorax*, a la derecha. (Según Tower.)

a estos insectos a determinadas condiciones de humedad y temperatura; pero son tan costosos y complicados que no han podido ser contrastados por otros experimentadores, por lo que no es posible hoy día ni negar ni afirmar los resultados de Tower.

En Anfibios ha trabajado con el mismo propósito Kammerer, obteniendo resulta-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dos que han sido seriamente combatidos por Bateson y otros investigadores de no menos autoridad, por no reunir las suficientes garantías científicas para que los resultados puedan ser considerados como aceptables.

Respecto a los efectos del uso y desuso de los órganos, obrando por acumulación a través de los tiempos en las sucesivas generaciones, es un problema que escapa al método experimental. En favor de la herencia de estas conquistas orgánicas, logradas después de largos períodos geológicos, invocan los partidarios de este criterio las adaptaciones de los diversos seres a la vida de las cavernas o a la de los grandes fondos marinos. Más adelante veremos (págs. 254 y 265) que muchos de los naturalistas actuales dan una interpretación totalmente distinta a estos fenómenos.

Algunos autores han creído afirmar la herencia de ciertos hábitos o costumbres adquiridos por los progenitores. Entre los experimentos más curiosos se pueden mencionar los de Pawlow en 1923. Este investigador acostumbró a unos ratones blancos a relacionar el sonido de un timbre eléctrico a la presencia de su alimento, el cual buscaban en el momento de percibir el sonido; para conseguir este efecto tuvo que realizar unos 300 ensayos, después de los cuales establecieron la cordinación entre el sonido y la alimentación. Los descendientes de la primera generación sólo necesitaron 100 ensayos; los de la segunda, 30; los de la tercera, 10, y los de la cuarta, 5. Según la creencia de Pawlow, en las generaciones sucesivas esta adquisición será hereditaria y el reflejo que el sonido produce para determinar la busca del alimento llegará a ser innata y les bastará oír una vez el timbre para realizar esta acción.

Estos experimentos están realmente en contradicción con la observación corriente, en que vemos a los niños tener que aprender de sus padres las acciones más sencillas, que se repiten de generación en generación, como el lenguaje, la escritura, los hábitos de limpieza, la manera de comer, etc. Pero por si esto fuese poco, los experimentos de Pawlow están en contradicción con otros análogos realizados en 1924, independientemente, por Mac Dowell y Vicari.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN

El problema del origen de las especies no ha formado parte del patrimonio científico hasta el siglo XIX. Los trabajos e ideas de Lamarck, Darwin, Huxley, Haeckel y otros prestigiosos naturalistas de la pasada centuria, fueron los que incorporaron a la ciencia esta inquietante cuestión, que los naturalistas anteriores habían soslayado, aceptando más o menos explícitamente el relato del Génesis y otras fuentes religiosas.

Sin que hoy sigamos estrictamente las ideas de aquellos naturalistas, habremos de reconocer que a ellos cabe el mérito de haber sido los iniciadores de hipótesis e interpretaciones planteadas en el terreno de las ciencias de la Naturaleza, siendo éstas los antecedentes inmediatos de las actuales concepciones.

La teoría de la evolución, con sus múltiples interpretaciones, sienta como un hecho indudable la variación de los rasgos y de los caracteres morfológicos y funcionales de los seres vivos, difiriendo los naturalistas que aceptan este punto de vista en la explicación de la causa de esta variación, así como en su amplitud y significación.

La variación, sea cualquiera su origen, es un factor que se opone a la herencia, ya que introduce modificaciones en la descendencia, que paulatinamente se aparta del tronco originario, produciéndose una diferenciación cada vez más acentuada.

El Creacionismo.—El examen de los seres vivos sugiere contradictorias interpretaciones: para unos, éstos se presentan en la naturaleza de un modo discontinuo, como entidades biológicas independientes sin nexo ni conexión alguna entre ellos; para otros, están ligados entre sí de un modo tan íntimo que forman series continuas, representando cada una de ellas un estado o fase de una misma evolución.

Los primeros admiten que las especies han sido creadas independientemente unas de otras por el Ser Supremo, como hace Linneo, el más caracterizado y genuino representante de la escuela creacionista, quien expresa claramente su idea en el siguiente aforismo: *Species tot sunt diversæ, quot diversas formas ab initio creavit infinitum Ens.*

Para estos naturalistas, el Creador ha seguido un plan tal que las especies se suceden en un orden progresivo de complicación, hasta que el hombre viene a coronar y a dar cima a la obra (*).

(*) Los creacionistas sustentan su criterio marcadamente finalista en virtud del cual suponen que los diferentes órganos, toda la urdimbre orgánica y las actividades de los seres vivos, están maravillosamente acomodados a la misión que han de desempeñar.

Muchos evolucionistas, por ciertas razones biológicas, han seguido defendiendo este punto de vista que no comparten los más avanzados.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los estudios de Cuvier, naturalista francés de la primera mitad del siglo XIX, cuyas ideas fueron universalmente aceptadas en su tiempo, demostraron que en las capas de la corteza terrestre quedan restos fósiles de seres que vivieron en otras épocas de la Historia de la Tierra, que actualmente han desaparecido. A fin de compaginar sus ideas creacionistas con los nuevos hechos por él descubiertos, Cuvier emite su célebre hipótesis de las *creaciones sucesivas*, en la que admite que el Globo es azotado de tiempo en tiempo por una catástrofe geológica de violencia tal, que borra los seres que entonces poblaron la Tierra. Nuevos actos de creación son los que originan los nuevos pobladores del Planeta, que serán barridos a su vez por otra nueva catástrofe. D'Orbigny concreta las ideas de Cuvier admitiendo que la Tierra ha sido objeto de 27 creaciones sucesivas, que la han repoblado de seres vivos después de cada cataclismo geológico.

El evolucionismo.—Los evolucionistas, poco conformes con la inmutabilidad de las especies admitida por los creacionistas, se oponen a este criterio *fixista* y suponen en las especies una dinamicidad tal que las impulsa a variar y a transformarse de unas en otras.

La teoría evolucionista, también llamada de la *descendencia*, se apoya en una serie de hechos y datos coincidentes que proceden de distintos sectores de las ciencias de la Naturaleza. Una gran cantidad de hechos embriológicos, biogeográficos, anatómicos y paleontológicos, encuentran una sencilla y clara explicación dentro del concepto transformista.

No quiere decir esto que conozcamos actualmente el proceso íntimo que siguen las especies en su evolución. Las teorías diversas que se han emitido desde Lamarck hasta nuestros días han tenido precisamente por fin el dar una explicación de este mecanismo, sin que ninguna de ellas lo haya conseguido plenamente. Así, cuando los biólogos actuales combaten o discuten las afirmaciones de Lamarck, Darwin, Haeckel o Weismann, no es que no acepten la doctrina transformista, sino las interpretaciones y conceptos emitidos por tales naturalistas para explicar el modo como la evolución actúa.

Las pruebas clásicas de la evolución se clasifican en varios grupos: paleontológicas, ontogénicas, anatómicas, morfológicas y biogeograficas. A éstas hay que añadir las aportadas modernamente por los biólogos que han estudiado las reacciones de la sangre y otros humores orgánicos y la producción de las especies sintéticas en vegetales.

Pruebas paleontológicas.—La vida del hombre es muy corta para apreciar la transformación de una especie en otra; los seres vivos de otros Períodos geológicos los conocemos por los restos fósiles que han quedado en los estratos de la corteza terrestre. Si este registro fuese completo podríamos señalar con mucha aproximación el camino seguido por la evolución biológica; pero éste es harto incompleto, y sólo en casos excepcionales se puede seguir la evolución de un rasgo, de un carácter o de un grupo taxonómico.

Una de las series evolutivas clásicas es la de la reducción del número de dedos en las patas de la Familia de los caballos o Équidos, que ha sido posible seguir en América durante gran parte del Terciario y del Cuaternario, en un espacio de tiempo que algunos geólogos evalúan aproximadamente en cuatro millones de años. La evolución

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se realiza en tres familias: los *Hyracothéridos*, *Protohíppidos* y *Équidos*. La variación que se establece entre las extremidades de las diferentes especies no quiere decir que necesariamente unas desciendan de otras, sino que en estos mamíferos existe una tendencia evolutiva perfectamente definida, que tiende a la reducción de los dedos de las extremidades *(fig. 102)*.

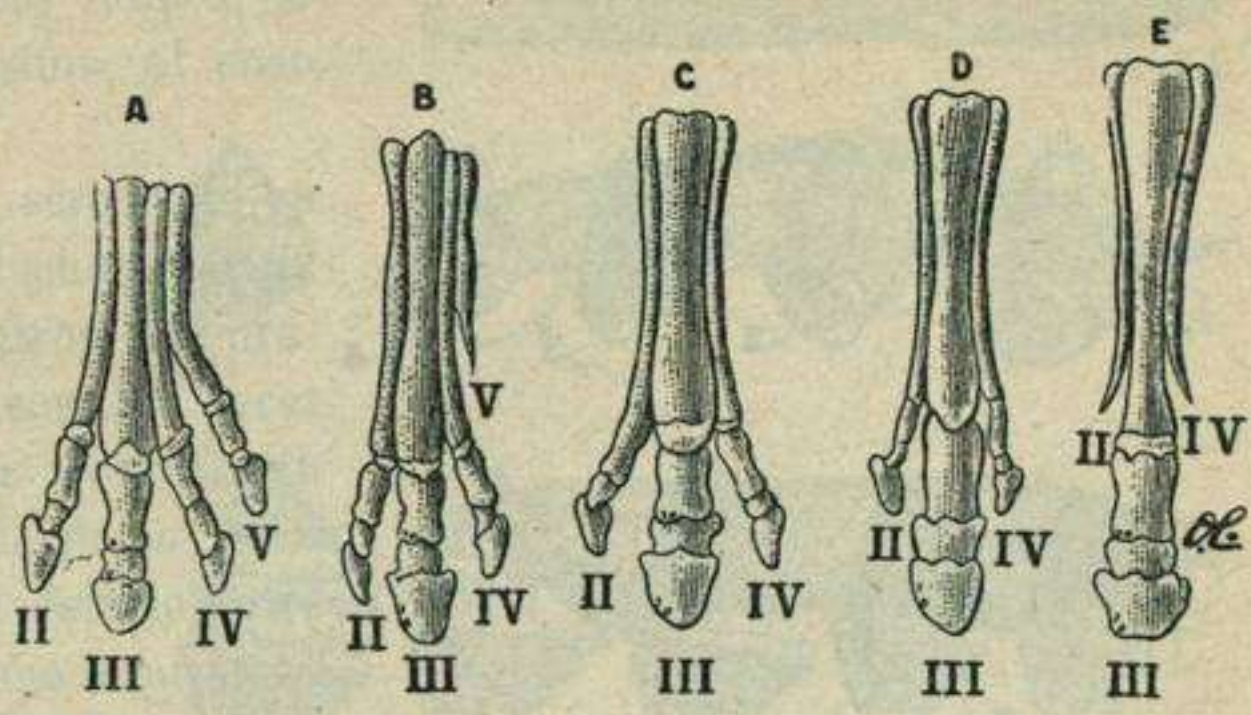


Fig. 102.—Reducción progresiva de los dedos (de II a V) de las patas anteriores de algunos Équidos del Terciario y Cuaternario de América del Norte.—A, *Orohippus:* B, *Mesohippus:* C, *Miohippus:* D, *Protohippus:* E, *Equus*. (Imit. Schmidt.)

Otros casos interesantes de evolución los encontramos en los moluscos Terciarios. En las capas Terciarias depositadas en un lago que existió durante el Mioceno en Steinheim (Wurtemberg) se encuentran fósiles de dos especies de *Planorbis*, el *Planorbis trochiformis* y el *Planorbis oxystomus*, en los que se sigue paso a paso el aplanamiento de la espira hasta alcanzar formas en las que ésta es completamente plana *(fig. 103)*. Otro tanto puede decirse de las *Paludinas* del Terciario superior del centro de Europa, en las que se puede establecer una completa seriación entre las especies de concha lisa hasta aquellas otras que están recorridas por crestas o quillas salientes *(fig. 104)*.

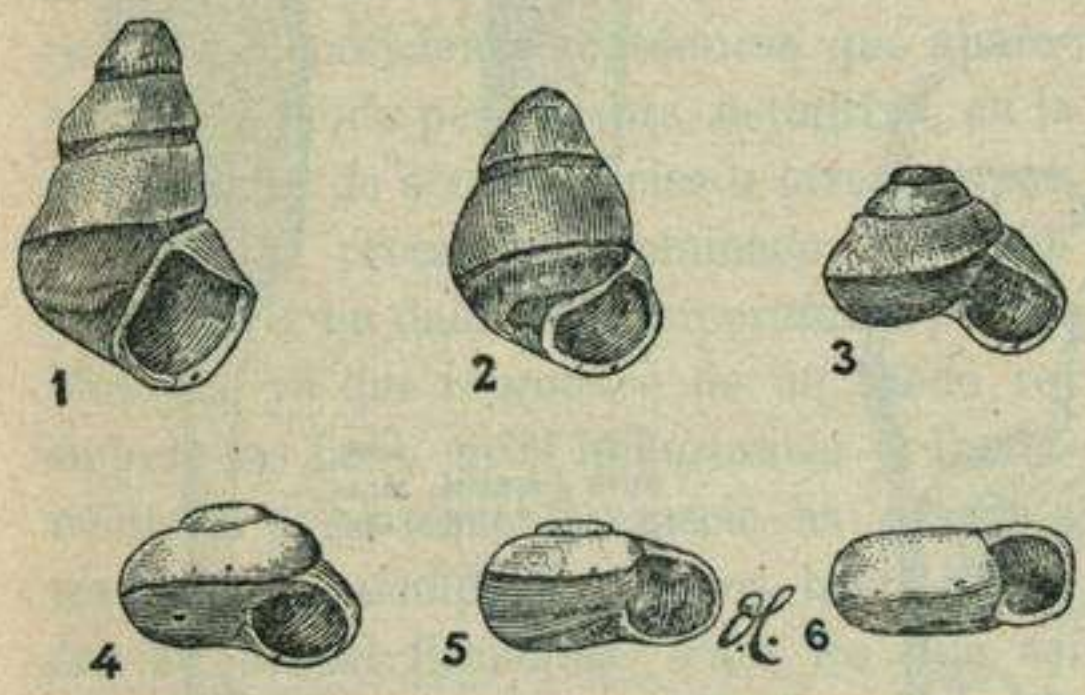


Fig. 103.—Aplanamiento progresivo de la concha de los *Planorbis* del lago de Steinheim, desde el *Planorbis trochiformis* (1) al *Pl. oxystomus* (6). (Imit. Hilgendorf.)

Además de series evolutivas como las citadas, existen fósiles en los que se reúnen caracteres de distintos grupos actuales, indicándonos su posible procedencia y su descendencia probable. Tal es el caso del *Archæopteryx* y del *Archæornis*, géneros que aparecen en el Jurásico. Estos fósiles *(fig. 105)* son los de animales voladores provistos de alas como las aves, pero conservando ciertos caracteres de reptil, cuales son los dientes, las uñas y la cola, de enorme longitud y formada por muchas vértebras. Los caracteres de estas aves primitivas indican de un modo indudable el origen de las aves en los reptiles. Las formas posteriores que se conocen de aves del Secundario tienen ya la cola como las actuales, pero conservan aún los dientes *(fig. 106)*, que desaparecen totalmente en las aves Terciarias, muy parecidas a las que hoy en día viven.

Contrasta con esta variabilidad la constancia de los caracteres de determinados

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fósiles a través de las edades geológicas. Así, entre los Braquiópodos se puede mencionar el caso del género *Língula*, que conserva casi los mismos rasgos desde el Cámbrico

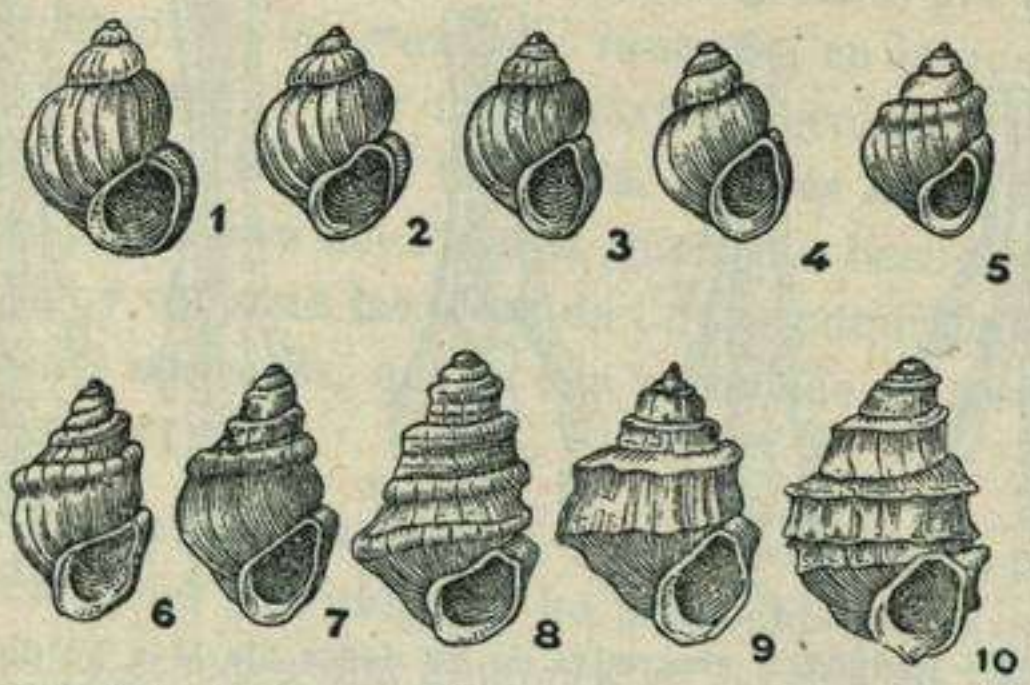


Fig. 104.—Serie completa de *Paludina* de los lagos Terciarios de Europa central, desde la especie de concha lisa (1) a las provistas de recias crestas (8, 9 y 10). Imit. Brücker.)



Fig. 106.—*Ichthyornis:* Ave con dientes del Secundario (Cretácico).

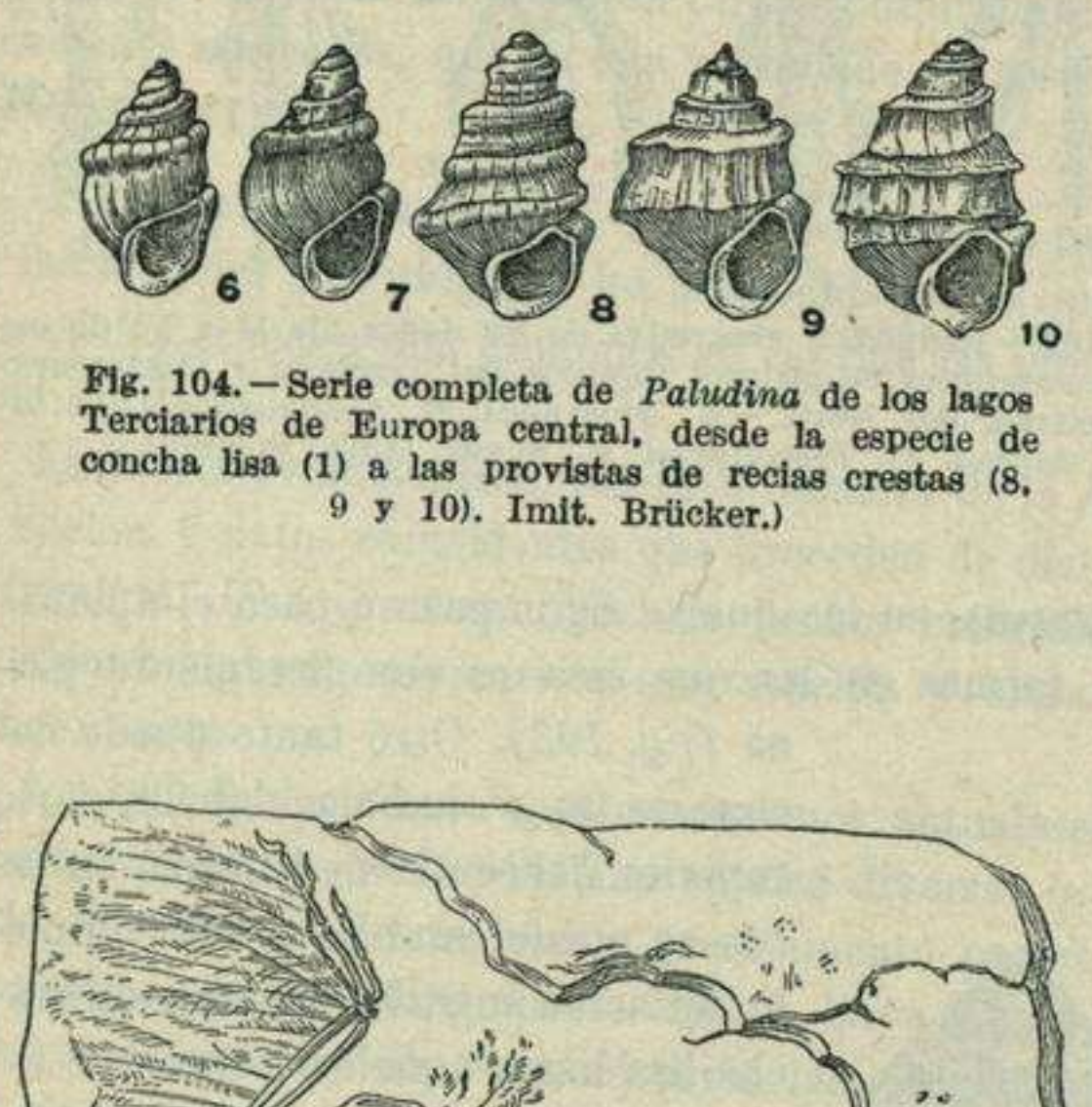


Fig. 105.—*Archæornis siemensis*, animal Jurásico de caracteres intermedios entre los Reptiles y las Aves.



Fig. 107.— *Lingula Lesueri*, Braquiópodo fósil del Silúrico.



Fig. 108.—*Lingula anatífera*, Braquiópodo que actualmente vive en el fondo de los mares australianos. La prolongación inferior es un pedúnculo blando, mediante cuya contracción puede ocultarse en el fondo de la cavidad en que vive.

(uno de los períodos más antiguos de la historia de la Tierra) hasta nuestros días, en los que algunas especies viven en los mares australianos *(figs. 107 y 108)*. En este y en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

otros hechos de persistencia de caracteres se apoyan algunos autores que niegan la evolución; pero realmente esto no indica más que en unas especies, o en unos grupos, la evolución es un proceso lentísimo, al paso que en otros es más veloz.

También existe el caso de seres que en unos períodos geológicos evolucionan muy rápidamente, en tanto que en otros este proceso es muy lento. Tal sucede con los peces del grupo de los Dipnoos, que evolucionan rapidísimamente durante el Devónico y el Carbonífero y permanecen casi estacionarios desde estos últimos tiempos, como lo prueban las estrechas analogías entre los Dipnoos del final del Carbonífero y los que aun viven en Australia *(fig. 109)*.

PRUEBAS EMBRIOLÓGICAS.—Durante el desarrollo de los diferentes seres vivos, éstos pasan por una serie de estados embriológicos transitorios, en los que se reproducen, de un modo más o menos perfecto, los caracteres, rasgos o disposiciones anatómicas que aparecen de un modo permanente, definitivo, en la edad adulta de otras especies u otros grupos.

A este proceso, denominado ontogénico (*), se le ha dado gran importancia por los biólogos, ya que reproduce de un modo resumido las fases más importantes y fundamentales por las que la especie ha pasado a través de los tiempos geológicos, hasta alcanzar su actual fisonomía. Para los que así piensan, el ser en su desarrollo recapitula las fases por las que ha pasado en su evolución y recuerda la organización de sus antepasados. Sirviéndonos de una burda comparación diríamos que el conjunto de fases por las que los organismos pasan sería como una galería de cuadros en la que los actuales miembros de una familia ilustre conserva la efigie de sus antecesores más eminentes.

Todo el mundo sabe que los lenguados son peces extraños, asimétricos, que tienen

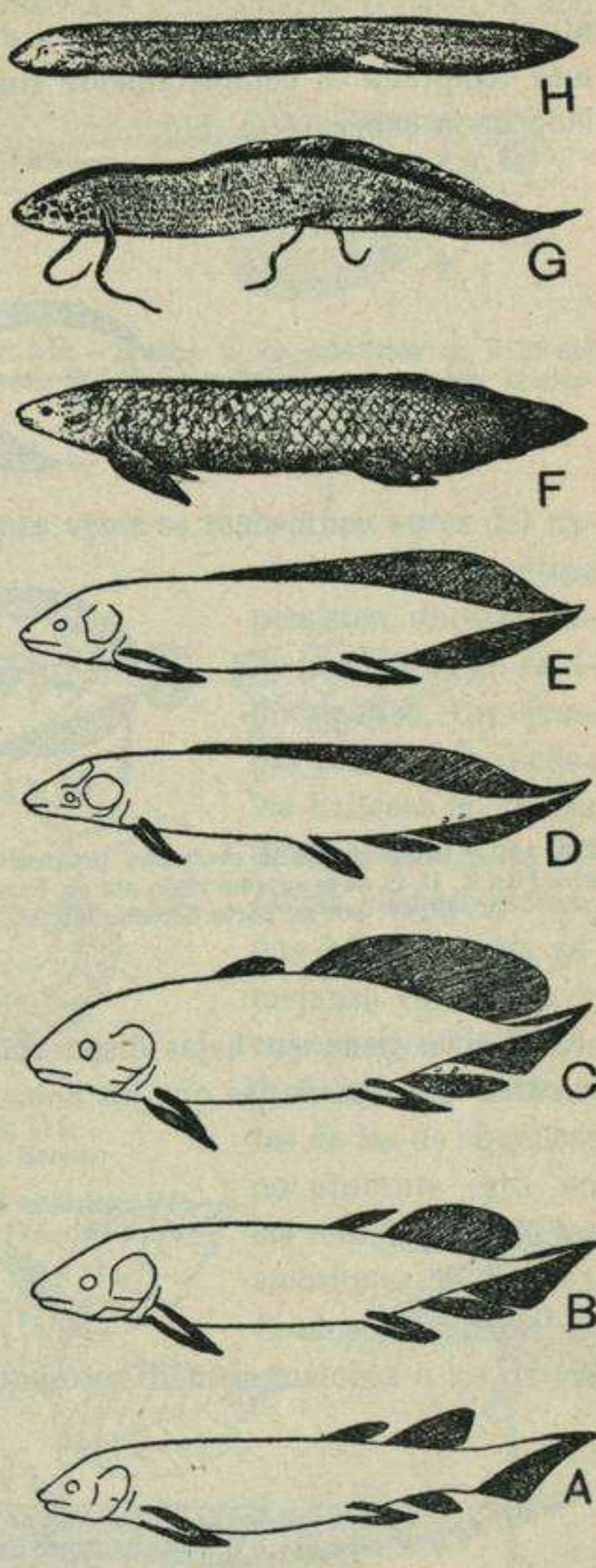


Fig. 109.—Evolución de los Dipnoos: A, *Dipterus valenciennesi*, Devónico inferior de Escocia; B, *D. macropterus*, Devónico medio inferior de Escocia; C, *Scaumenacia curta*, Devónico medio superior de Canadá; D, *Phaneropleuron andersoni*, Devónico superior de Escocia; E, *Uronemus lobatus*, Carbonífero inferior; F, *Neoceratodus Forsteri*, actual, Australia; G, *Protopterus annectens* actual, África; H, *Lepidosiren paradoxa*, actual, América del Sur. (Según Dollo).

(*) Se llama *ontogenia* la serie de cambios y transformaciones (la evolución, en una palabra), que el individuo sufre desde el huevo hasta alcanzar el estado adulto.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

el curioso carácter de tener sus dos ojos en uno solo de los lados de su cabeza. Tales seres proceden de peces simétricos conformados como los que todos conocemos. Esta afirmación se ve confirmada por el desarrollo del propio lenguado, ya que en su edad más temprana es completamente simétrico y, por consiguiente, lleva un ojo a cada lado de la cabeza *(fig. 110)*.

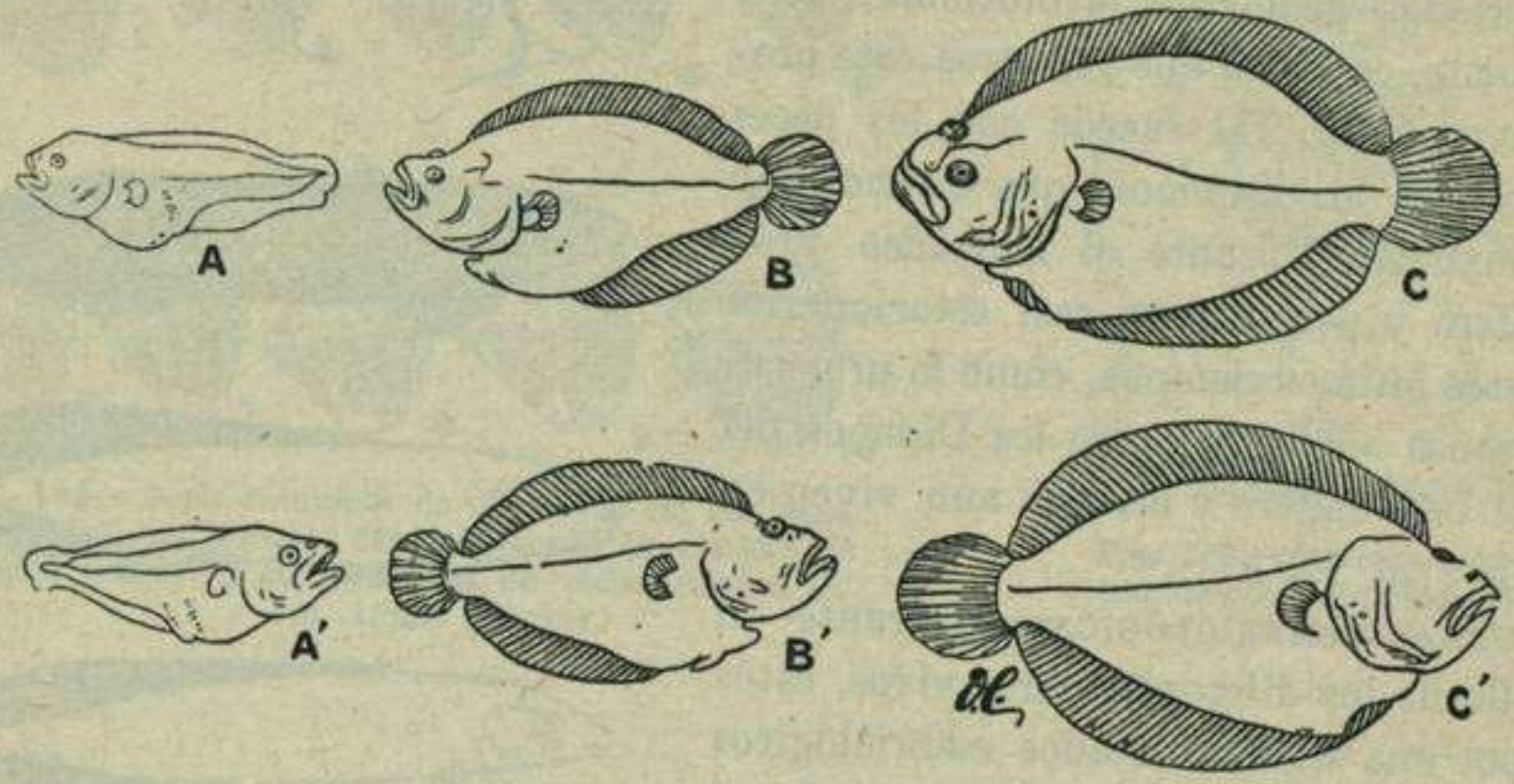


Fig. 110.—Esquema de la evolución progresiva de un Pleuronéctido, desde la fase simétrica a la asimétrica. En A, B, C, se le supone visto por su parte izquierda (en A), que después será la superior (en C).—A', B', C', por su parte derecha (en A'), que luego será la inferior (en C'). (Imit. Schneider.)

El olmo tiene sus hojas dispuestas de un modo alterno; pero este vegetal deriva de otras especies, en las que las hojas estaban dispuestas por pares, unas enfrente de las otras. Recordando esta disposición primitiva, los olmos jóvenes, cuando aun no tienen más que unos pocos centímetros, tienen sus hojas opuestas; en algunos casos, las dos hojas de un mismo par no son iguales, sino que una es mucho mayor que la otra, indicando ya la manera como se dispondrán las hojas más viejas *(fig. 111)*.

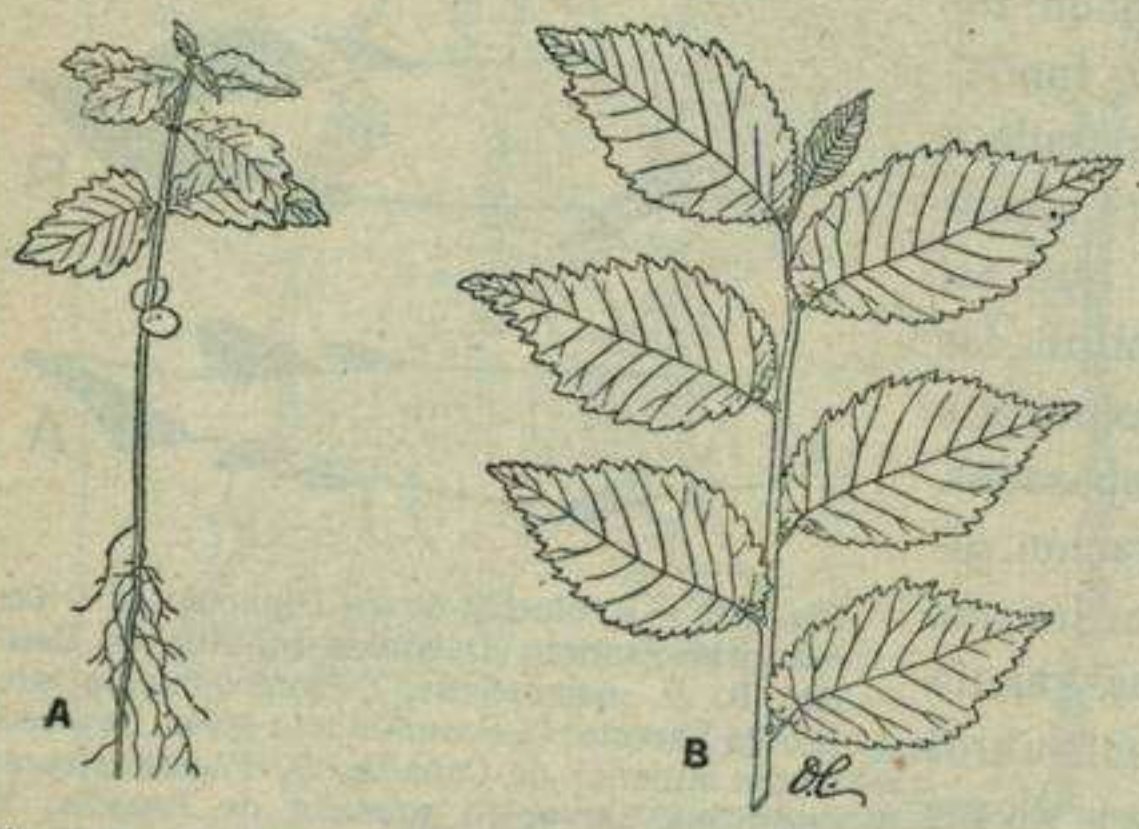


Fig. 111.—A, plantita de olmo *(Ulmus campestris)* con las hojas opuestas y casi todas simétricas; B, rama de una planta adulta con las hojas alternas y asimétricas. (Imit. Massart.)

Algo análogo se observa en la judía. Esta planta, que tiene las hojas compuestas, procede, sin embargo, de otras especies en que son sencillas, y así vemos que las dos primeras hojas son sencillas y triangulares, y sólo más tarde aparecen aquellas que tienen varias foliolas.

No se sustraen a esta ley ni los animales superiores. Los mamíferos, las aves y los

Instituto San Isidro de Madrid 2008

reptiles proceden de animales que vivieron en el agua y, por consiguiente, tuvieron agallas o branquias; tan es así, que en las primeras fases embrionarias ofrecen, a uno y otro lado de la cabeza, hendiduras llamadas branquiales por ser muy análogas a las que poseen los peces. Los anfibios, como las ranas, que son más próximos a los peces, conservan más evidentes estas hendiduras, hasta el punto que los renacuajos poseen verdaderas branquias externas (*figs. 112* a *115* y *figs. 124* y *125*).

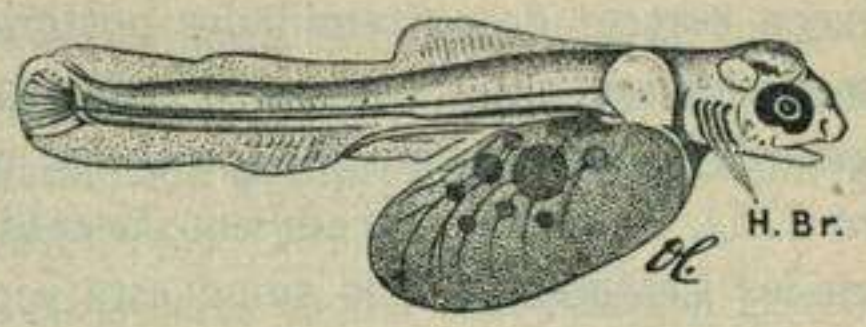


Fig. 112.—Trucha a los seis días de salir del huevo. H. Br., hendiduras branquiales. (Imitación Ziegler.)

Una explicación análoga tiene la existencia de los órganos rudimentarios, que no tienen en los adultos función apreciable, y que unas veces se reabsorben antes del nacimiento y en otros persisten durante toda la vida en un estado atrófico. Un ejemplo aclarará lo dicho; las ballenas no tienen dientes, sino unas láminas córneas llamadas barbas, cuya semejanza es remota y cuyo origen y finalidad son muy diferentes de las de aquéllos; no obstante esto, en las mandíbulas de los embriones de estos Cetáceos se inicia la formación de una dentición, constituída de numerosos dientes análogos a los de los

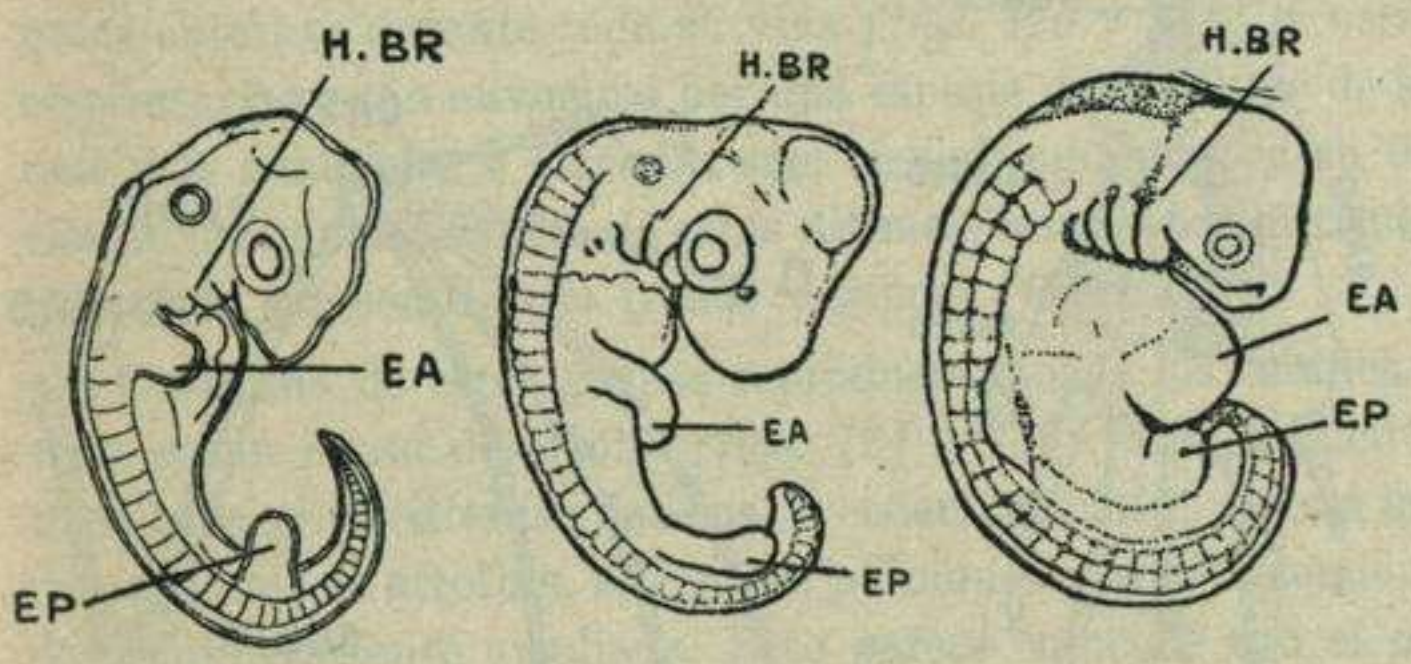


Fig. 113. (Imit. Brücker).

Fig. 114. (Imit. Scoot.)

Fig. 115. (Imit. Scoot.)

En las tres: H. Br., hendiduras branquiales EA, extremidad anterior; EP, extremidad posterior, *fig. 113*, de un embrión de reptil; *fig. 114*, de un embrión de pollo; *fig. 115*, de un embrión humano.

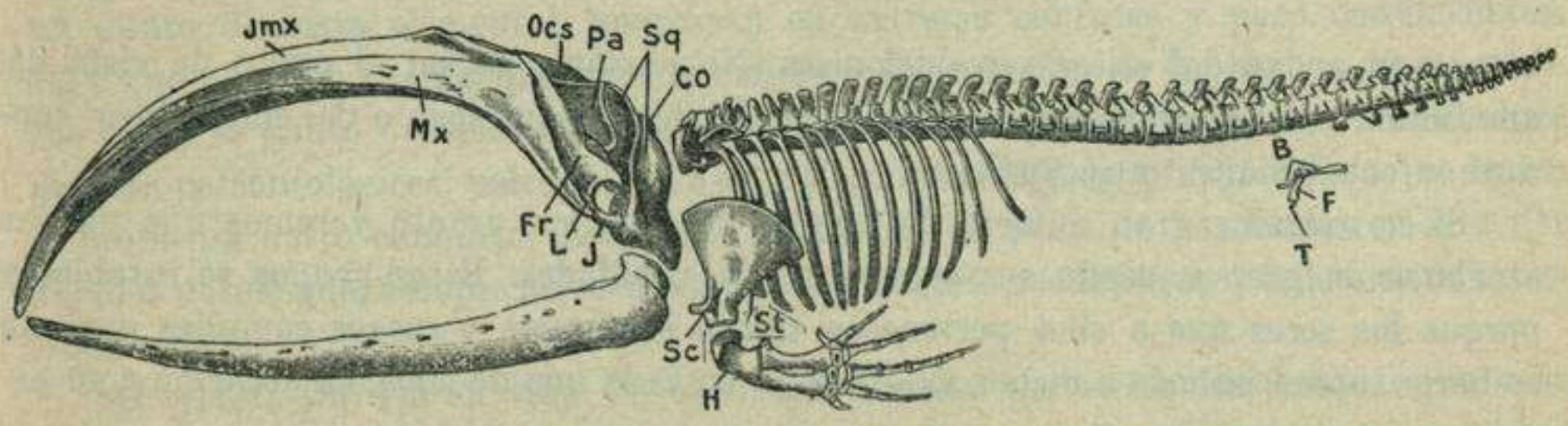


Fig. 116.—Esqueleto de *Balæna mysticetus*.—*Ocs*, occipital; *Co*, cóndilo del mismo; *Sq*, escamoso; *Pa*, parietal; *Fr*., frontal; *Jmx*, intermaxilar; *Mx*, maxilar; *J*, yugal; *L*, lagrimal; *St*, esternón unido sólo a la primera costilla; *Sc*, escápula; *H*, húmero; *B*, pelvis; *F*, fémur; *T*, tibia (los tres en estado rudimentario). (Según Eschricht y Reinhardt.)

delfines y cachalotes, que no llegan a romper la encía y que se reabsorben antes

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del nacimiento. Esto nos indica que los Cetáceos sin dientes, como las ballenas, proceden de los que poseen dientes, como los cachalotes, orcas y delfines.

Las ballenas nos ofrecen también un ejemplo del segundo caso: estos Cetáceos parecen carecer de extremidades posteriores; pero en el interior de los tejidos blandos se descubren unos huesecillos rudimentarios y sin función, que son los últimos vestigios de la extremidad desaparecida, que en el embrión está más desarrollada *(figura 116)*. Lo mismo sucede con la cubierta de pelos típica de los mamíferos, que falta en los Cetáceos, o a lo sumo está representada por algunas cerdas gruesas aisladas, no obstante de que en el embrión está perfectamente desarrollada

Pruebas anatómicas y morfológicas.—El estudio anatómico y morfológico de los seres vivos, realizado de un modo comparativo, suministra una serie de datos que

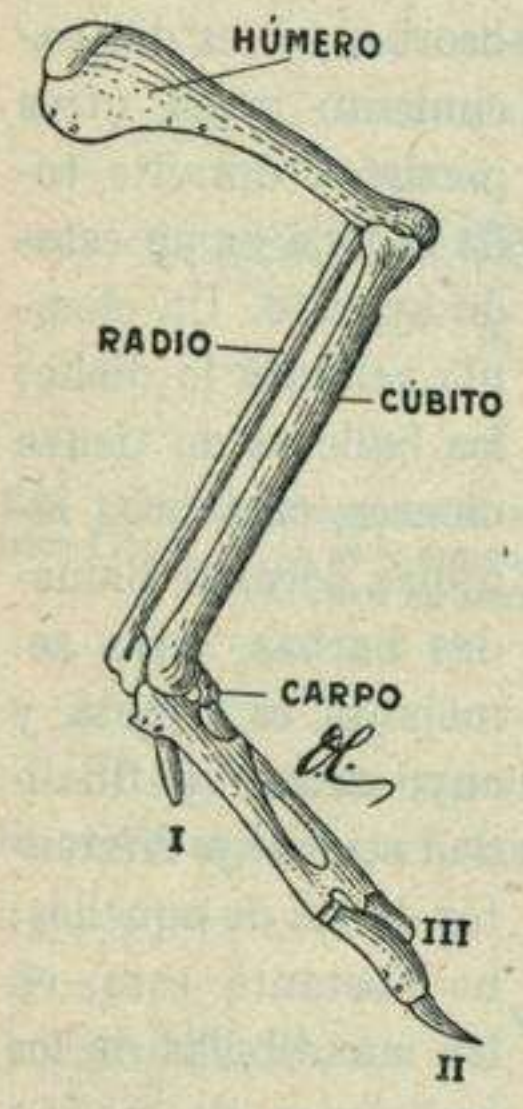


Fig. 117.

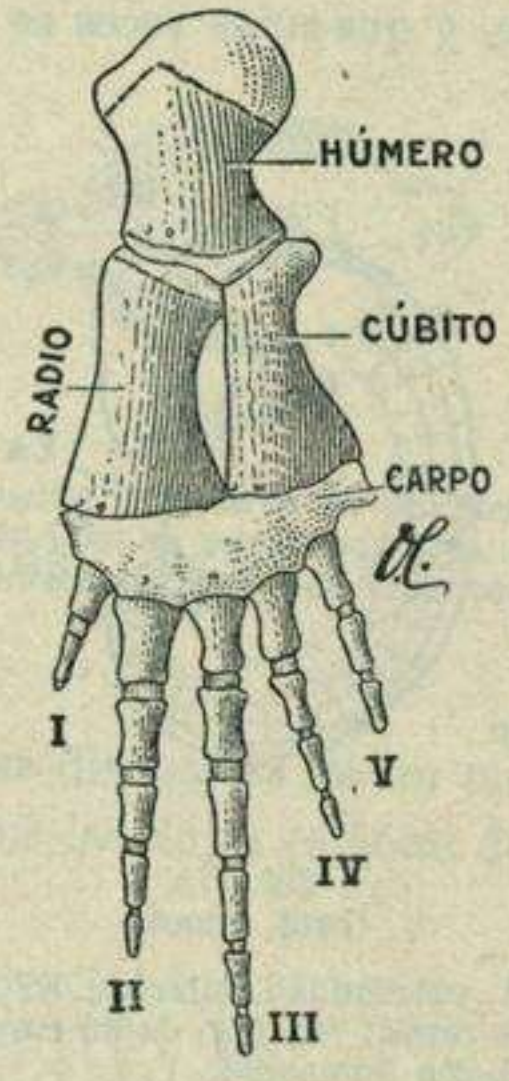


Fig. 118.

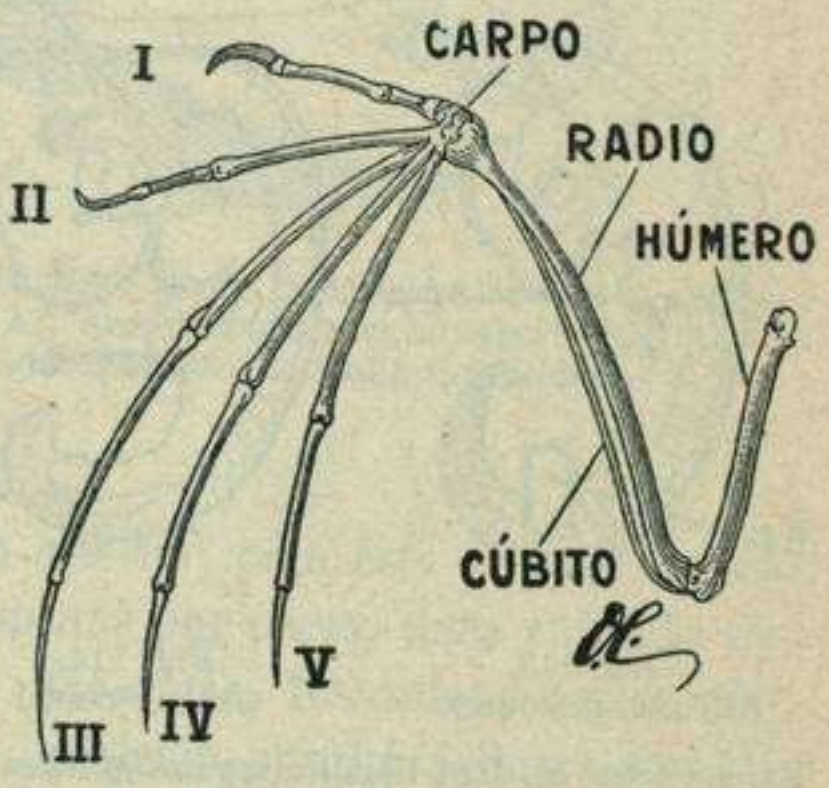


Fig. 119.

Esqueleto del ala izquierda de un ave *(fig. 117)*, de la aleta izquierda de una ballena *(fig. 118)* y del ala izquierda de un murciélago *(fig. 119)*. En todas, de I a V, dedos.

vienen en apoyo del criterio evolucionista. No obstante de ser el punto de vista del anatómico o del morfólogo más estático que el del paleontólogo o del embriólogo, conduce a conclusiones muy análogas.

Si se examina gran número de plantas o animales, pronto veremos que pueden asociarse en grupos, según sus semejanzas y afinidades. Estos grupos se establecen porque los seres que a ellos pertenecen tienen caracteres y rasgos comunes que, sin embargo, aparecen más o menos modificados en cada uno de ellos, en atención a su peculiar género de vida.

Fijándonos en las extremidades de los vertebrados terrestres, veremos que en todos ellos están construídas bajo el mismo plan: la parte que se articula con el cuerpo tiene un solo hueso: el fémur en las posteriores y el húmero en las anteriores; la pierna y el brazo tienen dos: tibia y peroné, y cúbito y radio, respectivamente. La parte ter-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

minal está constituída por un grupo de huesecillos poliédricos que forman el carpo o el tarso; otra serie de huesos alargados, los del metacarpo y metatarso, y, por último, los dedos.

No obstante de esta analogía estructural, si se compara la extremidad de un ave, de una ballena y de un murciélago con la del hombre, se observa una gran diferencia entre ellas. Las modificaciones se realizan por reducción y supresión de ciertas partes o por desarrollo extraordinario de otras *(figs. 117, 118 y 119)*.

Estos hechos parecen demostrar que todos estos seres tienen una relación genética, pues de otro modo sería improbable que existieran tales afinidades en seres creados independientemente.

Los naturalistas han formado series anatómicas y morfológicas que reproducen, a veces muy exactamente, los estados por los que los animales pasan en su desarrollo o con los que nos señalan sus restos fósiles. Uno de los ejemplos más instructivos es el que nos ofrecen los anfibios. Dentro de este grupo existen formas que tienen cola y branquias externas durante toda su vida *(figs. 120 y 121)*, y otras en que estos elementos respiratorios están envueltos por una especie de repliegue de la piel *(fig. 122)*. Las formas más complejas o elevadas sólo tienen pulmones en su fase adulta, careciendo en ella de branquias; dentro de estas últimas, unas especies tienen cola *(fig. 123)*, al paso que otras carecen de ella (ranas y sapos) *(fig. 130)*.

Cada uno de estos grupos reproduce uno de los estados por los que la rana y el sapo pasan en su desarrollo *(figs. 124 a 130)*. Primeramente nace el renacuajo, que tiene branquias externas, las cuales ceden su puesto a otras internas. Después de cierto tiempo éstas se atrofian, se forman pulmones y la cola comienza a reducirse hasta quedar completamente atrofiada. Esto parece coincidir con el proceso de la aparición de los distintos grupos de Anfibios durante los diversos períodos de la historia de la Tierra: las formas más antiguas son afines a las que tienen actualmente branquias permanentes; más tarde aparecieron otras semejantes a las que tienen estos órganos protegidos; más modernamente aún las que carecen de branquias en estado adulto y tienen pulmones y cola, y, por último, las formas análogas a las ranas, que, como es sabido, tienen pulmones en estado adulto y carecen de toda prolongación caudal.

PRUEBAS TOMADAS DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.—Quizá estas pruebas, desde un punto de vista elemental, aparezcan en extremo confusas y poco convincentes. Hay que tener en cuenta que para la exacta interpretación de los hechos biogeográficos desde el punto de vista evolucionista, no se puede prescindir de una infinidad de detalles paleontológicos, paleogeográficos, paleoclimatológicos y filogenéticos que hacen el problema harto complejo. Esta es la razón por la que aquí nos limitaremos a dar algunos datos, que, aunque no sean los más elocuentes, puedan estar al alcance de nuestros lectores.

Al relatar Darwin su viaje en el *Beagle*, cuenta que entre los hechos que más profunda impresión le causaron y que más contribuyeron a que naciese en su mente la idea de la evolución, fué la distribución geográfica de los seres vivos en América del Sur y, sobre todo, en el Archipiélago de los Galápagos.

En la distribución geográfica de los seres no sólo influyen las condiciones físicas o climatológicas (véase más adelante pág. 246), ya que regiones de climas muy afines,

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 120.—*Necturus maculatus* (25 cm.), de las regiones pantanosas del SE. de los EE. UU. de N. A.



Fig. 121.—*Proteus anguinus* (15 cm.), de las aguas subterráneas de Carniola y Dalmacia.

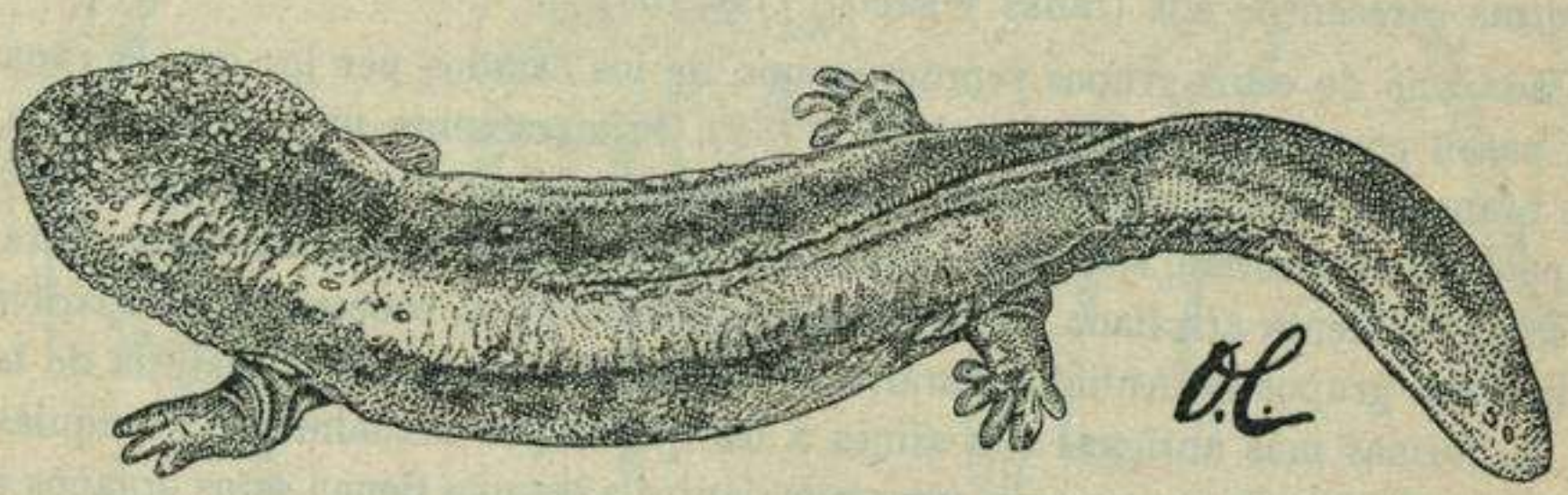


Fig. 122.—*Cryptobranchus japonicus* o salamandra gigante de los ríos y lagos de Japón (1 m.).

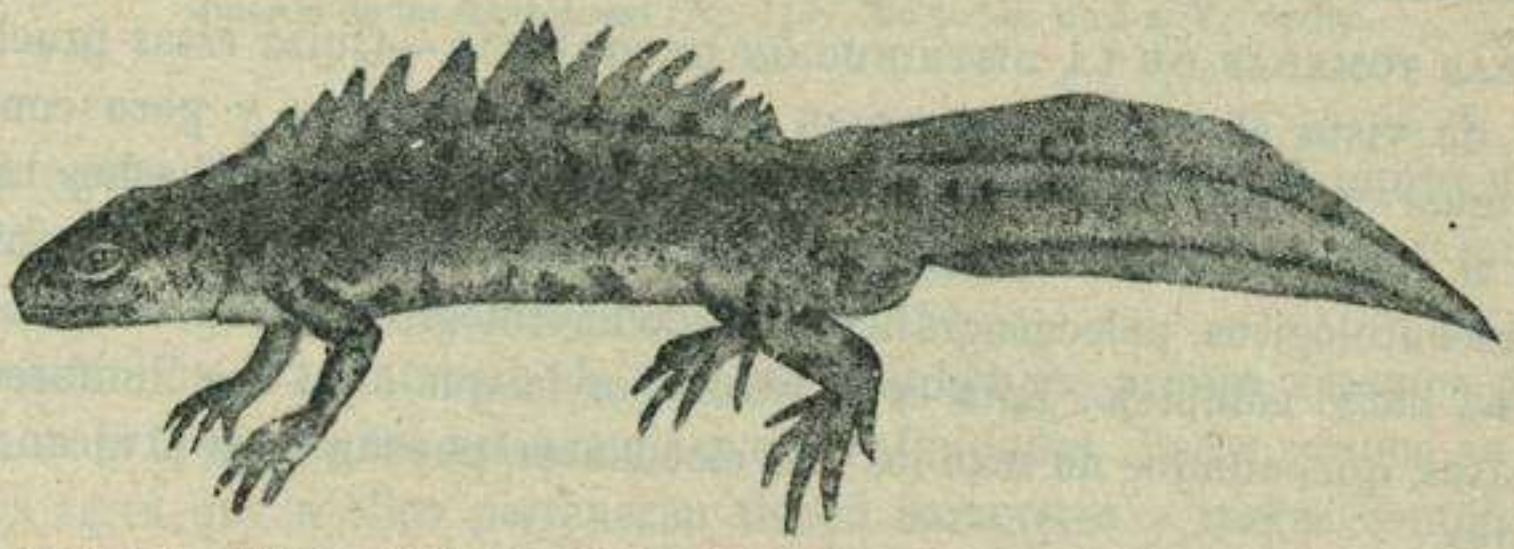


Fig. 123.—*Triton (Molge) cristatus* (15 cm.) o salamandra acuática de nuestro país.

El *Necturus* y el *Proteus* poseen branquias externas durante toda su vida. También el *Cryptobranchus* posee branquias toda su vida; pero protegidas por un repiegue de la piel.—El *Triton* o *Molge* tiene branquias cuando joven; pero en su fase adulta tiene pulmones y cola.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

como Australia, África y América del Sur, tienen faunas y floras radicalmente diferentes.

El que en una región no exista una especie, no indica que el clima de dicha región sea adverso para su vida. Los conejos introducidos en Australia se han multiplicado



Fig. 124



Fig. 125.

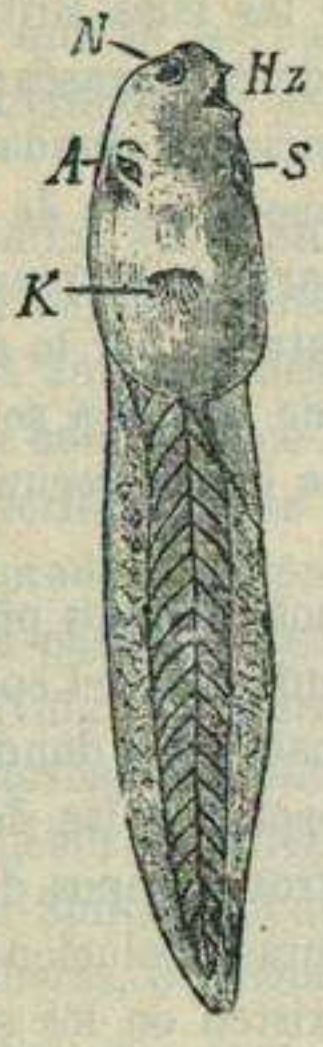


Fig. 126.



Fig. 127



Fig. 128.



Fig. 129.



Fig. 130.

Fases de la evolución de un sapo *(Pelobates fuscus)* (Ecker).—Fig. 124, embrión poco antes de salir del huevo, con tres eminencias en forma de verruga en el lugar que ocuparán las branquias después de salir el huevo.—Fig. 125, larva, poco tiempo después de salir del huevo, con branquias K u órganos respiratorios externos y de forma arborescente.—Fig. 126, larva de más edad con las branquias K cubiertas ya en parte por la piel.—Fig. 127, una fase larvaria más avanzada con branquias internas y extremidades posteriores.—Figs. 128, 129 y 130, estados finales del desarrollo.

hasta ser una verdadera plaga. El *Agave* o pita de origen americano se ha difundido perfectamente en los países mediterráness y así se ha dado el caso que no ha faltado artista que en escenas de la antigüedad Helénica o Romana han incluído, con evidente

Instituto San Isidro de Madrid 2008

anacronismo, esta planta como una de las que más típicameste definen el paisaje.

De dos países que tienen un clima análogo y una fauna y una flora muy diferentes se puede afirmar que han estado separados y que los seres vivos que en ellos existen han evolucionado independientemente. Cuanto mayores son las diferencias entre los animales y las plantas que viven en uno y en otro, mayor es el tiempo de su separación. Así, la separación de las Islas Británicas del Continente ha sido un hecho muy reciente, en tanto que la de Madagascar de África debió efectuarse en época mucho más remota, por las diferencias profundas que existe entre la fauna de la isla y la del continente. Lo mismo se puede decir de Australia, en donde residen todos los mamíferos ovíparos y la mayor parte de los marsupiales, sin que realmente sea patria genuina de ningún mamífero placentario, por lo cual se piensa, apoyándose, además, en otras razones, que esta porción de la tierra se hizo independiente del resto, no entablando nuevas conexiones, desde la época Secundaria, en la que aquellos mamíferos existían también en otros parajes.

De la multitud de hechos reunidos por los naturalistas se deduce que cada especie se originó en un país determinado, del cual se difundió por otras comarcas, emigrando a veces a regiones muy lejanas, hasta donde encontró un obstáculo o una barrera infranqueable. Aplicando estos hechos a las dos Américas, que actualmente están unidas, hay que admitir que en otros tiempos debieron estar separadas y, por consiguiente, sus respectivas faunas y floras evolucionaron independientemente, lo que explica las diferencias radicales que existen en los seres vivos que las habitan.

Volviendo a la fauna de las islas de los Galápagos, diremos que, aparte de las aves marinas que pueden salvar las porciones de más que separan las islas del Archipiélago entre sí y éste del Continente, la mayor parte de las otras aves, los reptiles y hasta las plantas, pertenecen en su mayor parte a especies peculiares, de facies americana, teniendo en el continente próximo sus formas más afines. Cada una de las islas principales tiene sus especies típicas, pero pertenecientes casi siempre a los mismos géneros o a géneros próximos que las que habitan en las otras islas del Archipiélago.

Según la opinión de Darwin, la más satisfactoria de las emitidas hasta el presente, la llegada al archipiélago de un ave o un reptil es acontecimiento extraordinario; pero al ocurrir de un modo fortuito, el animal queda separado de los de su especie, y su descendencia evoluciona de un modo independiente hasta producir una forma nueva. Se comprende que repetido el fenómeno en menor escala entre las restantes islas del archipiélago, dada su mayor proximidad, cada una de ellas fué el centro de formación de variedades, razas y, por último, especies, dando lugar al estado actual.

El hecho de las islas de los Galápagos se ve repetido en Cabo Verde y otros archipiélagos, y en las islas o archipiélagos como Santa Elena y Hawai, muy alejados del continente, casi todas sus aves y reptiles son peculiares, y tan modificados, que es difícil encontrar sus relaciones con las que pueblan otros parajes.

Las reacciones de la sangre.—Los experimentos interesantísimos de Nutall y otros investigadores sobre las reacciones de la sangre y otros humores orgánicos, han venido a completar y confirmar muchas de las anteriores pruebas. El método de precipitación es tal vez el más interesante y demostrativo.

No obstante las diferencias químicas que existen entre la sangre de los distintos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

animales, éstas son difíciles de poner en evidencia mediante el simple análisis; el método de precipitación acusa claramente su diversidad.

La sangre humana extraída del cuerpo se coagula rápidamente, produciendo poco después un líquido ligeramente amarillento, que es el suero. Si este suero se inyecta en pequeñas cantidades en la sangre de un conejo, se forman en ésta unas sustancias peculiares, de composición no bien conocida, que se las ha denominado anticuerpos, en virtud de cuya acción adquiere el suero sanguíneo de este animal la propiedad de precipitar la sangre humana.

El suero del conejo así preparado se denomina suero antihumano, siendo un reactivo sumamente sensible que inmediatamente acusa la presencia de sangre humana, aunque ésta esté formando parte de manchas antiguas desecadas.

Las manchas de sangre se diluyen en agua con un poco de sal común y después se filtra el líquido obtenido hasta que quede perfectamente transparente; si ahora se agregan unas gotas de suero antihumano, se produce un precipitado blanquecino.

Estas reacciones se han utilizado también para demostrar el grado de parentesco entre los diferentes animales. De este modo, Nutall ha logrado precipitar con el suero antihumano la sangre de los monos antropomorfos, en menor proporción la de los restantes simios y sólo débilmente la de otros muchos mamíferos.

Nutall prosiguió estos trabajos con Graham-Smith, extendiéndolos a gran número de animales mediante distintos y adecuados antisueros. Sus conclusiones son las siguientes:

«1.ª Si se emplean disoluciones suficientemente concentradas y se da el tiempo bastante, se evidencia la relación entre las sangres de todos los mamíferos.

2.ª Los grados de relación del hombre, los monos antropomorfos y los demás monos son los que más arriba se han indicado (es decir, los que admiten todos los naturalistas que opinan que la especie humana tiene más afinidades con los antropomorfos que con los restantes monos).

3.ª Los sueros anticarnívoros muestran preponderancia de reacciones intensas con la sangre de carnívoros, como distintas de las de los otros mamíferos; las reacciones mayores, comúnmente, tienen efecto entre las formas más afines, en el sentido de la Zoología descriptiva.

4.ª El suero anticerdo da las reacciones máximas sólo con sangres de otras especies de la misma familia; reacciones medianas con las de rumiantes y reacciones medianas o débiles con la de los cetáceos. El suero antillama da una reacción mediana con la sangre del camello, y aparece claramente demostrado el próximo parentesco entre la familia de los ciervos y la gran legión de los antílopes, carneros, cabras y toros.

5.ª El suero antiballena da sus reacciones máximas sólo con las sangres de otros cetáceos, y reacciones débiles con la de los cerdos y rumiantes.

6.ª Entre los marsupiales—exceptuando el tilacino o lobo marsupial—se demuestra que existe un próximo parentesco.

7.ª El suero antitortuga da sus mayores reacciones sólo con las sangres de las tortugas y cocodrilos; con las de los saurios y ofidios los resultados son casi negativos. Con la albúmina de los huevos de los reptiles y aves da una reacción débil.

8.ª El suero antilagarto produce resultados máximos con las sangres de los otros saurios, y reacciona bien con la de los ofidios.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

9.ª Estos experimentos indican que existe un parentesco próximo entre los saurios y los ofidios, por una parte, y entre las tortugas y los cocodrilos, por otra. También indican que las aves son más afines del grupo de las tortugas y cocodrilos que del grupo de los saurios y ofidios, resultados para los que estábamos ya preparados por los estudios paleontológicos.

10.ª Para la gallina y el avestruz se hicieron reacciones de antisueros con 792 y 649 sangres, respectivamente. Demostraron una semejanza en la constitución de la sangre de todas las aves, que formó vivo contraste con lo que se había observado en las sangres de los mamíferos al obrar sobre ellas sueros antimamíferos. Se observaron diferencias de grado; pero no permitieron sacar conclusión alguna.

11.ª He llamado ya la atención sobre el hecho de que la embriología indica que el *Límulus*, tan enigmático, está relacionado, más bien que con los crustáceos marinos, con las arañas y escorpiones, que son de respiración aérea. Es de excepcional interés saber que los resultados de las reacciones sanguíneas apoyan a la embriología.» (*).

FORMACIÓN DE ESPECIES SINTÉTICAS POR HIBRIDACIÓN (**).—Al cruzarse dos especies distintas se producen híbridos, que casi siempre tienen caracteres intermedios entre las especies cruzadas. Estos híbridos pueden ser estériles o fecundos, y en este último caso su descendencia presenta individuos muy variables y de caracteres muy poco constantes; unos se parecen al híbrido, otros a cada una de las especies progenitoras y, aun a veces, otras presentan caracteres que no se han observado ni en las especies cruzadas ni en las restantes del género al que pertenecen.

En experimentos recientes se ha conseguido algunos casos en los que parece haberse obtenido alguna especie nueva, con caracteres fijos que se perpetúan por herencia de un modo constante por cruzamiento de dos especies diferentes, y se ha determinado de un modo exacto la constitución citológica, cuyo contenido cromosómico explica dicha fijeza.

Clausen y Goodspeed, cruzando el tabaco *(Nicotiana tabacum)* y la *Nicotiana glutinosa*, obtuvieron, en una ocasión, un híbrido fértil, cuyas flores, fecundadas con su propio polen, produjeron frutos y semillas que, sembrados, dieron origen a 65 plantas semejantes en un todo al híbrido primeramente logrado. Este híbrido de caracteres constantes se ha bautizado con el nombre de *Nicotiana digluta*, el cual presenta un número de cromosomas (72) igual al doble de la suma de los del tabaco (24), más los de la *N. glutinosa* (12) (tabaco 24 + *N. glutinosa* 12 = 36).

De un modo análogo se ha obtenido la *Primula Kewensis* por la hibridación entre *Primula floribunda* y *Primula verticillata*. El híbrido primitivo, que era estéril, dió, sin embargo, una rama fértil, de la que se han derivado los individuos de la forma híbrida estable con 36 cromosomas, o sea con el duplo de la suma de las correspondientes a las especies cruzadas ([*floribunda* = 9 + *verticillata* = 9] = 18).

(*) Estas conclusiones de Nutall y Graham-Smith están tomadas del libro de Willian B. Scott *La teoría de la evolución y las pruebas en que se funda*. Traducción de A. Zulueta. Posteriormente se han realizado experimentos más concluyentes aún: pero bastando a nuestro propósito exponer el fundamento de los fenómenos biológicos, nos limitamos a señalar estos experimentos, ya clásicos en el campo de la biología.

(**) Respecto a este asunto nos limitamos a extractar el artículo de A. de Zulueta, *La formación de especies por hibridación*, publicado en *Conferencias y Reseñas científicas*, de la R. Sociedad de Historia Natural, tomo III, números 1-2, julio 1928

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Últimamente Karpetschenko, del cruzamiento del rábano *(Raphanus sativus)* y la berza *(Brassica oleracea)* ha originado en ocasiones híbridos fecundos, en los que también se duplican los cromosomas, de caracteres constantes y de difícil cruzamiento con las especies originarias, por lo que se puede considerar como pertenecientes a una especie nueva.

La formación por hibridación de especies con caracteres fijos por herencia y fecundas es un hecho poco frecuente, pero observado perfectamente, aunque de un modo cierto, sólo en las plantas.

Principales teorías evolucionistas.—Varias han sido las teorías que han tratado de interpretar la evolución. Las hipótesis de Lamarck y Darwin son indudablemente las primeras que han abordado el problema en toda su amplitud. Desde Darwin a nuestros días son varias las nuevas interpretaciones o las modificaciones que se han introducido a las concepciones de aquellos autores.

Criterio de Lamarck.—Juan Bautista Monnet, caballero de Lamarck, nació en 1744, en un pueblecillo de Picardía. Después de una vida azarosa se dedicó al estudio de la Botánica, que abandonó en 1795, cuando, al organizar Lakanal el Jardín de Plantas, se encargó de la Cátedra de invertebrados. Lamarck, que hasta entonces no se había ocupado de Zoología, emprendió con entusiasmo este interesante estudio, publicando en 1801 su *Histoire Naturelle des animaux sans vértebres*, y en 1809 su *Filosofía Zoológica*, en la que se desarrolla su teoría. Sus ideas no solamente no fueron aceptadas por los naturalistas de su tiempo, sino que fueron objeto de las críticas más despiadadas. En los últimos años de su vida quedó casi ciego y olvidado hasta su muerte, acaecida el año 1829.

Para Lamarck, las causas de variación están en el medio ambiente, el cual, al modificarse, determina nuevos hábitos, nuevas necesidades y nuevas costumbres; «no son los órganos, es decir, la naturaleza y la forma de las partes del cuerpo de un animal, los que determinan en éstos sus hábitos y sus facultades particulares; son, por el contrario, sus hábitos, su género de vida y las circunstancias en que los individuos se encuentran de las que proviene la forma de su cuerpo y el número, disposición y estado de sus órganos». En la frase «la función crea el órgano», que tan combatida fué por sus contemporáneos, está condensada su interpretación de la arquitectura de los organismos.

Cuando las condiciones del medio se alteran, se crean necesidades a las que los seres tienen que atender, poniendo en juego órganos que antes no eran tan activos y disminuyendo la actividad de otros que antes tuvieron una importante misión.

Esta es la causa de su modificación, ya que el uso les fortifica y desarrolla considerablemente, al paso que su falta de actividad, su desuso, determina su atrofia y hasta su desaparición si llegan a ser inútiles.

Punto fundamental de la teoría lamarckiana es la creencia de que estas modificaciones así adquiridas son transmitidas por herencia a las siguientes generaciones, en las que, además, se van acentuando siempre que las condiciones del medio persistan.

Algunos ejemplos tomados del mismo Lamarck aclaran estos conceptos. Las aves acuáticas, impulsadas por la necesidad de buscar su presa, se lanzan al agua y nadan separando cuanto les es posible la piel que une en la base los dedos de sus patas. Este

Instituto San Isidro de Madrid 2008

hábito determina la formación de membranas interdigitales incipientes, que poco a poco se van desarrollando; cada nueva conquista en este sentido se va fijando por herencia, y al cabo de un número mayor o menor de generaciones el nuevo órgano forma parte esencial de aquellas aves que han tomado ya los rasgos de una Palmípeda.

Las serpientes, habituadas a caminar arrastrándose, dieron en no usar sus patas, que, al ser inútiles, perdieron su vigor y se debilitaron hasta desaparecer totalmente. La costumbre de deslizarse por lugares angostos, hizo que su cuerpo se alargase considerablemente y presentase aproximadamente el mismo diámetro en toda su longitud.

La influencia de este gran naturalista entre sus contemporáneos, fué casi nula. Varias razones contribuyeron a ello: la originalidad de sus puntos de vista, que chocaban rudamente con los casi universalmente admitidos entonces en el mundo científico, y muchas faltas de rigor científico que en sus obras se deslizan. Sus obras, de admirable concepción, ofrecen lamentables lagunas, que fueron la brecha que aprovecharon sus enemigos para desacreditar sus teorías; más de un ejemplo de ingenua puerilidad fué objeto de la burla y el ridículo por sus contemporáneos.

El nombre de Lamarck no adquiere el merecido prestigio científico a que es deudor, hasta que las ideas de Darwin se abren paso y los naturalistas vuelven su atención a las ideas de los naturalistas que sustentaron un criterio evolucionista.

Teorías de Darwin.—Carlos Roberto Darwin, genial naturalista inglés, nació en Schrewsbury, en 1809. Siendo muy joven, emprendió un viaje alrededor del mundo a bordo del *Beagle*, que influyó extraordinariamente en sus ideas científicas, por el gran número de datos y observaciones que pudo reunir. Su salud precaria le hizo retirarse a la aldea de Down, en la que prosiguió tenazmente sus notabilísimos trabajos. El 24 de noviembre de 1859 dió a la luz su libro famoso titulado *El origen de las especies*, traducido a todos los idiomas. Fué tal la expectación despertada por este libro famoso, que la primera edición se agotó el mismo día que fué puesta a la venta.

En apoyo de sus ideas escribió en 1868 su libró *Variaciones de las plantas de los animales en el estado doméstico*, y en 1871, *El origen del hombre*, en el que se aplican sus principios evolucionistas a la especie humana. Murió Darwin en 1882, a los setenta y cuatro años de edad y, contrariamente a lo que le sucedió a Lamarck, en medio de la estimación y admiración de los hombres de ciencia de su tiempo.

Darwin parte del hecho evidente de que los individuos de una misma especie son diferentes unos de otros en virtud de una tendencia innata hacia la variación. Para Darwin, la variación aparece de un modo espontáneo y casual, sin que conozcamos los factores o agentes que la determinan.

Darwin al mismo tiempo puso exquisita atención en el método empleado por aquel entonces por ganaderos y agricultores para obtener determinadas variedades en virtud de una estricta y escrupulosa selección, pretendió que este factor evolutivo actuaba de un modo natural en los seres no sometidos a domesticidad. Preocupado con encontrar el agente que sustituye en la naturaleza al ganadero o al agricultor consciente que realiza la selección, leyó el libro de Malthus acerca de la población del Globo, en el que habla del incremento de la humanidad en progresión geométrica, lo que determina una concurrencia cada vez mayor y una dificultad progresiva de vida, ya que los recursos naturales no crecen en igual proporción. Esta lectura sugirió a Darwin la idea

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de la lucha por la existencia, drama intenso y universal, en el que tan sólo los más vigorosos, los más privilegiados o los mejor dotados, en relación con la forma en que la pelea se deslice, son los que tienen mayores probabilidades de subsistir y perpetuarse, acentuando así el carácter o el rasgo favorable en la descendencia, en la que a su vez sobrevivirían aquellos en que éste estuviera más acusado. La lucha por la existencia determina la supervivencia del más apto, como decía Spencer, produciéndose así lo que él llamó *selección natural*, la cual obrando ciegamente elimina aquellos individuos que exhiben una variación perjudicial o inútil.

Darwin cree que la acción de la selección natural es sumamente lenta, ya que ésta ha de actuar sobre variaciones individuales poco acentuadas.

Además de la selección natural y de la lucha por la existencia, Darwin admite una cierta influencia de las condiciones exteriores, como son el clima, el alimento y hasta determinados hábitos, y no niega la herencia de los caracteres adquiridos, aunque no le atribuye el papel importante que Lamarck le concedía.

Teorías post-darwinianas.—Neolamarckistas y neodarwinistas.—Después del intenso período de lucha entre creacionistas y evolucionistas en defensa de sus respectivos puntos de vista, los estudios acerca de la evolución son objeto de múltiples investigaciones por un gran número de biólogos, los cuales, como es consiguiente, sustentan muy diferentes criterios.

Las diversas teorías actuales pueden agruparse en dos escuelas: la neolamarckista y la neodarwinista.

Los neolamarckistas exageran hasta el límite las condiciones del ambiente en la génesis de las especies, haciendo intervenir, además del uso y desuso de los órganos, otros agentes, que han denominado morfogénicos, tales como el clima, la naturaleza del alimento, salinidad en los animales acuáticos, etc. Estos autores suponen que las modificaciones que estos agentes imprimen en los elementos del soma son transmitidos por el medio interno hasta el germen, en el cual ejercen su decisiva influencia. Para ellos la variación, que procede del medio, se fija en el soma por vía centrípeta. Admiten, por tanto, la herencia de los caracteres adquiridos, negando toda preformación germinal (*).

Un gran número de biólogos franceses, como Giard, Delage, Le Dantec, Rabaud y Perrier, siguen la tradición lamarckiana con las modificaciones que los neolamarckistas han introducido. Uno de ellos, el ilustre Delage, sintetiza su punto de vista en la siguiente frase: «Los caracteres no están preformados en las células germinales, como no está preformada en la nube la aptitud del agua de correr, o de precipitarse en cascada, o de mover una rueda, etc.; los accidentes externos encauzan y determinan la actividad del agua al modo como las condiciones del medio ambiente originan las modificaciones y los nuevos caracteres de los organismos.»

Los neodarwinistas eliminan de la teoría de Darwin aquellas sugestiones lamarckianas aceptadas por este naturalista. La expresión más moderna de esta escuela es el *mutacionismo*, iniciado por Hugo De Vries y seguido hoy día por la mayoría de los biólogos.

(*) En páginas anteriores (pág. 145) hemos visto lo que hoy se piensa entre los hombres de ciencia respecto a este problema.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La mutación o variación brusca; la fluctuación.—Los naturalistas del siglo XIX siguen aferrados a la idea de que las variaciones en los caracteres de los organismos siguen siempre una marcha gradual y lenta. El «*Natura non facit saltum*» era para ellos un verdadero dogma científico, del que ni por un instante dudaban. En las actuales hipótesis evolucionistas ha tenido gran resonancia el descubrimiento de la variación discontinua y brusca, «*per saltum*», de los caracteres orgánicos. Es caso curioso que Darwin conocía ya algunos casos de variación discontínua, no concediendo a estos hechos más importancia que el de casos de excepción, verdaderos «*juegos de la naturaleza*», que bautizó con el expresivo nombre de *sports*, que él creía sin eficacia para originar nuevas formas o nuevas especies.

Algunos naturalistas observaron cómo las aparentes anomalías son más frecuentes y de mayor generalidad de lo que en un principio se creyó; las noticias de cambios repentinos presentados en algunos seres fueron cada vez más numerosas, surgiendo la sospecha entre los biólogos de la posible importancia de las modificaciones discontinuas en la formación de las especies. Bateson, en 1894, en su libro *Material for the Study of variation*, recopila un número considerable de anomalías o anormalidades, alteraciones morfológicas y verdaderas monstruosidades, indicando por primera vez la posibilidad de que la transformación repentina tenga un papel preponderante en la descendencia de las especies.

Estos conceptos no tuvieron, sin embargo, resonancia en aquel entonces entre los biólogos y no se abren camino hasta que los experimentos de Hugo De Vries en la *Œnothera Lamarkiana* permiten a este ilustre botánico erigir en sistema científico su teoría de las mutaciones, aceptada con entusiasmo por los biólogos, especialmente por os neodarwinistas, que quieren ver en la variación un producto de una causa interna.

Muchos casos de mutación han sido registrados desde el final del siglo XVII, pero sin que los naturalistas pararan su atención en tan interesante fenómeno. El canario amarillo apareció bruscamente entre 1677 y 1713 en descendientes de canarios procedentes de las islas Canarias y Madera que habían sido introducidos en Europa en el siglo XVI. En 1766, Duchesne registra en su *Histoire Naturelle du fraisier* una planta de fresa con un solo foliolo, en vez de los tres típicos (*). El naturalista español Azara señaló en 1770 unos toros sin cuernos en el Paraguay que daban una descendencia también sin cuernos; también a un español, al botánico Lagasca, se deben algunas noticias acerca de las mutaciones en los vegetales; a principios del siglo XIX, Lagasca visitó un campo de cultivo de trigo en Jean Le Couter, que este agricultor estimaba como de una variedad pura y uniforme, encontrando hasta veintitrés formas diferentes de esta planta. Y así una infinidad de casos, como el gallo japonés de cola larga, la raza de Rioukin de peces de colores, hasta los casos clásicos de la *Œnothera* descritos por De Vries. Este biólogo encontró cerca de Amsterdam, en Hilversum, una planta del género *Œnothera*, la *Œnothera Lamarckiana*, de origen americano *(fig. 131)*, la cual en sus cultivos en el Jardín Botánico de aquella población ha dado lugar hasta unas quince mutaciones, que difieren por las formas de sus flores y de sus hojas *(fig. 132)* y cuyas células germinales tienen un número de cromosomas distinto que el normal.

Morgan, estudiando la herencia de una mosca, la *Drosophila melanogaster*, descu-

(*) Como caso curioso diremos que este autor fué el primero que utilizó la palabra *mutación*, que después ha sido empleada por De Vries y otros biólogos modernos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

brió en este Díptero innumerables mutaciones, que actualmente pasan de 300. Algunas de ellas son tan importantes como la que se caracteriza por la carencia de los ojos, o por tener las alas atrofiadas o rudimentarias, presentar un segmento mesotorácico suplementario, o por la forma peculiar de los ojos *(figuras. 133 a 136)*.

Claro está que la mutación no excluye la variación continua y gradual, a la que los biólogos actuales han aplicado el nombre de *fluctuación*. Estas son aquellas variaciones que habitualmente observamos en los distintos seres, tales como la talla, el peso, etc., con las que podemos establecer una seriación continua y gradual entre dos términos extremos. Los términos extremos de esta



Fig. 131.—Extremo de una planta, con flores y frutos, de *Œnotera Lamarckiana*.

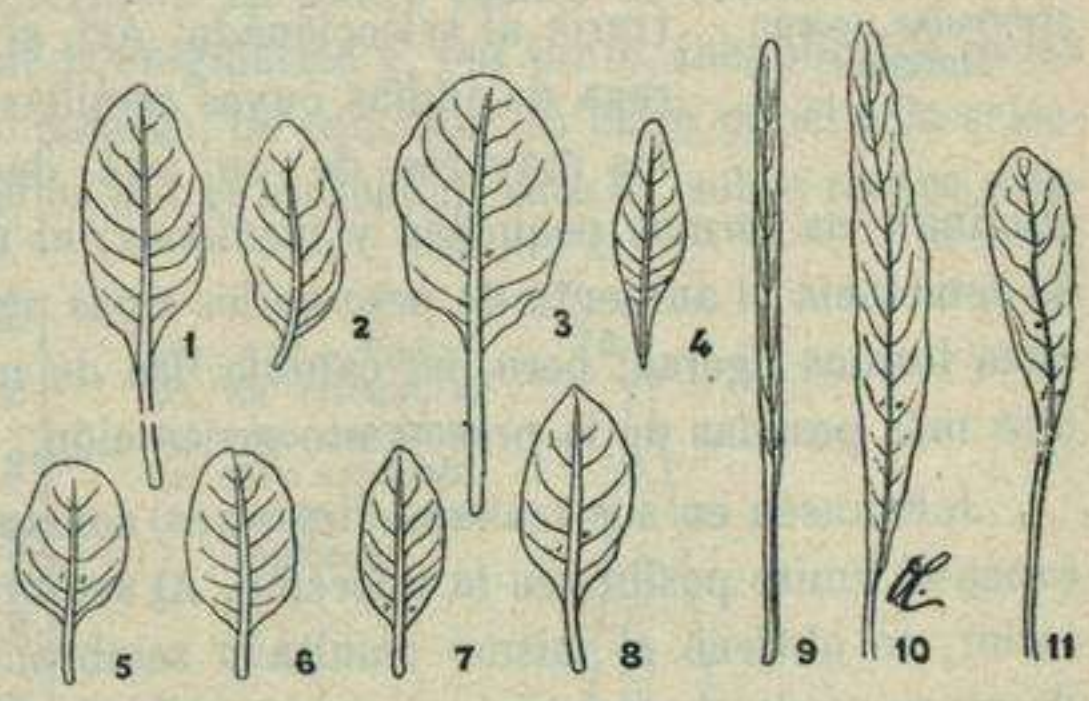


Fig. 132.—1, hojas de *Œnothera Lamarckiana* y de varias especies derivadas de ella por mutación; *2, nanella;* 3, *gigas;* 4, *rubrinervis;* 5, *albida;* 6, *lata;* 7, *scintillans;* 8, *oblonga;* 9, *sublinearis;* 10, *elliptica;* 11, *spatulata.* (Imit. H. De Vries.)

oscilación orgánica se nos aparecerían como individuos de formas independientes, si la serie intermedia no nos indicase el nexo entre ellas.

Esta variación es la única a que Lamarck y Darwin le concedían importancia

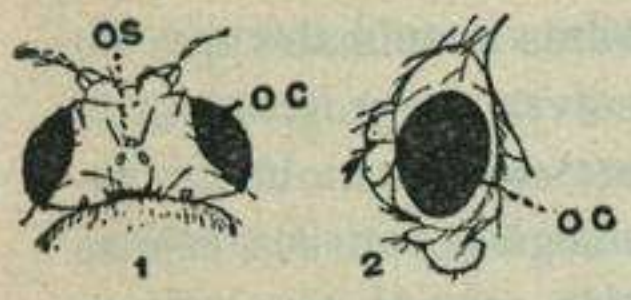


Fig. 133.

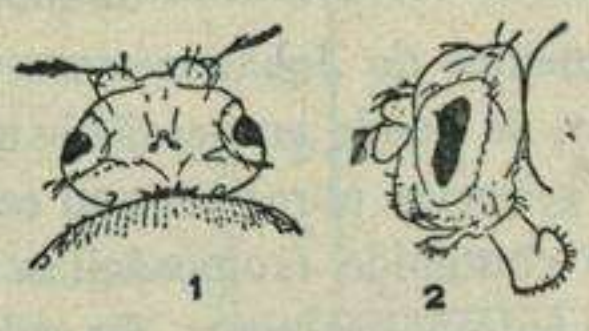


Fig. 134.

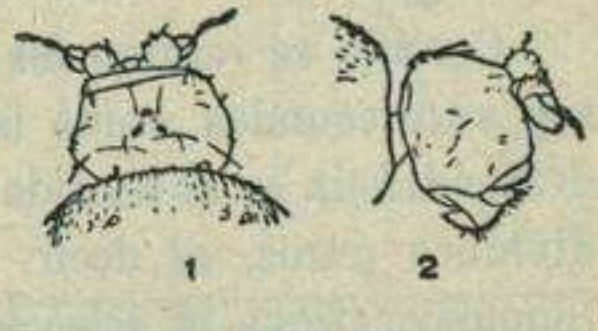


Fig. 135.

Mutaciones de *Drosophila melanogaster* (según Morgan).

Fig. 133.—1, cabeza vista por su parte postero-superior; O S, ojos sencillos; O C, ojos compuestos normales.—2, la misma, vista lateralmente.

Fig. 134.—Cabeza de otro individuo con la mutación llamada *barra*, por la forma de los ojos compuestos.—1, vista postero-superior; 2, vista lateral.—En ambas posiciones puede apreciarse la línea de contorno del ojo normal.

Fig. 135.—Cabeza de la mutación, *sin ojos*, vista por su parte postero-superior, 1, y lateral, 2.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en sus respectivas teorías, no pensando ni por un momento que las modificaciones bruscas pudieran tener eficacia en la formación de nuevas especies.



Fig. 136.—Mutación de *Drosophila* con las alas atrofiadas (según Morgan.)

Una cuestión de enorme importancia para interpretar el fenómeno de variabilidad y su significación en la evolución, es el comportamiento de la fluctuación y el de la mutación ante la herencia.

Las fluctuaciones conservan en la descendencia su carácter oscilante, heredándose la tendencia a la variabilidad, sin que la selección pueda ejercer acción alguna depuradora. Las experiencias de Mac Dovell sobre *Drosophila*, las del Laboratorio Agrícola de Svalöff sobre cereales, y muy principalmente las de Johannsen en distintos vegetales, especialmente en judías, en que han intentado estudiar el papel de la selección sobre la fluctuación, demuestran que la selección es ineficaz y su acción no permite rebasar los límites de la variabilidad, conservándose, además, las modificaciones extremas, y sin que sean eliminados los individuos de tipo orgánico contrario al seleccionado. Así, si se pretende obtener, por ejemplo, una raza de judías cuyas semillas se desea que sean de mayor peso que las mayores de un lote dado mediante selección, no por ello se eliminan las formas pequeñas y medianas; el único resultado positivo es una marcada tendencia al aumento de peso en los tipos medios, sin que por ello dejen de producirse formas ligeras; pero, en cambio, las de mayor peso no sobrepasan el de las judías más pesadas de la precedente generación.

Johannsen en sus trabajos llega a la conclusión de que en el primer intento se alcanza el límite posible en la selección. Al sembrar las judías hijas del experimento anterior, se obtiene el mismo resultado sembrando cualquiera de ellas, aunque sea la de mayor o la de menor peso, ya que la descendencia en todas ellas produce judías que oscilan alrededor del mismo término medio. Igual se observa en las sucesivas generaciones si prolongamos el experimento, aunque se realice una escrupulosa selección de las judías más grandes o las más pequeñas. Los biólogos siguen aceptando la explicación de Johannsen, el cual admite que todas las judías que descienden de una sola semilla constituyen una *línea pura;* es decir, que todas ellas ofrecen el mismo contenido cromosómico hereditario, y al elegir una grande o una pequeña se escogen realmente semillas hereditariamente idénticas, cuyo peso depende de circunstancias de ambiente, caracteres realmente adquiridos, no transmisibles por herencia a la progenie.

Cuando se repiten los experimentos de Johannsen con plantas o animales que no son autofecundas, como las judías, se puede en ocasiones observar un progreso en la descendencia en el sentido que la selección obre; pero en cuanto se llega a obtener individuos puros, es decir, con un contenido cromosómico homogéneo en sus células (homozigóticos), la selección cesa automáticamente. La selección, en resumen, parece un mecanismo biológico harto delicado para obrar positivamente sobre las ligeras variaciones que la fluctuación le ofrece.

La mutación, por el contrario, obedece a las leyes mendelianas de la herencia, conservándose inmutable el nuevo tipo originado. Nilson, en el Laboratorio Svalöff, ha obtenido razas de plantas agrícolas, procedentes de mutación, en que el tanto por

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ciento de variación es escasísimo, muy inferior al obtenido en razas seleccionadas, lo que ha inducido a este autor al abandono de los procedimientos de selección antes empleados en el mencionado Laboratorio Agrícola.

La fluctuación se comporta ante la herencia como un sistema mecánico oscilante alrededor de un punto de equilibrio, en tanto que la mutación tiene la significación de una nueva e insospechada posición estable de equilibrio.

Resumiendo el punto de vista actual de los biólogos que siguen esta corriente, la mutación se produce rica y variada, muchas veces monstruosa, siendo la selección la encargada de eliminar aquellas formas inadecuadas o defectuosas para la vida. No es, para estos naturalistas, el medio el que dibuja y modela el organismo; es una misteriosa y desconocida causa interna modificadora, la cual actúa tal vez alterando la naturaleza y número de los cromosomas de sus células, la cual produce multitud de modelos orgánicos, que lanza al comercio de la vida, encargándose la selección de aceptar aquellos que respondan a las necesidades y condiciones físicas y químicas del medio en el cual han de desplegar su vital actividad. El punto oscuro de esta teoría, como en la de Darwin, está en la naturaleza de la enigmática y, por tanto, inexplicable causa de la variación, teniendo la ventaja, en cambio, de conceder un claro papel a la selección, que actúa sobre caracteres originados por la mutación; esto es, sobre rasgos marcadamente acusados y fácilmente seleccionables y no sobre las pequeñas, insignificantes y desdibujadas fluctuaciones darwinianas.

La fluctuación y los polígonos y curvas de frecuencia.—La variación continua puede expresarse gráficamente por las curvas de frecuencia obtenidas, clasificando los distintos individuos en diferentes clases en atención a la intensidad o grado con que en ellos se presenta tal o cual carácter, o por los polígonos de variación cuando el número de observaciones es relativamente pequeño. Así en la *fig. 137*, debida al ingeniero español don Ramón Blanco, se estudian las variaciones de peso del fruto de los olivos de la variedad arbequina. Sobre la línea horizontal se disponen sucesivamente los pesos expresados en centigramos: estas son las *clases;* sobre esta línea se trazan perpendiculares proporcionales al número de individuos que presentan determinado peso, y uniendo estos puntos se obtiene el polígono.

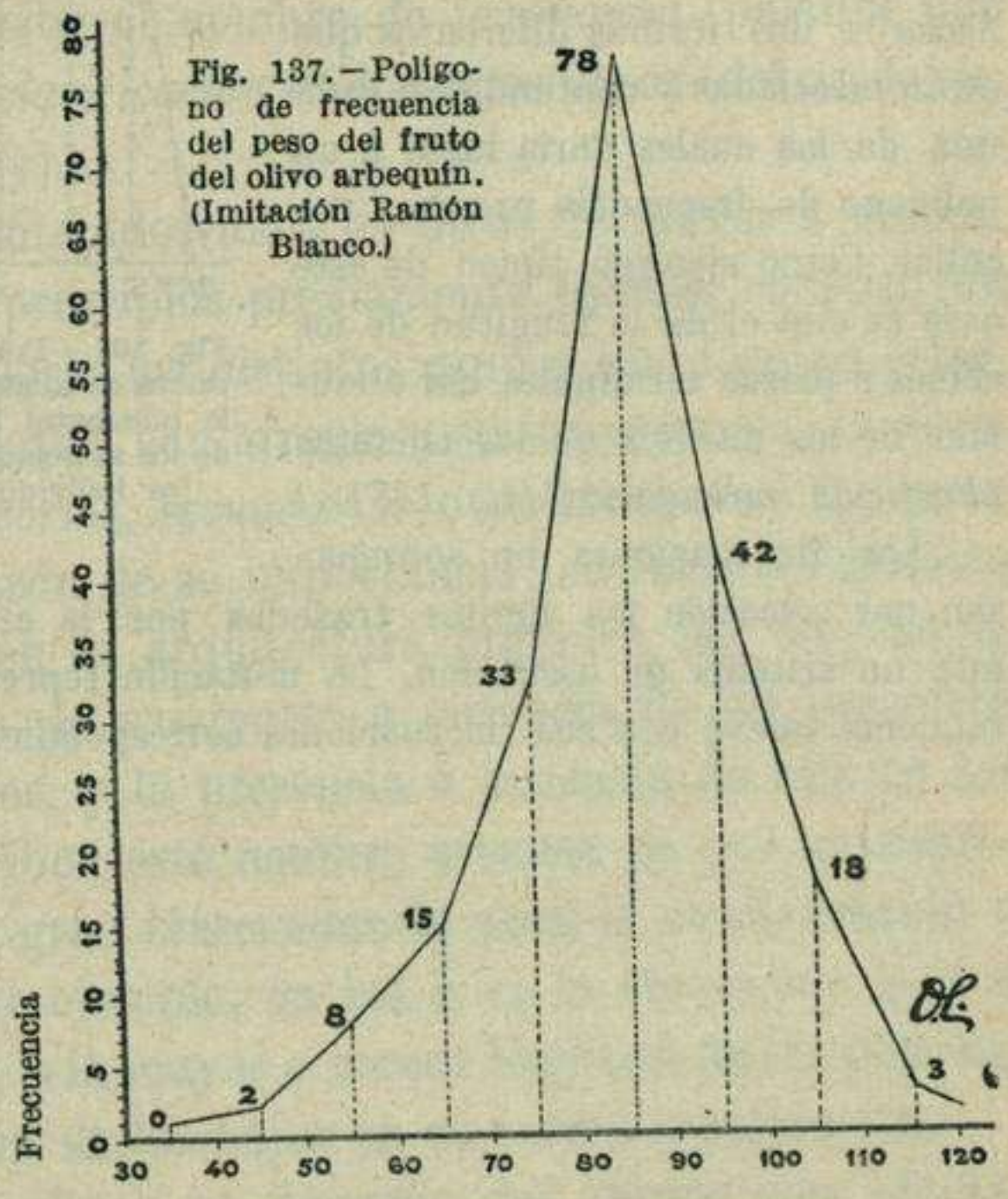


Fig. 137.—Polígono de frecuencia del peso del fruto del olivo arbequín. (Imitación Ramón Blanco.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El polígono de frecuencia, cuando se trata de una línea pura. es simétrico con relación al máximum de frecuencia, lo que nos indica que el máximum coincide con la media.

Los polígonos de frecuencia tienden y se corresponden con una *curva* llamada *binomial*, es decir, una curva que crece rápidamente al principio, para alcanzar un máximum y decrecer de un modo simétrico a como antes creció. Esta curva se llama binomial, por corresponder al desarrollo del binomio $(a + b)^n$. Esta curva es simplemente una curva de probabilidades.

Cuando los polígonos de frecuencia no son simétricos, indica que no existe coincidencia entre el máximum obtenido y el término medio entre las oscilaciones extremas. Esto puede ser un indicio que nos revela que el material con que se opera no corresponde a una línea pura.

En algunos casos, el polígono de variación presenta dos máximos de frecuencia, lo que nos demuestra que los individuos observados pertenecen a dos formas diferentes que están mezcladas y confundidas, cada una de las cuales daría lugar a un polígono de frecuencia propia y peculiar. Como ejemplo típico de este caso se cita el de la longitud de los cercos o piezas terminales del abdomen de los machos de las tijeretas *(Forficula auricularia) (fig. 138)*.

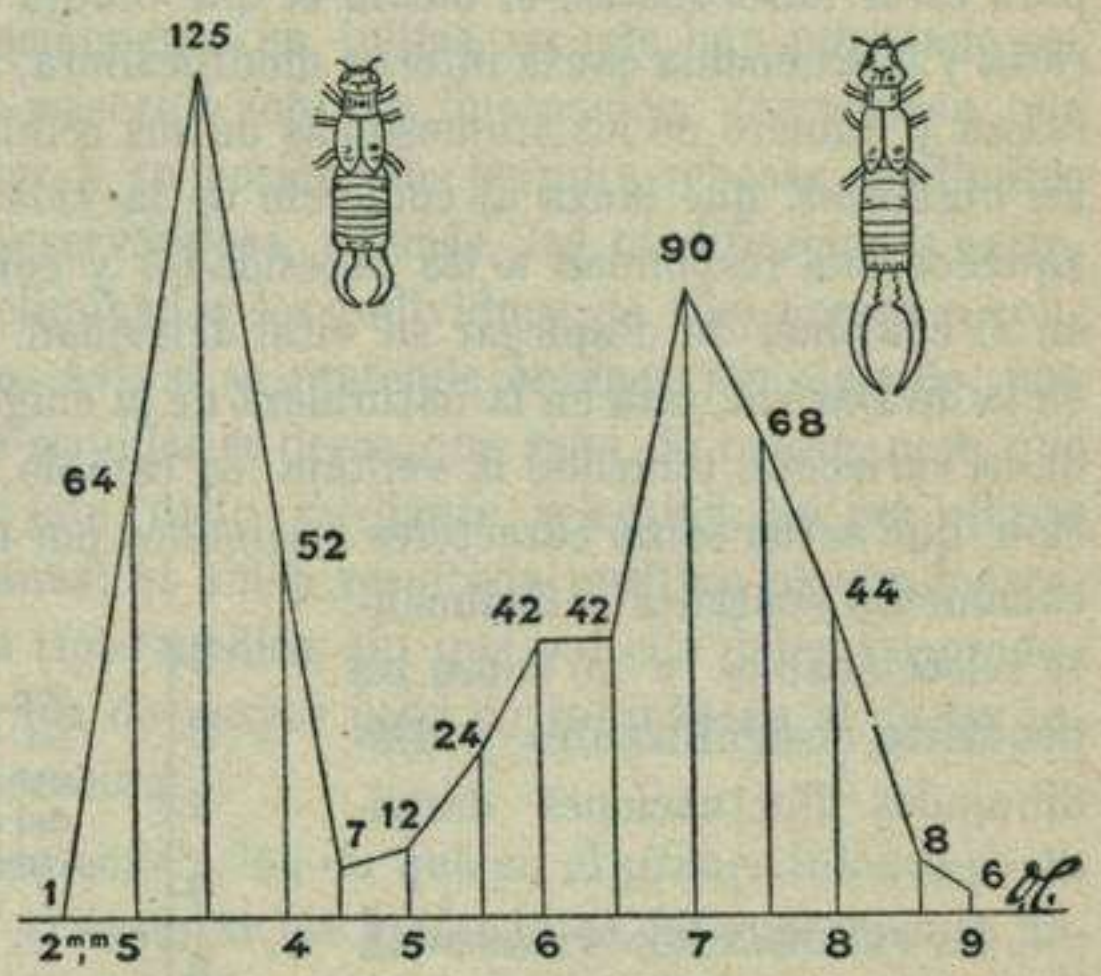


Fig. 138.—Polígono de frecuencia de la longitud de los cercos abdominales de 585 *Forficula* ♂. Los números de la horizontal indican las longitudes o clases en mm.; los de los extremos de las ordenadas indican la frecuencia de los individuos de cada clase. (Imitación Bateson.)

Las fluctuaciones no sobrepasan por selección los límites trazados por la curva de frecuencia, representando ésta un sistema de oscilación. La mutación representa un sistema de oscilación totalmente nuevo con sus fluctuaciones correspondientes.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TAXONOMÍA BIOLÓGICA

Taxonomía.—Importancia y subordinación de los caracteres.—Como el número de animales y vegetales que existe es considerable, y como además presentan entre sí gran diversidad de formas, ha sido imprescindible *clasificarlos*, es decir, *diferenciarlos* unos de otros y ordenarlos con arreglo a los caracteres o particularidades que presentan y constituyendo agrupaciones con aquellos que más se parecen entre sí. Esta parte de la Biología recibe el nombre de *taxonomía*, palabra que equivale a decir *ordenación* o *clasificación* de los seres vivos (del gr. *taxis*, *taxeos*, ordenación; *nomos*, ley).

El conjunto de *grupos*, contenidos unos en otros de mayor a menor, y establecidos con arreglo a principios previamente fijados, constituyen las *clasificaciones*. Para establecer los distintos grupos que forman éstas, se utilizan diversos caracteres que, con arreglo a su importancia, se dicen *esenciales* o *primarios* y *accesorios*, *secundarios* o *subordinados:* los *esenciales* se denominan así en razón de su importancia; su falta o variación acarrearía grandes cambios en la arquitectura orgánica del ser, como, por ejemplo, en los animales, la existencia o ausencia de un esqueleto interior constituído por huesos, y la presencia o ausencia de raíz en los vegetales; los *secundarios* reciben este nombre a causa de que su supresión o modificación no es de gran trascendencia para la configuración o estructura del ser, como, por ejemplo, en las aves la coloración más o menos intensa de su plumaje, o la mayor o menor longitud de las plumas, y en los vegetales la variación de las hojas en su forma o coloración.

La importancia de un carácter no depende del órgano que afecta, sino de su constancia; así, en los insectos el número de patas es consr tante, suministrando un carácter fundamental, no obstante de afectaa los órganos locomotores, menos importantes en la actividad del ser

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que el sistema nervioso o los órganos visuales, que por su gran variabilidad sólo suministran caracteres secundarios.

CLASIFICACIONES ARTIFICIALES.—CLASIFICACIÓN NATURAL.—En los albores de la Historia Natural, los naturalistas hacían las clasificaciones eligiendo uno o varios caracteres cualesquiera, tomados al capricho del autor, para que sirvieran de base a las mismas; por ejemplo, en Zoología la distinta utilidad o perjuicio que los animales reportan al hombre, la existencia o carencia de sangre, la temperatura, etc., y en Botánica el número de estambres o de pistilos. Estas clasificaciones así formadas reciben el nombre de *sistemas* o *clasificaciones artificiales*, porque su objeto no es otro que el de *ordenar* los animales formando una especie de *catálogo* práctico o que permita encontrar fácilmente el nombre de un animal o de un vegetal ya descrito. Se comprende que el número de estas clasificaciones puede ser infinito.

Mas dichas clasificaciones han sido relegadas a un lugar secundario, porque con ellas *no hay posibilidad de descubrir las analogías* que existen entre todos los animales y vegetales más que en el carácter o caracteres que han servido para establecer la clasificación, pero no *en el conjunto de su organización.* Tampoco pueden apreciarse por mediación suya las relaciones *de parentesco* que los animales o vegetales actuales guardan entre sí y con los de las pasadas épocas geológicas. Por esto, la clasificación que hoy se persigue es la llamada *clasificación* o *método natural;* es decir, una clasificación que sea el reflejo fiel *del plan* que la Naturaleza ha seguido en la formación de las especies y *denuncie el parentesco* que éstas tienen entre sí. Esta clasificación, que aun hoy en día es más una aspiración de los naturalistas que una realidad, posee todas las ventajas de las clasificaciones artificiales sin ninguno de sus inconvenientes, puesto que con ella se puede buscar fácilmente, aunque no tanto como con las artificiales, el nombre de un animal o de un vegetal y además averiguar las relaciones que tiene con los existentes y los extinguidos, pudiéndose construir así el *árbol genealógico* de la especie de que se trate.

Aunque la clasificación natural es el objetivo a que tienden todos los naturalistas modernos, se comprenderá lo difícil que es alcanzarle considerando que para constituirla es menester conocer todas las especies que existen actualmente y además las que existieron en pasadas épocas geológicas. Como aun faltan especies vivientes por conocer y lo mismo ocurre con las fósiles, y como además no todas las especies extinguidas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

han dejado sus restos (*), es lógico suponer: 1.°, que siempre existirán lagunas que llenar en la clasificación que más se aproxime a la natural, y 2.°, que cuanto mejor se conozca las formas vivientes y fósiles, tanto más se adelantará para el establecimiento de la clasificación natural.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA CLASIFICACIÓN NATURAL.—Para llegar a constituir la clasificación natural, o aproximarse a ella cuanto sea posible, es menester atender a varios principios, que son los siguientes: 1.°, el de la *subordinación de los caracteres*, o caracteres esenciales y accesorios antes mencionados; 2.°, el de las *analogías* y *homologías* de los órganos; 3.°, el de la *división del trabajo fisiológico;* 4.°, el de la *filogenia*, y 5.°, el de la *ontogenia*.

En virtud del principio de las *analogías* y *homologías* se conoce muchas veces la naturaleza de determinados órganos, teniendo en cuenta que se entiende por *órganos homólogos en dos animales o vegetales distintos* aquellos que se corresponden *por el lugar que ocupan*, por su constitución, etc., aun cuando sean diferentes en forma y hasta en función, como, por ejemplo, las extremidades torácicas del hombre y otros animales y las alas de las aves; los zarcillos de la vid y del melón, que se sabe si corresponden a ramas o a hojas transformadas fijándose en la posición que ocupan *(figura 139)*. Se llaman *órganos análogos en dos animales o vegetales distintos* los que tienen la *misma función*, aunque tengan distinta estructura, posición, etc., como las alas de las aves y las de los insectos; los filodios y los limbos de las hojas en los vegetales *(fig. 140)*, etcétera.



Fig. 139.—Zarcillos rameales de la vid.

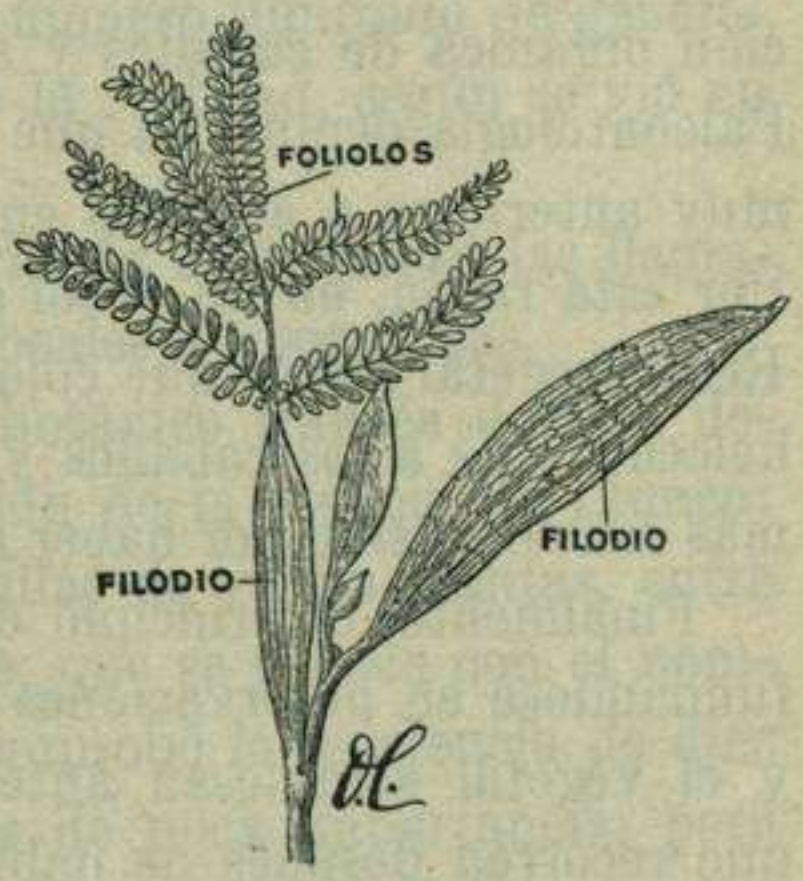


Fig. 140.—Hoja de una acacia australiana, en la cual los pecíolos, o cabillos que sostienen a la misma, están convertidos en *filodios*, es decir, ensanchados como el limbo de una hoja y con la función de éste. Los filodios son, por tanto, órganos análogos a los limbos de las hojas y homólogos a los pecíolos.

En virtud del principio de la *división del trabajo fisiológico*, cabe decir

(*) Véase GEOLOGÍA, por O. Cendrero, 5.ª ed., pág. 139.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

si un ser es más complicado que otro con sólo observar hasta qué grado alcanza la diferenciación de los órganos encargados de los distintos trabajos o funciones, pues en los seres sencillos un mismo órgano desempeña a la vez varias funciones, al paso que en los más complicados, o existe un órgano para cada función o por lo menos a cada órgano le corresponde desempeñar un número menor de éstas, por lo cual el trabajo que realizan resultará mejor ejecutado. Así, en los pólipos el mismo sistema de cavidades que sirven para la digestión se utiliza para la circulación, y la respiración se realiza por toda la piel, al paso que en animales más complejos existe un aparato digestivo, otro circulatorio y otro respiratorio perfectamente diferenciados.

El principio de la *filogenia* parte de la base de que todos los animales y todos los vegetales derivan de un tronco común y tiene por finalidad construir, por lo menos a grandes rasgos y basándose en la Paleontología, el árbol genealógico de cada uno de los Reinos. Así, por ejemplo, si el estudio morfológico y anatómico de un pez y de un caballo y de un helecho y un álamo no fuese suficiente para afirmar la mayor complicación orgánica de caballos y álamos, la filogenia lo evidenciaría, pues la Paleontología demuestra que los peces y los helechos vivieron en épocas muy anteriores a aquellas en que aparecieron los caballos y los álamos. Por esta razón, en un árbol genealógico del Reino animal y en otro del Reino vegetal habrá que colocar más cerca del origen a los peces y a los helechos que a los caballos y a los álamos, no sólo por ser los primeros más sencillos, sino por haber aparecido antes sobre la Tierra.

Finalmente, el principio de la *ontogenia* (véase pág. 123) nos enseña, fundándose en observaciones embriogénicas, las fases por que el animal y el vegetal atraviesan antes de nacer y los cambios o metamorfosis que recorren después de haber nacido, indicándonos así con claridad el lugar que a un animal o a un vegetal corresponden dentro de la clasificación natural, en virtud de una ley hace tiempo conocida, que dice que «*la ontogenia es la reproducción abreviada de la filogenia*» (véase página 123), es decir, que el individuo recorre, en el breve espacio de tiempo que media entre su iniciación en el huevo hasta su completo desarrollo, las fases por que sus antepasados atravesaron en el tiempo transcurrido entre su aparición en la Tierra hasta el momento actual.

CATEGORÍAS TAXONÓMICAS O GRUPOS BOTÁNICOS Y ZOOLÓGICOS.—La primera y única jerarquía biológica que nos ofrece la Naturaleza es la

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del *individuo*, el cual consiste, o en una célula que vive aislada, o en una agrupación de células que se han dividido el trabajo fisiológico y funcionan armónicamente, dando lugar a la vida del conjunto, vida que no es, en último término, más que la suma de las vidas de todas las células asociadas.

La reunión de individuos origina otra categoría taxonómica, la *especie*, de la cual tiene formado exacto concepto el vulgo, pues todo el mundo dice, por ejemplo, el caballo, el perro, etc., refiriéndose, no a un individuo determinado, sino a la especie correspondiente. Sin embargo, el concepto científico de la especie, que es el grupo fundamental de la clasificación, ha dado lugar a grandes controversias, porque si bien en la práctica se admite generalmente la definición de Linneo, que dice es «el conjunto de seres que se parecen más entre sí que a los demás, y que transmiten sus caracteres a sus descendientes», la mayor parte de los naturalistas de hoy no tienen por exacta esta definición, porque en ella se consideran como *constantes* los caracteres específicos, que son variables, y porque al decir *descienden* se refiere a un número ilimitado de generaciones, lo cual tampoco está de acuerdo con la realidad, según se vió en páginas anteriores.

Una prueba de que la especie puede variar la suministran las llamadas *subespecies*, *variedades*, *razas* y formas locales o geográficas.

El siguiente experimento hecho por el botánico francés Jordan demuestra de una manera evidente la variación de la especie de Linneo: sembró en su extenso jardín, en Lyon, semillas de varias plantas, entre ellas una pequeña Crucífera muy abundante, que se conoce con el nombre de *Draba verna;* al cabo de diez años comprobó la existencia de diez formas que diferían entre sí por caracteres de poca importancia, pero que, sin embargo, se transmitían por herencia; es decir, diez razas distintas. Transcurridos veinte años, vió que eran cincuenta y tres las que existían, y a los treinta años el número de éstas se elevó hasta doscientas *(fig. 141)*.

Durante algún tiempo se creyó que las *especies lineanas* eran entidades taxonómicas complejas formadas por *especies elementales* o *jordanianas*, las cuales fueron mostradas por los cultivos de Jordan. Actualmente se supone que Jordan y sus discípulos no hicieron más que observar un caso de mutación múltiple análogo a los estudiados por De Vries en *Œnothera* y por Morgan en *Drosophila* (véase pág. 136).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

De un modo análogo a como Jordan analizó la especie lineana, se puede decir que Johannsen sometió a un examen más preciso lo que pudiéramos llamar especie elemental o jordaniana. De una raza pura de judías, comparable a una de las que Jordan consiguió en *Draba verna*, obtuvo una serie de *líneas puras* constantes, cada una de las cuales ofrece una determinada fluctuación y un polígono propio de frecuencia *(fig. 142)*.



Fig. 141.—Especies elementales o jordanianas de *Draba Verna*.—1. *Draba violácea;* 2, 3 y 4, *D. scabra;* 5, *D. subnitens* 6, *D. majuscula;* 7, *D. conica;* 8, *D. glaucina;* 9, *D. elongata;* 10, *D. graminea.* (Según M. Rosen.)

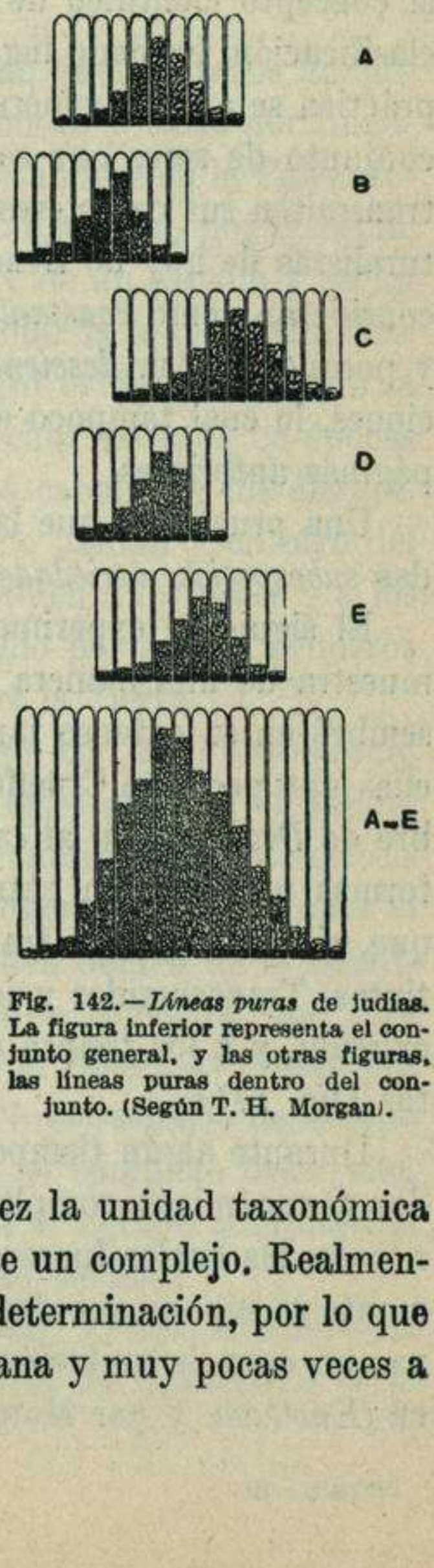


Fig. 142.—*Líneas puras* de judías. La figura inferior representa el conjunto general, y las otras figuras, las líneas puras dentro del conjunto. (Según T. H. Morgan).

Estos trabajos parecen demostrar que tal vez la unidad taxonómica es la *línea pura* y no la especie, que es realmente un complejo. Realmente, en la práctica las líneas puras son de difícil determinación, por lo que en el uso corriente se llega sólo a la especie lineana y muy pocas veces a la jordaniana.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Jerarquías taxonómicas.—Las especies que tienen bastantes semejanzas entre sí se agrupan en otra categoría taxonómica que recibe el nombre de *Género*. Por la agrupación de géneros se constituyen las *Familias* y por la de familias afines se forman los *Órdenes*. La categoría taxonómica que encierra varios Órdenes recibe el nombre de *Clase*, y con un conjunto de éstas se forman los grupos primarios o *Tipos*, contenidos a su vez en el *Reino animal* o en el *Reino vegetal*.

Cuando alguno de los grupos indicados es muy numeroso, hay necesidad de hacer grupos intermedios, que se designan con el nombre de la categoría inmediata superior, anteponiendo el prefijo *sub*, como *subtipo*, *subclase*, etc. Las familias, y algunas veces las subfamilias, se dividen en *tribus* o reunión de géneros muy parecidos, cuando comprenden gran número de éstos. Sin embargo, conviene advertir que para algunos autores la *tribu* está constituída, no por la reunión de géneros análogos, sino por la de familias afines, pero sin llegar a constituir un Orden.

El término *grupo* se aplica indistintamente para designar cualquier categoría taxonómica.

Resumiendo las diferentes categorías taxonómicas de menor a mayor, o sea en el mismo orden con que han sido expuestas, son las siguientes: *individuo*, que puede ser masculino (♂), femenino (♀) o hermafrodita (☿); *variedad*, *raza*, *especie*, *género*, *familia*, *orden*, *clase*, *tipo* y *reino*. Además de éstos que aquí consideramos, los zoólogos y los botánicos utilizan otros, cuyo empleo, nomenclatura y subordinación son difíciles de señalar en una obra elemental.

Nomenclatura o glosología de los seres vivos (del latín *nomen*, nombre; del gr. *glossa*, lengua).—Es la parte de la Biología que tiene por objeto dar a conocer las palabras o nombres técnicos con que se designan los animales.

Nombres vulgares.—Sabida cosa es que en las diferentes regiones de un país del mismo idioma, y a veces hasta en una misma región, se conoce a los mismos animales y vegetales con distintos *nombres vulgares*. Como análogos hechos se repiten en las distintas regiones de cada nación y, desde luego, en las distintas naciones, se comprende la imposibilidad que existe de entenderse entre tan enorme cantidad de nombres vulgares.

Nonbres científicos.—Por esto, desde tiempos muy antiguos se preocuparon los naturalistas de buscar una nomenclatura cómoda y precisa para designar las especies, tanto vegetales como animales. Pero la

Instituto San Isidro de Madrid 2008

deseada nomenclatura no fué encontrada hasta que la ideó el célebre naturalista sueco *Carlos Linneo* (*). Dicha nomenclatura recibe el nombre de *linneana* en honor de su inventor, denominándose también *binaria* por su estructura. Ésta es sencillísima: consiste en designar un animal o un vegetal con dos palabras, que constituyen el *nombre científico*, de las cuales la primera corresponde al género y la segunda a la especie. Estas dos palabras están tomadas generalmente del latín o del griego, pero pueden también proceder de otros idiomas, con tal que se latinice su terminación y que el nombre específico concierte en género y número con el genérico; esto último, sin embargo, no se hace siempre. A continuación del nombre específico suele ponerse el apellido del naturalista que descubrió la especie y le dió nombre: si dicho apellido es largo o muy conocido se pone en abreviatura, como, por ejemplo, Linneo (L.). Dada la índole elemental de esta obra, no figurarán en ella los nombres de los autores.

La inicial del nombre genérico se escribe siempre con letra mayúscula y la del específico con minúscula, excepto en el caso de que dicho nombre específico se forme latinizando algún sustantivo, como un nombre de persona, por ejemplo.

Por último, es muy frecuente que una especie sea designada por dos o más autores con nombres distintos: todos estos nombres constituyen lo que se llama la *sinonimia* de la especie. Cuando esto ocurre, el nombre que se conserva es el que fué dado primero.

Pondremos un ejemplo para la mejor comprensión de lo dicho. Una vez constituído un género como el *Felis*, se designan sus distintas especies con sólo agregar una palabra para cada una de ellas, y así se dice *Felis catus* L. o gato doméstico; *Felis sylvestris* Schreber *(Catus ferox* Martorelli) o gato montés; *Felis leo* L. o león; *Felis concolor* L., el puma o león americano; *Felis tigris* L., el tigre, etc.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, la inicial del nombre genérico ha sido escrita con letra mayúscula, mientras que los nombres específicos se han escrito con letra inicial minúscula. La palabra Martorelli que va detrás de uno de los nombres científicos es el apellido íntegro

---

(*) *Linneo*. Nació en 1707 en Rœshult (Suecia). Hijo de una familia de modesta posición, fué primero aprendiz de zapatero, hasta que, protegido por varias personas, hizo sus estudios en las Universidades de Lunden y Upsala, en la última de cuyas poblaciones murió en 1778, siendo director del Jardín Botánico y profesor en la Universidad. Asombra considerar el número de especies, tanto animales como vegetales, que Linneo estudió y describió, y la Historia Natural entró en una nueva Era y recibió gran impulso gracias a tan genial sabio.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del autor que la denominó, porque no es muy conocido. La letra L que sigue a los nombres de varias especies, es la inicial de Linneo. Finalmente, el nombre de *Catus ferox* constituye la sinonimia de la especie F. *sylvestris*, adoptándose este último nombre porque fué el que primero se dió a la especie. En este último nombre científico citado, F. es la inicial del género *Felis* y es conveniente saber que se acostumbra a escribir solamente la inicial del género, cuando éste acaba de citarse, y también, en algunos casos, cuando es muy conocido.

Algunas veces se añade un tercer nombre, que corresponde a la subespecie, dando lugar a una nomenclatura trinominal, como, por ej., *Felix tigris mongolica*, y aun a veces, cuadrinominal, como *Homo sapieus europæus mediterraneus* (*).

La *Familia* es otro grupo taxonómico que si bien no puede decirse que tenga unificada su nomenclatura, por lo menos lo está en su terminación y, en general, todas terminan en *idas* o en *idos*, si se trata de animales. Así se dice: *Félidas*, *Vivérridas*, *Cánidas*, *Mitílidos*, *Carábidos*, etcétera. Como se ve, la inicial se escribe también con mayúscula.

En las plantas, las Familias se terminan en *áceas* como *Borraginá-ceas*, *Rosáceas*, *Fucáceas*, etc.

Por último, en los nombres de los *Órdenes*, *Clases* y *Tipos* no suele seguirse una regla fija. En las plantas, las categorías taxonómicas equivalentes a los Órdenes se suelen terminar en *ales*, y así se habla de los Himeniales, Rosales, Salicales, etc.

(*) En el deseo de expresar no sólo el género y la especie, sino también el subgénero, la subespecie, la variedad o la forma local, se multiplican hoy los nombres con que una especie se designa, perdiéndose poco a poco la pura tradición linneana y viéndose con frecuencia nombres como el siguiente: *Radix ovata (mucronata) alpestris Bartolomæa* Clessin

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ZOOLOGÍA

El estudio de los animales constituye una de las ramas de la Historia Natural, a la que se le ha aplicado el nombre de *Zoología.*

La Zoología es una ciencia de remoto abolengo; se puede decir que como tal ciencia aparece en la célebre obra de Aristóteles *Historia de los animales*, de la que sólo se conservan algunas partes.

En la actividad y estructura de los animales existe una cierta homogeneidad, algo que es común, aun entre aquellos que aparecen más distanciados por sus caracteres. En su consecuencia, sus distintos órganos, aparatos y sistemas tienen cierta semejanza entre sí, que se revela en sus caracteres fundamentales, que son constantes. El estudio de estos hechos de carácter general, que afectan a todos los seres del reino animal, es lo que constituye la llamada *Zoología general*, de amplio y vasto campo, por lo que se impone su división en varias ramas.

Dentro de ésta, la *Anatomía* tiene por objeto el estudio de la estructura del cuerpo, dividiéndose en *general* y *descriptiva.* La Anatomía general se ocupa de aquellas partes comunes que se repiten en todos los animales, o sean las *células* y los *tejidos;* su estudio se denomina *Citología* e *Histología*, respectivamente. La *Organografía* describe los distintos órganos de los animales y las agrupaciones de éstos en aparatos y sistemas.

El estudio dinámico de los animales, es decir, de su organismo en actividad, es la *Fisiología*, denominándose *general* la que se refiere a aquellas funciones comunes a todos los animales. Se denomina *Embriología* u *Ontogenia* la parte de la Zoología general que se ocupa del proceso que los

Instituto San Isidro de Madrid 2008

animales experimentan desde el huevo hasta alcanzar su forma definitiva.

La teoría de las condiciones de existencia de los animales es la *Ecología;* este estudio ha adquirido en estos tiempos un desarrollo extraordinario, estando en íntima relación con el problema de la difusión y distribución de los animales sobre la superficie de la Tierra, o *Zoogeografía* o también *geografía zoológica.*

La *Zoología especial* se ocupa de describir y estudiar desde los más diversos aspectos los diferentes animales o los grupos que ellos constituyen por sus afinidades y semejanzas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ZOOLOGÍA GENERAL

CITOLOGÍA E HISTOLOGÍA ANIMAL

Las células de los animales responden a los rasgos generales que hemos descrito en la Biología (véase pág. 35 y siguientes). Como rasgo peculiar y característico de ellas podemos decir que, en general, carecen de la recia cubierta de celulosa tan frecuente en las células que constituyen las plantas. En algunos casos, sin embargo, las células están envueltas por una cubierta resistente segregada por la actividad de su protoplasma: tal ocurre, por ejemplo, en las células cartilagíneas.

Tejidos animales. Su clasificación.—En la pág. 70 se dió la definición de tejidos, y respecto a la clasificación de los mismos, he aquí, en esencia, la de los tejidos simples, según el doctor Cajal *(fig. 143)*:

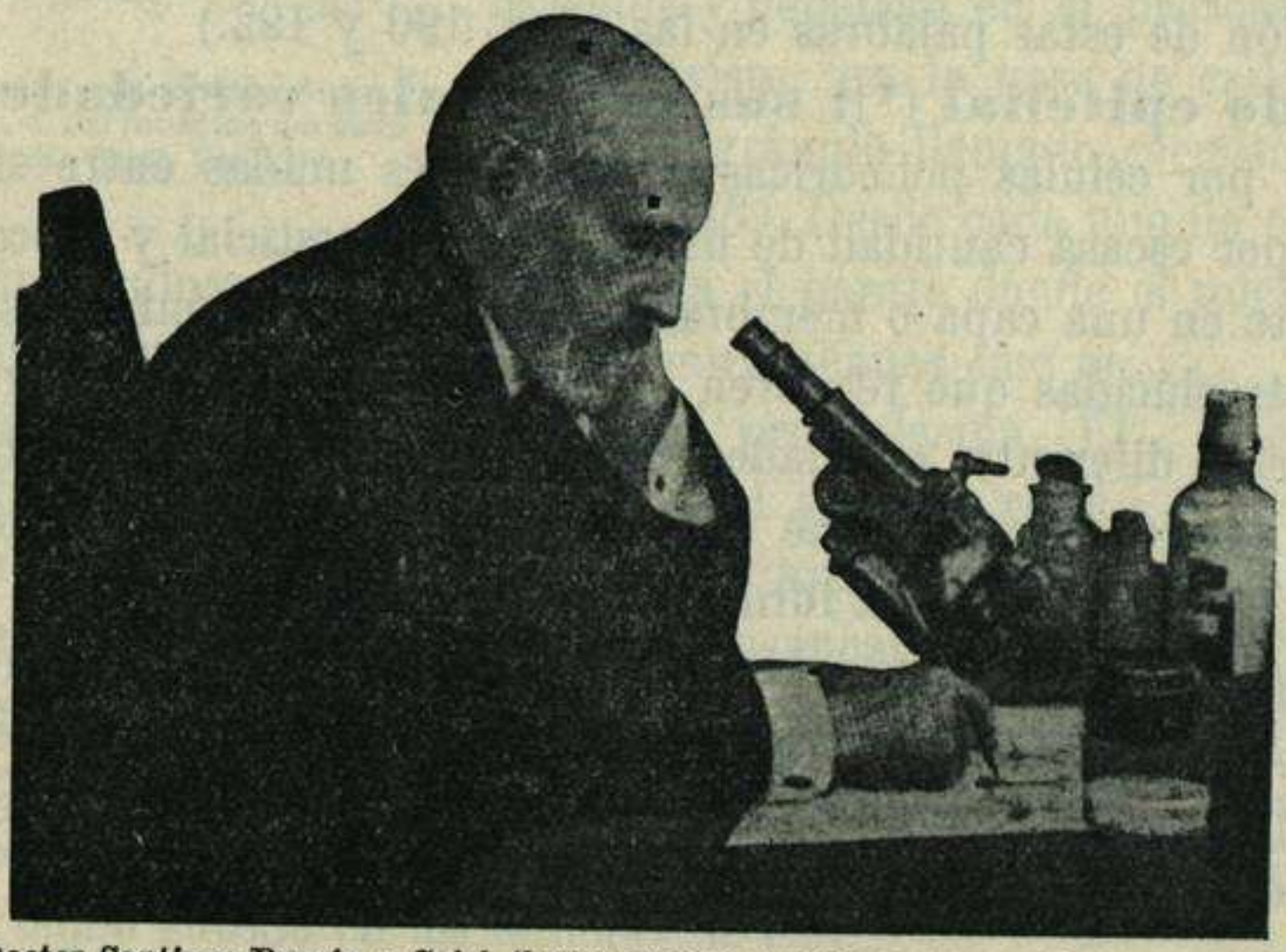


Fig. 143.—Doctor Santiago Ramón y Cajal, ilustre biólogo español contemporáneo, cuyos notabilísimos y concienzudos trabajos sobre Biología en general, y particularmente sobre histología del sistema nervioso, han dado enorme impulso a esta rama de la Historia Natural, y cuyas doctrinas sobre dichas materias se aceptan hoy en todo el mundo como el testimonio de la más alta autoridad.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

- Tejidos simples. . . .
  - Formados por células poco transformadas. . . . .
    - Unidas directamente, es decir, sin sustancia intercelular o con muy poca . . . . . → Epitelial.
    - Separadas por abundante sustancia intercelular . . . . .
      - Líquida . . → Sanguíneo y linfático.
      - Semilíquida → Conjuntivo y adiposo.
      - Sólida . . . → Cartilaginoso y óseo.
  - Formados por células muy transformadas . . . . . → Muscular y nervioso.

Hay que tener presente que dentro de cada uno de estos tejidos se estudian distintas variedades, según se verá en seguida, y que no provienen todos indistintamente de cualquier hoja blastodérmica, sino que su origen es siempre constante y fijo; así, el tejido epitelial procede, ya del ectodermo, ya del mesodermo, bien del endodermo, según sus variedades; los sanguíneos linfático, conjuntivo, adiposo, cartilaginoso, óseo y muscular provienen del mesodermo; y el nervioso, del ectodermo. (La significación de estas palabras en las págs. 190 y 192.)

Tejido epitelial (*): sus principales variedades.—Está integrado por células poliédricas o poligonales unidas entre sí directamente o por escasa cantidad de una materia intersticial y descansan generalmente en una capa o membrana bacal. Forma membranas transparentes o traslúcidas que recubren las superficies libres del organismo o el interior de diferentes cavidades, como la piel, interior de la boca e intestinos, porción secretora de las glándulas, etc. Se distinguen varias clases de epitelios, según la forma de sus células.

Los *epitelios de células aplanadas* comprenden principalmente los *endotelios (fig. 144)*, los cuales se encuentran en las superficies del interior del organismo, a lo que alude su nombre, y reciben también el nombre de *epitelios pavimentosos.*

(*) Del gr. *epi*, sobre; *thélé*, pezón del pecho. Esta palabra fué creada por Ruysch (anatómico holandés, 1638-731), para denominar una tenue membrana que aisló de la piel del pecho, sometiéndolo a la ebullición; después ha sido generalizada dicha denominación a parte de la piel, mucosas, etc.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En algunos casos, como en las esponjas, la superficie de su cuerpo está revestida por una caja tenuísima de epitelio pavimentoso.

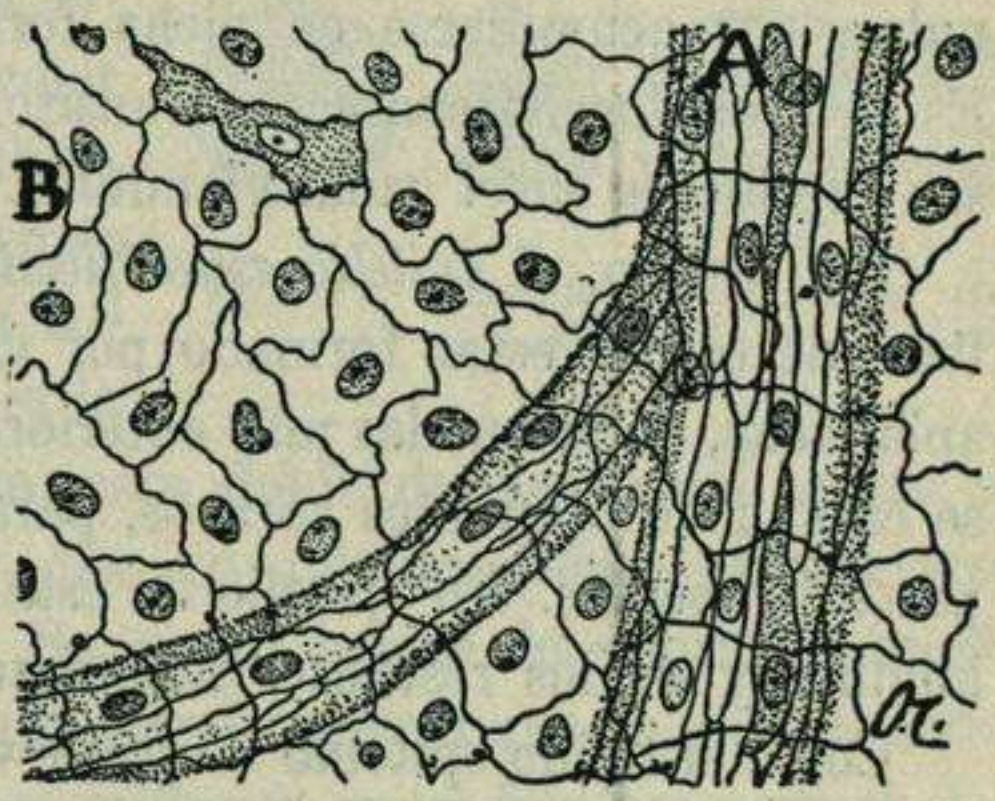


Fig. 144.—Endotelio de un capilar sanguíneo A. v del mesenterio B, de la rana. (Imit. Cajal.)

Los *epitelios de células alargadas* forman membranas de una sola capa, encontrándose, entre otros órganos, en el estómago e intestino de los Vertebrados; constan de células prismáticas que, examinadas de frente, semejan epitelio pavimentoso, pero con sus células de contorno más regular. Las clases principales son las *células con chapa* y el *epitelio vibrátil:* las primeras residen en algunos puntos del intestino de los Vertebrados y están caracterizadas por tener en su superficie libre una gruesa chapa *(fig. 145, b);* en el *epitelio vibrátil* su superficie libre está provista de una porción de cilios o pestañas; estas pestañas atraviesan la membrana de la cara libre de la célula y penetran en el protoplasma, en donde existe, en la base de cada uno de ellos, un gránulo llamado *corpúsculo basal (figura 146)*. Desde cada uno de estos gránulos, y dirigiéndose generalmente hacia el paraje donde el núcleo se encuentra, existe un grupo de fibrillas muy tenues que no son otra cosa que una diferenciación del protoplasma. El epitelio vibrátil existe en el comienzo del aparato respiratorio de los Vertebrados aéreos; en los animales acuáticos sirve, ya para moverse (algunos gusanos), ya para determinar en el agua la formación de corrientes que sirven para conducir a la boca las partículas alimenticias o para renovar el agua de la superficie en los órganos respiratorios, como sucede en las almejas de río.

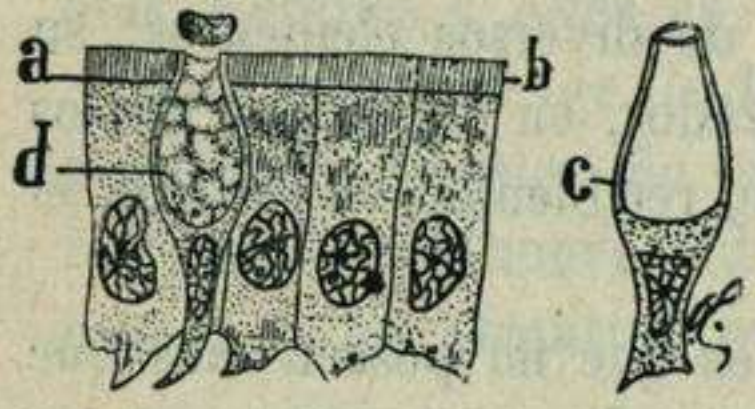


Fig. 145.—Células con chapa, *a*, *b*, y caliciformes, *c*, *d*, del intestino del conejo de Indias (Imit. Cajal.)



Fig. 146.—Esquema de una célula vibrátil.

Los *epitelios de células secretoras* se hallan en las glándulas en la parte en que en éstas se originan las sustancias elaboradas, como las que pro-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ducen la saliva, por ejemplo, y sus células son en general grandes y *de forma cúbica* o poco alargadas. El protoplasma de estas células es granular, por acumularse en dicha forma el material por ellos elaborado. Estos gránulos desaparecen transitoriamente cuando la célula descarga sus productos en el canal glandular.

Por último, el *epitelio estratificado* es parecido al endotelio; pero difiere de él por estar formado por varias capas superpuestas de células aplanadas, de la que las más exteriores mueren y se queratinizan, esto es, se cargan de productos córneos, para con sus cadáveres proteger las capas subyacentes. Un epitelio de esta clase forma el tegumento o piel del hombre y de los restantes mamíferos.

Como el tejido epitelial no posee vasos sanguíneos, que son los que llevan el alimento, se nutre absorbiendo los líquidos que circulan por los tejidos en que se apoya.

Tejidos sanguíneo y linfático.—Con el nombre de *tejidos sanguíneos* se reúnen todos los tejidos cuyas células se hallan separadas por una sustancia líquida denominada *plasma*. En todos los animales en que existe consta, en general, del plasma y de diversos elementos: su constitución es muy constante en los vertebrados, en tanto que en los invertebrados es extraordinariamente variable, recibiendo, en general, el nombre de *hemolinfa*.

INVERTEBRADOS.—Existen algunos Gusanos que no poseen más que el plasma; pero la mayor parte, además de éste, tienen también células generalmente incoloras y dotadas de movimientos amiboideos análogos a los que luego veremos poseen los *leucocitos* de los Vertebrados: algunos Equinodermos y Gusanos tienen también células con hemoglobina y sin núcleo, parecidas a las que en los Vertebrados se denominan *hematíes*.

Generalmente, disueltos en el plasma se encuentran los *pigmentos respiratorios*, es decir, las sustancias colorantes encargadas de tomar el oxígeno del aire para llevarlo a los tejidos: estos pigmentos son la *hemoglobina* en muchos Gusanos e Insectos, y la *hemocianina* en la mayor parte de los Moluscos y Artrópodos.

VERTEBRADOS.—En todos es de color rojo y de un olor característico. Examinando al microscopio una gota de sangre se observan en ella tres clases de corpúsculos: los *hematíes* o *glóbulos rojos*, los *leucocitos* o *glóbulos blancos* y las *plaquetas* o *trombocitos*, existiendo entre todos ellos el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

plasma. Los corpúsculos más abundantes son los *hematíes* (*) *(fig. 147,1)*, o glóbulos rojos: aun cuando aislados son de color amarillento verdoso, la superposición de muchos origina un color rojo intenso, propio de la hemoglobina en cantidad. En el hombre y demás Miamíferos son pequeños (varía de 7 a 9 m cras de diámetro) y su forma es la debuna lente discoidal y bicóncava: esta doble depresión del centro es demida a la ausencia del núcleo, por cuya causa deben considerarse coe o verdaderas células muertas. Se podrá juzgar del enorme número qu ¡ccontiene la totalidad de la sangre cuando se sepa que en un milimetro cúb.óo hay de cuatro y medio a cinco millones en un hombre normal. La mis i en de los glóbulos rojos en el organismo es llevar el oxígeno del aire desd el interior de los pulmones y branquias a todos los lugares del cuerpo. Durante el período embrionario, los hematíes son células vivas, puesto que tienen núcleo, y lo mismo ocurre con los de los Peces, Anfibios, Reptiles y Aves en estado adulto.

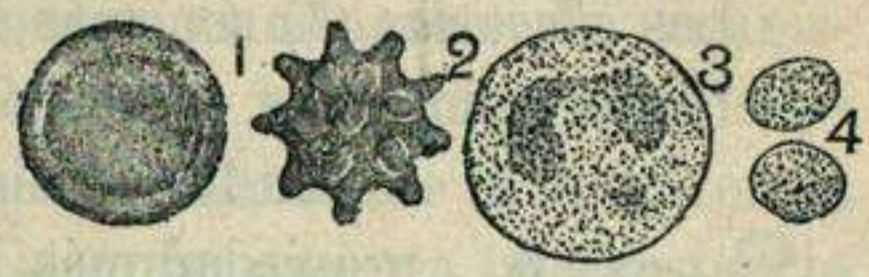


Fig. 147.- Elementos de la sangre. (De Cajal.)

Los *leucocitos* (gr. *leukós*, blanco; *kytos*, célula) reciben este nombre por carecer de color. Su tamaño varía de unas especies a otras (en el hombre es de unas nueve a diez micras de diámetro) y su número es menor que el de los hematíes, pues en el hombre, por ejemplo, sólo existen de 5.000 a 6.000 en un mm^3, habiendo, por consiguiente, de 750 a 900 hematíes por cada leucocito. Son células completas y vivas, puesto que tienen núcleo *(figs. 147* y *148, 3)*; su forma es esférica estando en reposo. La propiedad más notable de ellos es la rápida variación que experimentan en ésta, gracias a los seudópodos que emiten y que son causa de los movimientos amiboideos de que están dotados *(fig. 148, 4)*. Estos movimientos les permiten desempeñar un importante papel en el organismo, pues así que en éste penetra un microbio o cualquier partícula extraña de pequeño tamaño, le engloban gracias a sus seudó-

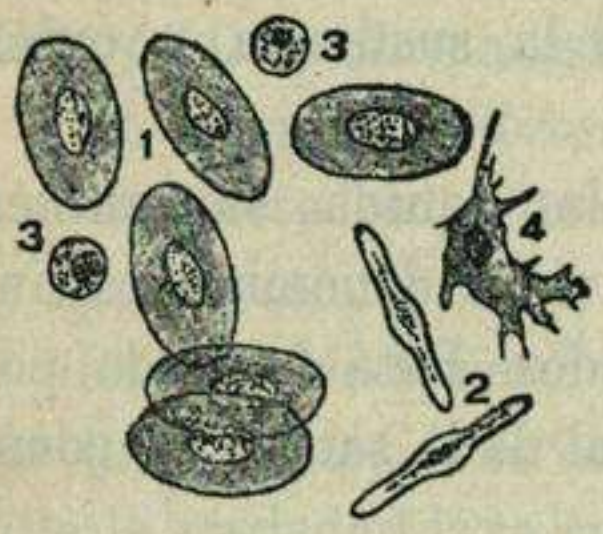


Fig. 148.—Sangre de la rana: 1 y 2 hematíes vistos de frente y de perfil; 3, leucocitos en reposo; 4, leucocito emitiendo seudópodos.

(*) Del griego *aima*, *aimatos*, sangre. En 1658 fueron descubiertos en la rana por el naturalista holandés Swammerdam (1637-80); pero en el hombre no fueron descubiertos hasta Leuwenhoek (1673), otro naturalista holandés, que vivió de 1638 a 1725.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

podos y verifican su digestión; de aquí el nombre de *fagocitos* (gr. *fagos*, voraz; *fagein*, comer) con que también se les conoce.

Las *plaquetas* (*) son más numerosas que los leucocitos, pero menos que los glóbulos rojos, encontrándose unas 245.000 en mm^3; generalmente tienen forma discoidea u oval *(figs. 147, 4* y *fig. 149)*. La propiedad más interesante de estas células es la de deformarse en cuanto salen de los vasos y atraerse entre sí, formando grupos de varia dimensión que se llaman *zoogleas de plaquetas (fig. 150, A)*.

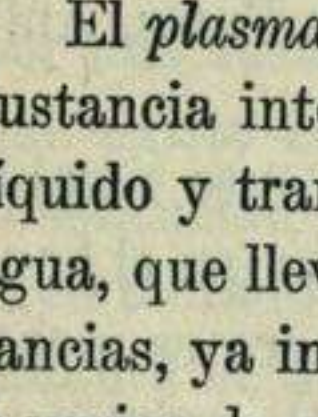


Fig. 149. — Plaquetas de la sangre de la rana.

La función de las plaquetas es impedir que la sangre salga de los vasos, pues en cuanto uno de éstos sufre una pequeña herida, las plaquetas se agrupan en gran número en el punto lesionado y originan un tapón que impide la hemorragia.

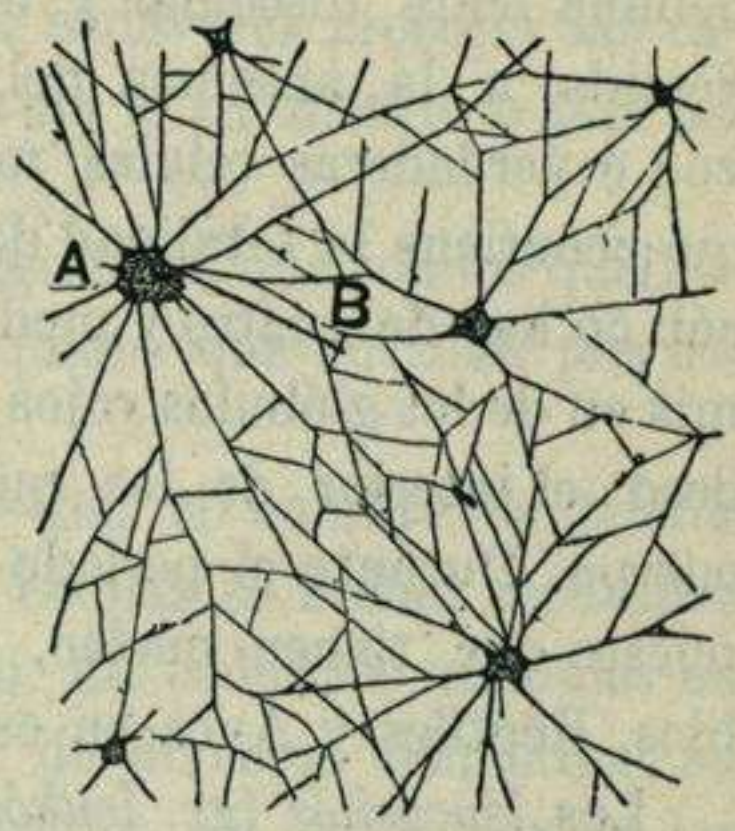


Fig. 150.—Coagulación de la sangre (según Cajal.)

El *plasma* de la sangre corresponde a la sustancia intercelular de otros tejidos; es líquido y transparente y está formado por agua, que lleva en disolución distintas sustancias, ya inorgánicas, como la sal común y varias de calcio y potasio; ya orgánicas, como el fibrinógeno y otros diversos albuminoides, grasas; en una palabra, todas las resultantes de la digestión de los alimentos. El fibrinógeno es la sustancia a quien debe la sangre la propiedad de coagularse.

La *linfa* es otro tejido de sustancia intercelular líquida; es también transparente, y se encuentra encerrada en unos vasos denominados linfáticos, o en espacios intersticiales de otros tejidos. Está formada por *leucocitos* que flotan en un *plasma* muy parecido al de la sangre y, como él, coagulable al aire.

Tejidos de sustancia conjuntiva.—Conócese con el nombre común citado todos aquellos que están formados por células separadas por una *sustancia fundamental* abundante. Estos tejidos son: el *conjuntivo propiamente dicho*, *adiposo*, *cartilaginoso* y *óseo*, y todos tienen, aparte de sus cualidades propias, un conjunto de caracteres que permite reunir-

(*) Nombre dado por *Bizzozero* en 1881. Este biólogo italiano (1846-1901) es conocidísimo por sus numerosos trabajos sobre el origen de los hematíes, etc., etc.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los bajo un calificativo común. En efecto, todos ellos desempeñan el mismo oficio o función, puesto que sirven de medio de unión y protección a los diversos órganos y tejidos o forman el esqueleto del organismo. Su constitución también es análoga: en todos hay células estrelladas o fusiformes, separadas por una sustancia fundamental de la consistencia dicha en la clasificación de tejidos; pero siempre encierra una sustancia albuminoidea *(colágena, condrina, osteína)* que por la cocción se transforma en gelatina. Y, finalmente, todos provienen, en general, de la misma hoja blastodérmica, del mesodermo (pág. 192).

Tejido conjuntivo propiamente dicho.—Se le denomina así y también *unitivo*, porque, como indica su nombre (del latín *conjungere*, unir, juntar), sirve para unir los distintos órganos y tejidos entre sí. La característica suya estriba en poseer células poco numerosas, de forma estrellada y deprimidas, y una sustancia intercelular en la que abundan fibras de materia colágena.

Entre las variedades más importantes de este tejido está la *laxa*. El microscopio denuncia en esta variedad la existencia de *haces conjuntivos (fig. 151, A)*, formados por la reunión de finos hilos paralelos; *fibras elásticas (F)*, así llamadas en gracia a su notable elasticidad; y, por fin, los verdaderos elementos vivos y constantes del tejido o *células fijas (C)*, de forma estrellada.

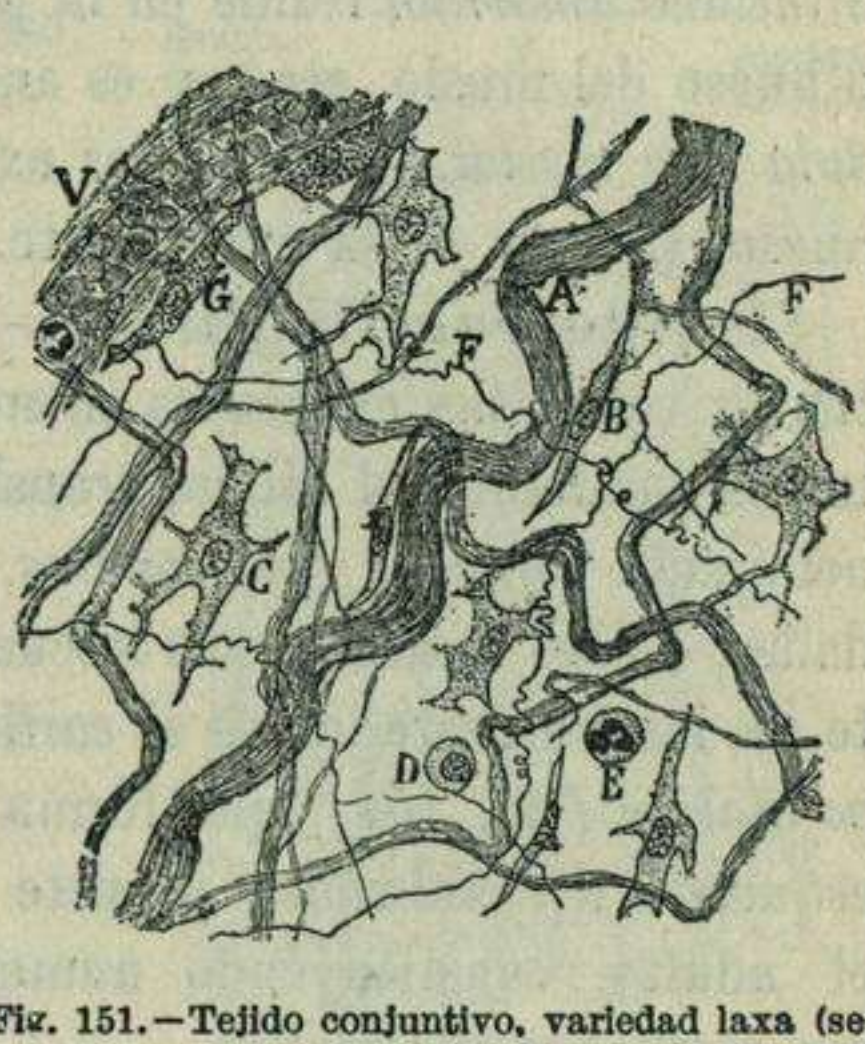


Fig. 151.—Tejido conjuntivo, variedad laxa (según Cajal.)

La variedad *fibrosa* forma casi por completo los tendones, ligamentos y aponeurosis.

La variedad *membranosa*, llamada también *tejido seroso*, no es más que la variedad laxa cuando sus haces se asocian formando membranas delgadas y transparentes, revestidas de endotelio y destinadas a tapizar las paredes de las cavidades serosas y los órganos contenidos en estas cavidades.

Tejido adiposo.—Este tejido, llamado también grasiento, está formado por los mismo selementos del tejido conjuntivo laxo, pero en el que sus células se encontrasen sustituídas por otras esféricas llenas de grasa,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

alrededor de la cual existe una delgada capa de protoplasma con el núcleo *(fig. 152)*. Dos variedades se conocen: el *adiposo común* y el *medular de los huesos*.

El *adiposo común (figuras 152* y *153)* está muy repartido en el organismo, principalmente de los Mamíferos, pues forma gruesa capa bajo la piel (sobre todo en los cerdos, ballenas, etcétera), rodea las vísceras, etcétera; su color es amarillento y la consistencia semisólida.



Fig. 152. — Esquema de una célula adiposa aislada.

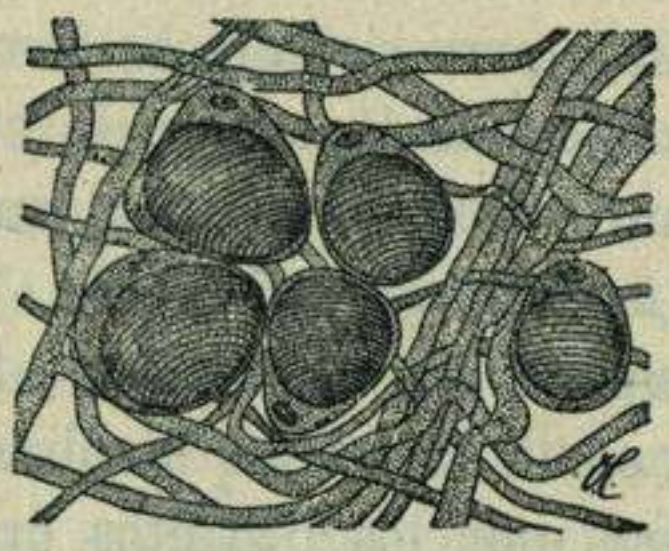


Fig. 153.—Esquema del tejido adiposo común, visto al microscopio.

Este tejido puede considerarse como un tejido de reserva y preservar al organismo de las bajas temperaturas, por ser mal conductor.

Del *medular de los huesos* hay dos variedades: una, que es la *médula* o *tuétano amarillo*, reside en la parte media de los huesos largos (fémur o hueso del muslo, etc.), y es análogo al adiposo común; la otra, o *médula roja* o *fetal*, existe en los extremos de los huesos citados y en otros huesos (huesos de la cabeza, etc.).

Tejido cartilaginoso.—Está constituído por células o *condroblastos* envueltas en gruesa membrana y separadas por abundante sustancia fundamental sólida, translúcida y formada por una sustancia denominada *condrina* (gr. *condros*, cartílago). Comprende distintas variedades, de las cuales la más frecuente en los Vertebrados es el *cartílago hialino (fig. 154)*, que forma el esqueleto del embrión y persiste en el adulto, constituyendo numerosos cartílagos o ternillas.



Fig 154.—Cartílago hialino. (Imitación Cajal.)

En los invertebrados se encuentra también el tejido cartilaginoso; pero donde más abunda es en los Moluscos, en los cuales, así como en otros, sus células están provistas de prolongaciones que continúan con las de las células vecinas *(fig. 155)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El cartílago está recubierto por una membrana fibrosa llamada *pericondrio (peri*, alrededor; *condros*, cartílago), que posee rica red de vasos sanguíneos que aseguran su nutrición.



Fig. 155.—Tejido cartilaginoso de la cabeza de un calamar.

Tejido óseo.—No se encuentra más que en los Vertebrados, en los cuales forma todos los huesos de su organismo, y aun cuando la disposición macroscópica de la sustancia ósea varía de unos a otros, la microscópica es análoga en todos ellos, pues en todos puede observarse: la *materia fundamental*, los *conductos de Havers*, las *lagunas óseas*, *conductos calcóforos* y *células óseas*.

La sustancia fundamental está dispuesta en láminas y está incrustada por sales de calcio, principalmente el fosfato y el carbonato cálcico, a los que se une íntimamente una sustancia albuminoidea, la *osteína*.

Los *conductos de Havers* (*) *(figs. 156, a* y *157)* son conductitos de un diámetro de tres décimas de milímetro, como máximum, y se encuentran alojados en el espesor de la materia fundamental, siguiendo la dirección del hueso,

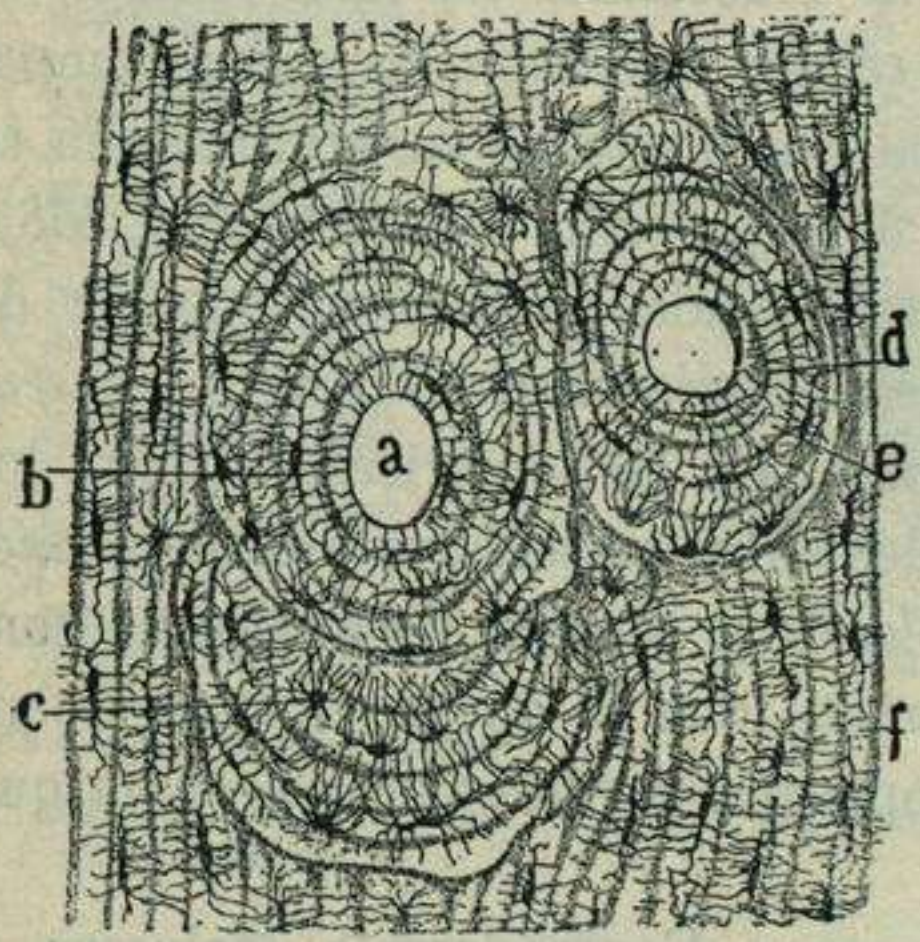


Fig. 156.—Corte transversal de un hueso largo (según Cajal.)

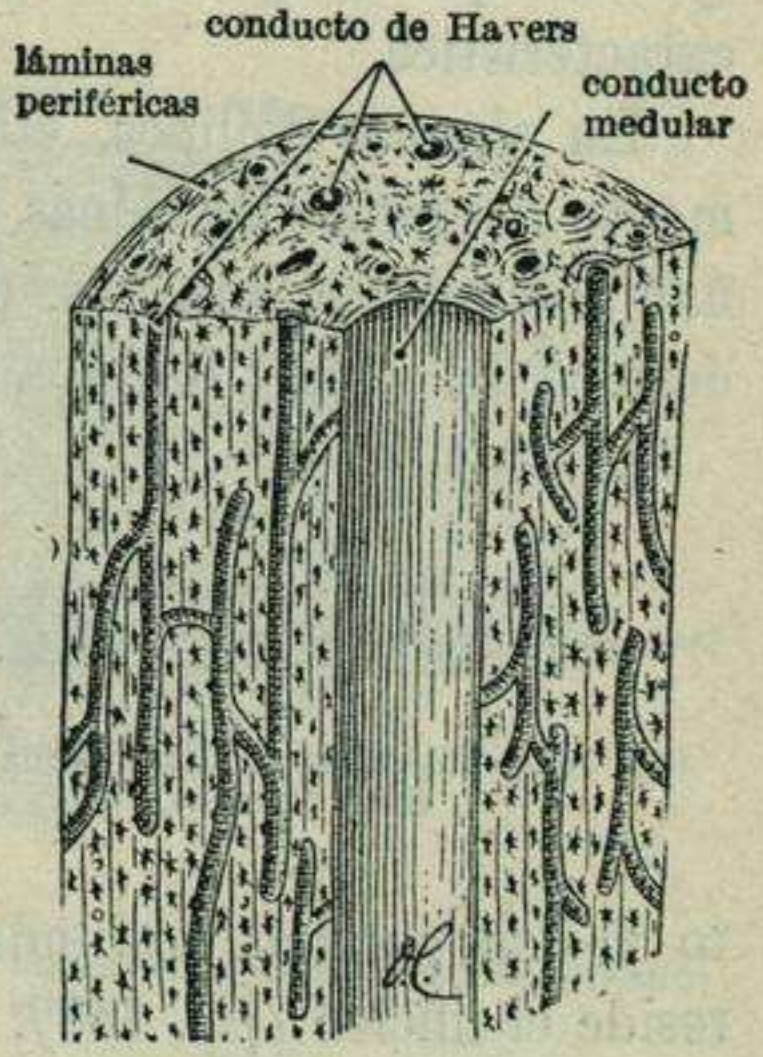


Fig. 157.—Corte longitudinal esquemático de la diáfisis o parte media de un hueso largo.

pero unidos por anastomosis transversas *(fig. 157)*, originando así una red que termina en el centro del hueso y en la periferia por pequeños

(*) Así llamados en honor del anatómico inglés Clopton Havers, que fué su descubridor en 1734.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

orificios situados debajo del *periostio* (gr. *peri*, alrededor; *ósteon*, hueso), membrana conjuntiva que rodea al hueso y de la cual parten los vasos sanguíneos que, penetrando por los conductos de Havers, llevan el alimento al interior del hueso.

Las *lagunas óseas* u *osteoplasmas (fig. 156, b, c)* son cavidades estrelladas que se encuentran en gran número excavadas en el espesor de las laminillas: de su periferia emergen varios *conductos* llamados *calcóforos*, que se ramifican y anastomosan con los de las vecinas lagunas, y en su interior residen las *células óseas* u *osteoblastos*, que tienen la forma de dichas lagunas y cuyas ramificaciones penetran en los conductos calcóforos.

Tejido muscular.—La característica de este tejido se resume en dos propiedades esenciales, de las cuales una es anatómica y otra fisiológica: la primera consiste en estar formado por la asociación de células larguísimas, dirigidas paralelamente; la segunda, en que estas células son *contráctiles*. Esta última propiedad es común a todas las células; pero alcanza tan gran desarrollo en la muscular, que no es, ni con mucho, igualada por ninguna otra, por cuya razón debe darse como propiedad característica.

En algunos Pólipos, etc., las fibras musculares no están completamente diferenciadas. Unas veces son *células epiteliales* las que desempeñan el oficio de aquéllas, para lo cual una parte de su protoplasma se destaca del resto y forma a la manera de una fibrilla contráctil *(fig. 158)*; estas células reciben el nombre de células *mioepiteliales* o *epiteliomusculares*. En las lombrices de tierra los elementos musculares se llaman *mioblastos* y constan de una parte contráctil que se apoya en el tegumento y una porción profunda de protoplasma no diferenciado, en la que reside el núcleo *(fig. 158)*.



Fig. 158.—Mioblasto de una lombriz intestinal *(Ascáris)*.

Pero en la mayor parte de los Gusanos, Equinodermos, Moluscos, y en los órganos de la *vida vegetativa* (pág. 169) de los Vertebrados (vasos sanguíneos, intestinos, etc.), existen ya células con el protoplasma completamente diferenciado y que constituyen las llamadas *fibras musculares lisas*, que se asocian formando los *músculos lisos*, los cuales, en los Vertebrados, funcionan o se contraen con independencia de la voluntad,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

por lo que también se les denomina *involuntarios*, o de contracción lenta, si bien conviene advertir que este carácter no es absoluto, porque existen en ellos órganos formados por músculos lisos, como la vejiga de la orina, cuya contracción es debida al influjo de la voluntad. Al microscopio *(figura 159)* se observa que estas *fibras musculares* tienen forma de huso alargado.

Las fibras musculares más diferenciadas y perfectas son las *estriadas*, cuyo nombre alude a que su protoplasma se presenta considerablemente



Fig. 159.—Fibra muscular lisa aislada (según Cajal).

diferenciado y surcado por estrías o bandas, de las que unas son *transversales* y otras *longitudinales:* las primeras son las más importantes, existiendo dos clases que alternan entre sí con regularidad *(fig. 160):* las *anchas* o *espesas* y las *delgadas* o *claras*. Estas fibras musculares, que tam-

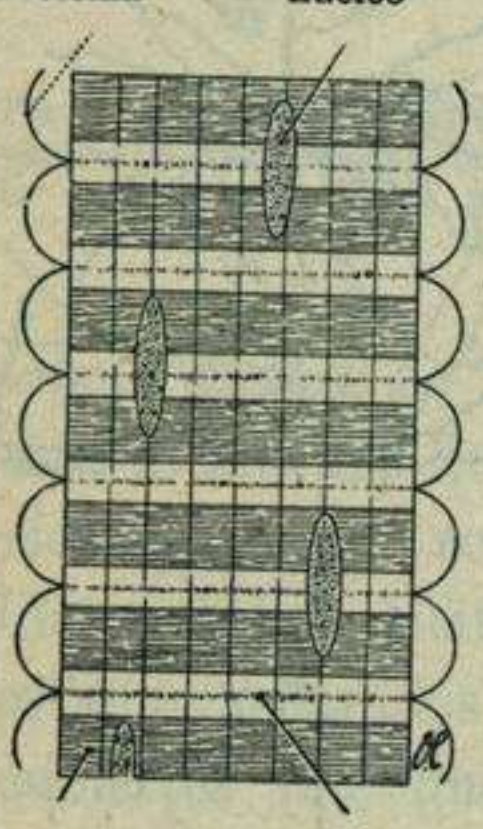


Fig. 160.—Esquema de una fibra estriada.

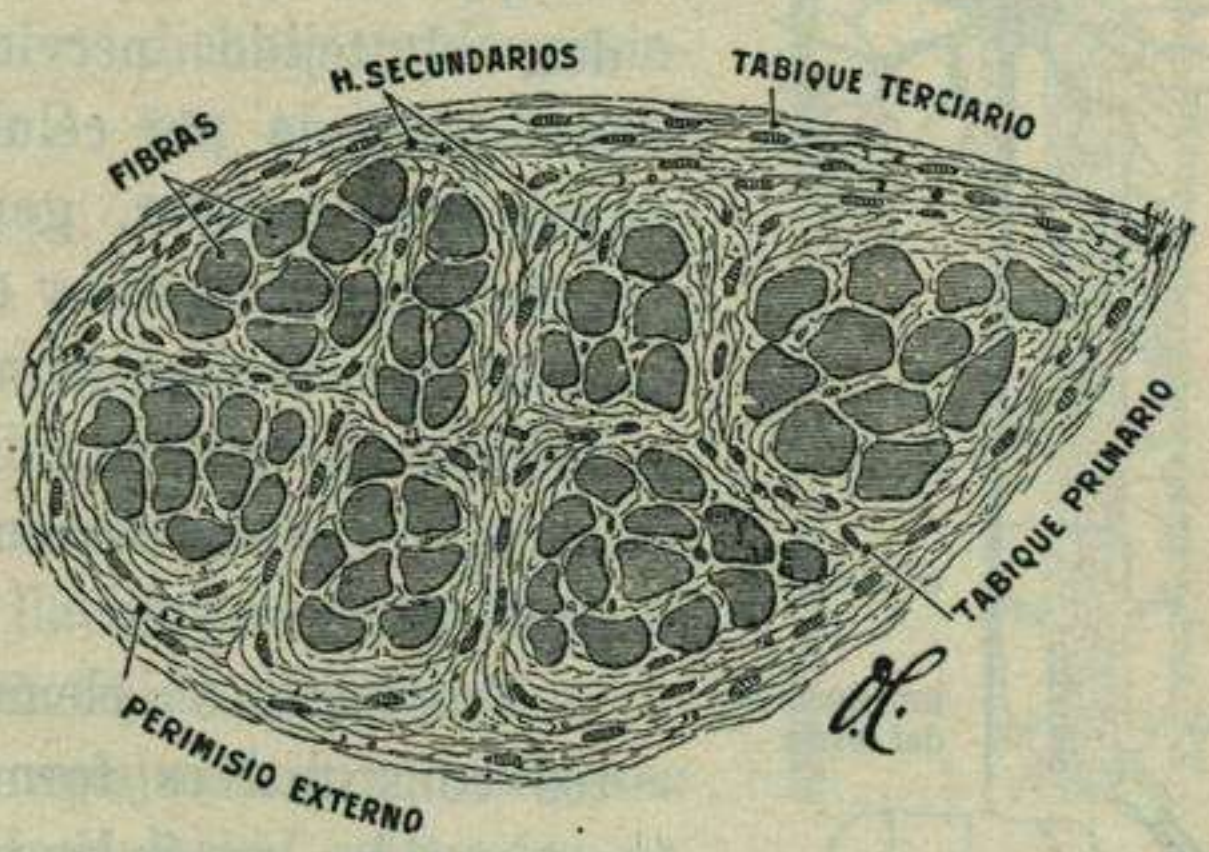


Fig. 161.—Corte transversal esquemático de un trozo de músculo estriado.

bién se llaman *haces primitivos*, poseen núcleos y están recubiertas por una membrana llamada *sarcolema* (gr. *sarkós*, carne; *lemma*, cubierta). Las fibras primitivas se asocian unas con otras *(fig. 161)* merced a escaso tejido laxo, formando *fascículos* o *haces secundarios*, los cuales están rodeados por gruesos tabiques conjuntivos; éstos se asocian a su vez, formando los *haces terciarios*, y de la reunión de éstos resulta el músculo,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que está recubierto por una fuerte membrana, también conjuntiva, llamada *perimisio externo*. Este tejido muscular de fibra estriada es el que forma los músculos o carne de los Vertebrados, la mayor parte de los músculos de los Artrópodos *(fig. 162)* y se encuentra excepcionalmente en los Equinodermos, Gusanos, etcétera. Los músculos que forman se llaman también *voluntarios* o de contracción rápida, porque su contracción depende casi siempre de la voluntad.

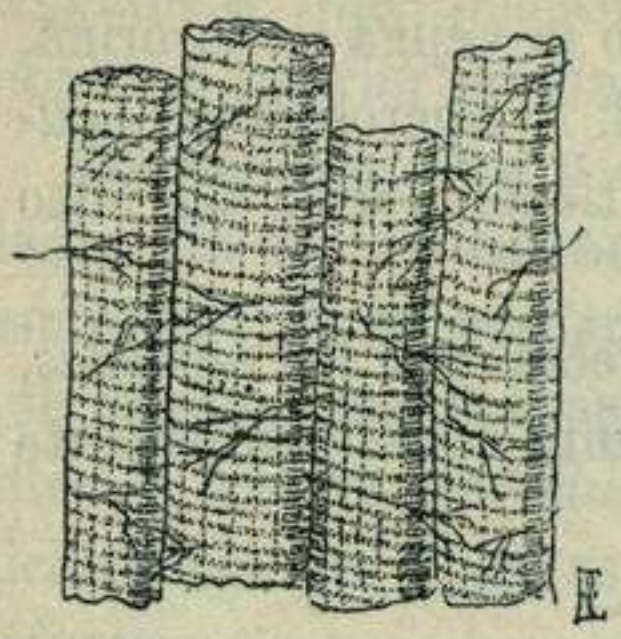


Fig. 162.—Fibras estriadas de los músculos de la base de las alas de un saltamontes.

Tejido nervioso.—En los animales de mayor complicación orgánica, como los Vertebrados, el tejido nervioso está formado por células muy diferenciadas, generalmente estrelladas y dotadas de prolongaciones de longitud variable, entre las cuales se destaca una de longitud mayor.

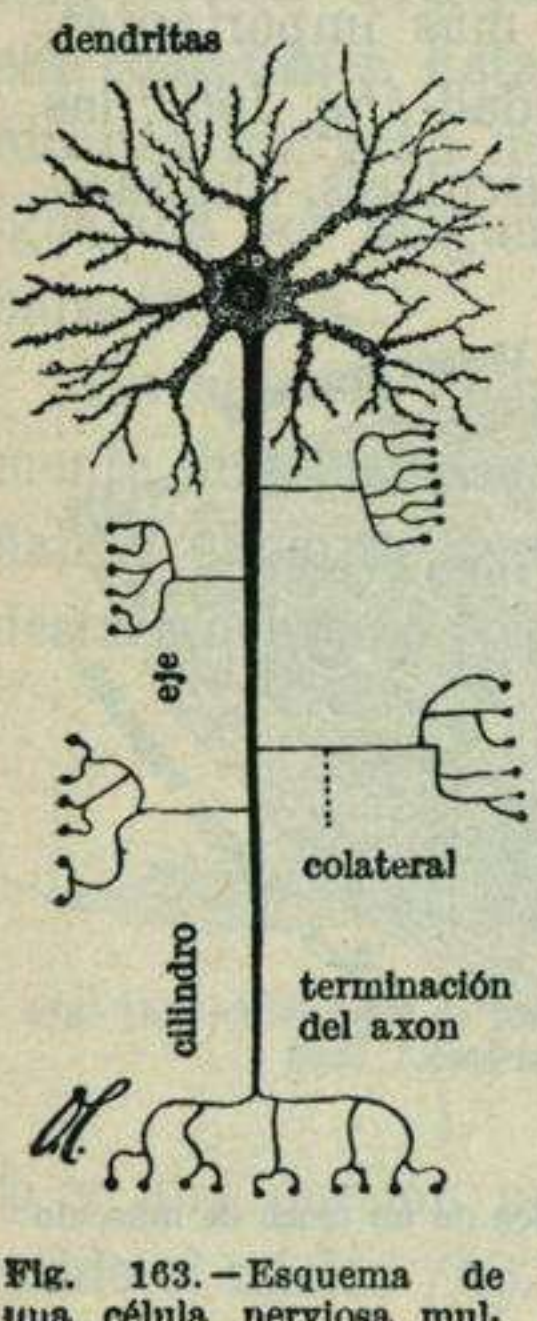


Fig. 163.—Esquema de una célula nerviosa multipolar.

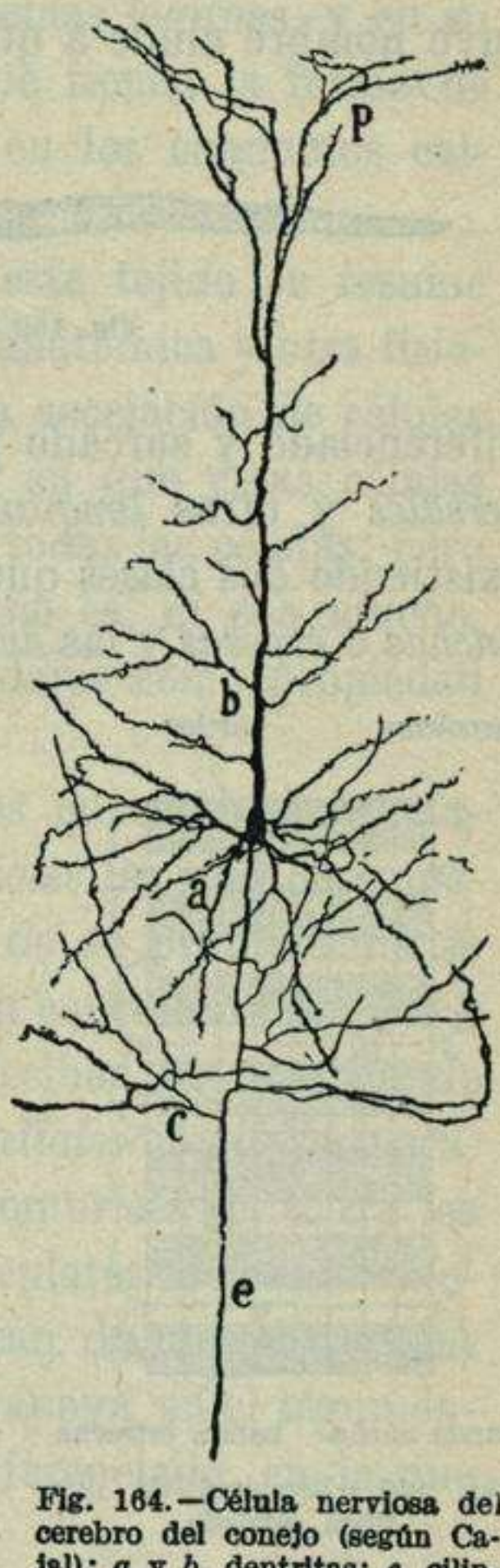


Fig. 164.—Célula nerviosa del cerebro del conejo (según Cajal): *a* y *b*, dentritas; *e*, cilindro-eje, con sus colaterales, *c*.

Tres factores o elementos constitutivos forman este tejido: las *células nerviosas*, las *fibras nerviosas* y las *células de neuroglia*.

Las *células nerviosas* o *neuronas* (*) forman la llamada *sustancia gris* de los órganos denominados médula espinal, encéfalo y ganglios. Su tamaño es muy variable, de

(*) Esta palabra, que significa unidad nerviosa, fué aplicada por el histólogo contemporáneo de Berlín, Hern Waldeyer, al resumir en un semanario de su país los descubrimientos e ideas del Dr. Cajal, no cabiendo, por consiguiente, a dicho sabio más honor que el de la invención de la precitada palabra universalmente aceptada; pero no la paternidad de la doctrina, que corresponde por completo a nuestro ilustre compatriota.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

siete a 70 y más micras, así como su forma, habiéndolas, desde este punto de vista, *monopolares*, *bipolares* y *multipolares*, según consten de una, dos o tres o más prolongaciones protoplásmicas. Las células nerviosas *(figs. 163* y *164)* tienen prolongaciones de dos categorías: unas, llamadas *protoplásmicas* o *dendritas*, son numerosas, cortas, de aspecto granular y flexuoso, y están muy divididas; otra, la denominada *prolongación nerviosa*, *axon*, *cilindro-eje* o *filamento de Deiters* (*), es muy larga, carece de asperezas y suministra ramificaciones poco numerosas, denominadas ramas colaterales, que nacen en ángulo recto.

El protoplasma de las células nerviosas está cruzado por una serie de fibrillas que se entrecruzan formando una red, que ha recibido el nombre de *neurofibrillas (fig. 165)*.

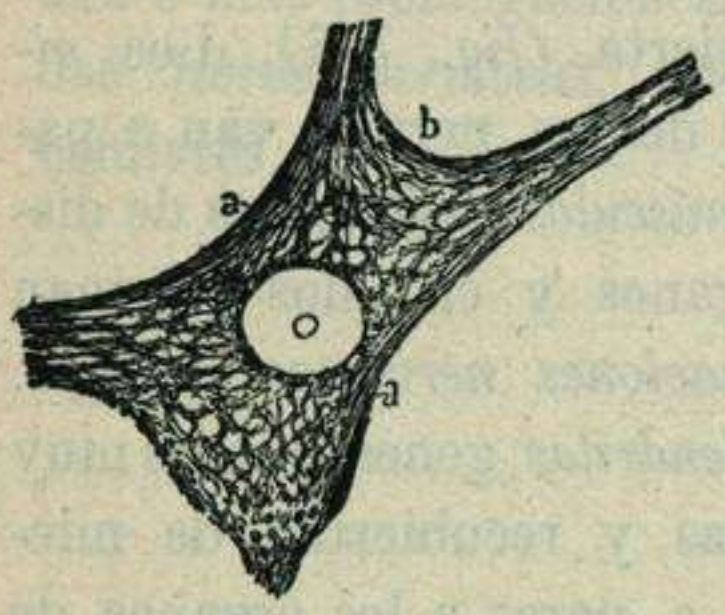


Fig. 165.—Neurofibrillas en el protoplasma de las células nerviosas de la médula espinal del conejo. (De Cajal.)

Las *fibras nerviosas* no son otra cosa que la continuación del cilindro-eje de las células de la sustancia gris; en efecto, dichas prolongaciones al salir de ésta originan por su reunión la llamada *sustancia blanca* de los centros nerviosos y fuera de esta última los denominados *nervios* o *cordones nerviosos*, que no son sino asociaciones de aquellos filamentos de Deiters que llevan un mismo camino, estando separados por poco tejido conjuntivo y recubiertos por una vaina conjuntiva o *neurilema* (gr. *neúron*, nervio). Se admiten dos categorías de fibras nerviosas: las *medulares*, o de los nervios cerebro-raquídeos, y las *amedulares*, de *Remak* (**), o del gran simpático. El nombre de medulares que reciben las primeras proviene de poseer una cubierta de la sustancia oleaginosa llamada *mielina (fig. 167, M)*, que es aisladora de la corrien-

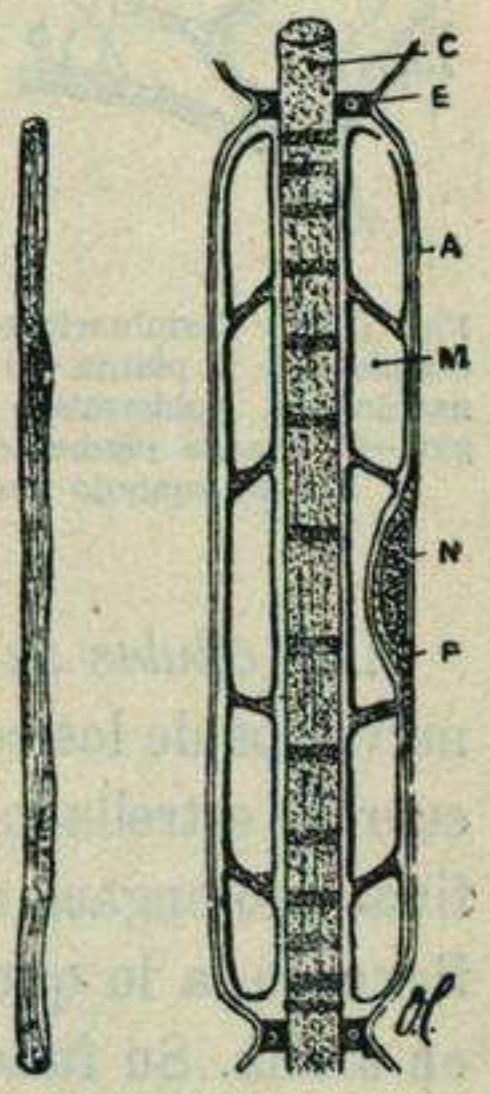


Fig. 166.—Fibra de Remak. Fig. 167.—Esquema de una fibra medulada. (Ambas según Cajal.)

(*) *Deiters*. Médico alemán (1834-63), que murió a los veintinueve años, sin haber podido terminar su obra sobre el sistema nervioso del hombre y de los Mamíferos.

(**) *Remak*. Médico alemán (1826-65). Fué profesor en Berlín y el primero que aplicó la corriente eléctrica en el tratamiento de las enfermedades nerviosas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

te nerviosa, la cual queda interrumpida de cuando en cuando por las *estrangulaciones* llamadas *de Ranvier*. La cubierta de mielina está abrazada y englobada por la *célula de Schwan*, cuyo núcleo aparece claramente diferenciado hacia la parte exterior, en la que aquella célula forma lo que se ha denominado *membrana* o *cubierta de Schwan*. En contacto con la fibra existe una delgada capa líquida denominada *vaina de Mauthner*. La mielina aparece además dividida en fragmentos por unas hendiduras transversales algo oblicuas, llamadas *cisuras de Lantermann*. A las fibras de Remak se las califica de amedulares por no poseer dicha cubierta *(fig. 166)*. Los *cilindro-ejes* de los nervios van a parar a los *músculos y glándulas* de distintos órganos y en ellos originan las *terminaciones nerviosas motoras*. Algunas *dendritas*, generalmente muy modificadas y recubiertas de mielina, van a parar a los órganos de los sentidos (tacto, olfato, gusto, vista y oído), originando *terminaciones nerviosas sensitivas (figs. 168* y *169)*.

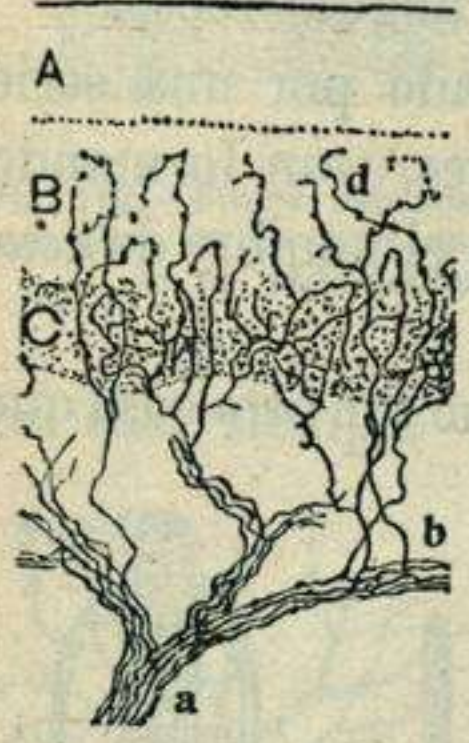


Fig. 168.—Terminaciones nerviosas intra-epidérmicas de la planta del pie de un perro recién nacido.—A, epidermis.—B, cuerpo de Malpigio.—C, granos pigmentarios.—*d*, últimas ramillas del manojo nervioso *a*. (Cajal.)



Fig. 169.— Corpúsculo de Krause de la conjuntiva del buey (Cajal.)

Las *células de neuroglia (fig. 170)* existen entre las células y tubos nerviosos de los centros y se distinguen por su cuerpo estrellado, provisto de abundantes y finas prolongaciones de aspecto granuloso y flexuoso, a lo que deben el nombre de células en araña. Su función no está bien conocida. Se suponen que son células de sostén, y quizás aisladoras de los conductores o fibras nerviosas. Algunos autores creen que contribuyen a la nutrición del tejido nervioso por apoderarse de las sustancias que circulan por los vasos sanguíneos, en los cuales se apoyan, a veces, sus prolongaciones. Su naturaleza no es conjuntiva, según se creía hasta hace poco, sino que son células de origen exodérmico, como las nerviosas, pero que tienen distinto desarrollo y papel que éstas.

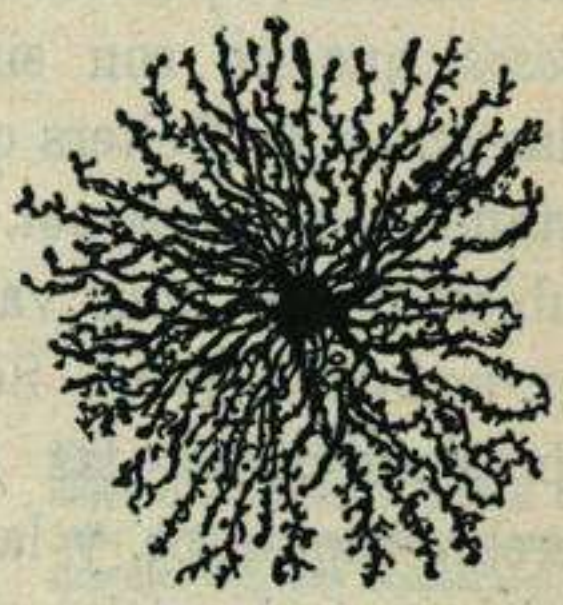


Fig. 170.—Célula de neuroglia. (Imit Cajal.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En los animales de organización sencilla, como en algunos Pólipos, por ejemplo, el sistema nervioso se halla reducido a *células epiteliales* que se diferencian y funcionan como células nerviosas; estas células diferenciadas reciben el nombre de *células neuroepiteliales* y consisten *(fig. 171)* en células de longitud variable que terminan en el medio ambiente por una pestaña rígida destinada a recoger las variaciones de dicho medio y que interiormente se continúan por una o más prolongaciones, a veces denominadas *fibras nerviosas*, que van a parar a otros distintos elementos celulares.

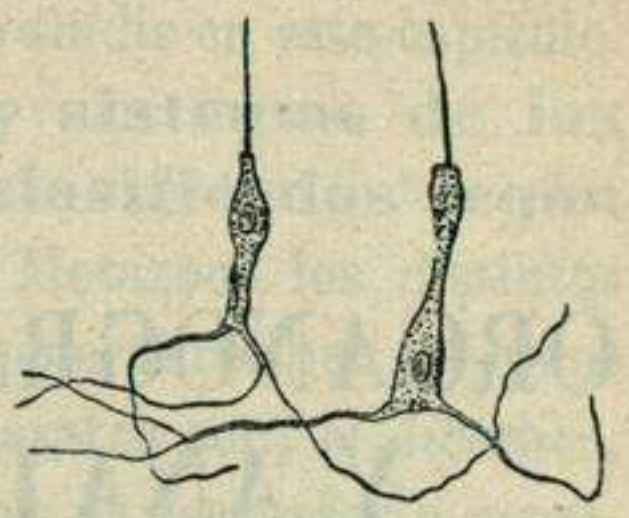


Fig. 171.—Células neuro-epiteliales de un Pólipo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ORGANOGRAFÍA GENERAL Y ANATOMÍA DE LOS ANIMALES

Concepto de los términos órgano, aparato, sistema, acto y función.—La división del trabajo fisiológico, tantas veces mencionada, no se traduce solamente en la diferenciación de las células para constituir los diversos tejidos, sino que, llevada a grados más avanzados, origina también los *órganos*, los cuales son porciones del cuerpo que, poseyendo una forma determinada y fija, están formados de tejidos distintos, que concurren al desempeño del mismo fin funcional o trabajo fisiológico: cada órgano conserva siempre su papel propio, pero distinto de los restantes, y el conjunto de todos aquellos que tienen por finalidad el cumplimiento de un trabajo de orden más elevado origina un *aparato;* hay aparatos que están formados por órganos en cuya constitución predomina una misma clase de tejido, y entonces reciben el nombre particular de *sistemas*, como el nervioso, muscular, etc. El trabajo que realiza un órgano se denomina *acto*, y el que realiza un aparato o un sistema, *función.* Con un ejemplo se comprenderá perfectamente lo que antecede: la masticación es un *acto* verificado, principalmente, en los Mamíferos y otros Vertebrados, por los *órganos* denominados dientes; otro *órgano* próximo, la faringe o tragadero, verifica el *acto* de tragar o deglutir el alimento masticado por los dientes; dicho alimento pasa después al *órgano* llamado estómago, donde tiene lugar el *acto* de la digestión estomacal, y así análogamente se verificarán *actos* por otros *órganos*, que darán por resultado la conversión de una sustancia inapta para ser incorporada al organismo, en otra apta para dicho fin. La suma de todos los actos de dichos órganos recibe el nombre de *función*, que en el ejemplo seguido es la digestión, llevada a cabo por el conjunto de los órganos del *aparato* digestivo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

No insistimos aquí, por haber sido tratado en la parte general de la Biología, sobre el significado e interpretación de los llamados órganos análogos y homólogos, conceptos a los que tendremos que aludir en este capítulo.

Idea de los principales aparatos y sistemas de los animales pluricelulares o Metazoos, clasificados según sus funciones.—En la mayor parte de los Metazoos los distintos órganos se agrupan en *aparatos* y *sistemas* que en general reciben los nombres de las funciones que desempeñan. Dichos aparatos son: el *digestivo*, el *respiratorio*, el *circulatorio*, los *secretor* y *excretor*, el *generador* o *reproductor*, el *esquelético*, los *sistemas muscular* y *nervioso*, y, por fin, los *aparatos sensoriales*.

Como se ha dicho, a todos estos aparatos y sistemas corresponden otras tantas funciones; pero éstas se reúnen, además, en tres grandes grupos denominados también funciones, dentro de las cuales se encuentran incluídas aquéllas, a las que se podría calificar de subfunciones; dichos grandes grupos son: las *funciones de nutrición*, las de *reproducción* y las de *relación*. (V. adelante pág. 180.) Se acostumbra a reunir las funciones de nutrición y reproducción bajo el calificativo común de *funciones de la vida vegetativa*, por ser ambas comunes a animales y vegetales.

Ejemplos representativos de los aparatos de algunos Metazoos.—FUNCIONES DE NUTRICIÓN.—*Aparato digestivo y digestión.*—Existe un escaso número de Metazoos que, por ser *endoparásitos*, es decir, por vivir dentro del cuerpo de algunos animales y a expensas de ellos, carecen de aparato digestivo. Pero en la mayor parte de los Metazoos existe un *aparato digestivo*, que en esencia consiste en un tubo de longitud variable, que comienza en la boca y termina en el ano, provisto de diversos ensanchamientos, al cual van a verter sus productos diversas *glándulas* u órganos pertenecientes al *aparato secretor*, que son las encargadas de elaborar y verter en el tubo digestivo las sustancias (principalmente *fermentos*, pág. 30) encargadas de las *transformaciones químicas de la digestión*, es decir, de convertir las sustancias insolubles o inasimilables en sustancias solubles y asimilables. En algunos animales de poca complicación orgánica, como los Pólipos, el aparato digestivo no posee más que una sola abertura de comunicación con el exterior *(figura 172);* esta abertura desempeña al mismo tiempo el oficio de *boca* para la entrada de los alimentos y de *ano* para la salida de los residuos no digeridos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La parte anterior del aparato digestivo en los Metazoarios puede presentar un aparato *masticador* en aquellos que se alimentan principalmente de sustancias sólidas y *chupador* en los que se alimentan de sustancias líquidas. Entre la boca y el ano se extiende el tubo digestivo, en el cual pueden distinguirse varias porciones; en la mayor parte de los animales estas porciones son: la *faringe* o tragadero (griego *fárygx*, gaznate o tragadero), el *esófago* (gr. *oiso*, yo llevo; *fago*, yo como, es decir, que lleva comida), el *estómago* y el *intestino*, cuya última porción se denomina *recto* y a la terminación del cual se halla el ano. En cada una de estas porciones se verifican diversos actos digestivos, y ya se ha dicho que con la boca se verifica la *masticación* o *succión*, según sean los animales masticadores o chupadores; en algunos se verifica también en ella la *insalivación* o mezcla con la saliva, líquido producido por las glándulas salivares y cuya misión es transformar en parte los hidratos de carbono en glucosa (pág. 17); por la faringe y esófago se verifica la *deglución* o acto de tragar los alimentos, los cuales pasan al estómago, donde se verifica la *digestión estomacal* o *gástrica* (gr. *gaster*, *gastrós*, estómago), también llamada *quimificación* porque transforma los alimentos en una sustancia denominada *quimo* merced a la acción de los fermentos contenidos en el *jugo gástrico*, producido por las glándulas del estómago, de los cuales los principales obran sobre las sustancias albuminoideas, transformándolas en peptonas (página 24); el quimo pasa al intestino, donde se verifica la *quilificación* o transformación del quimo en *quilo* gracias al *jugo intestinal* o *entérico* (gr. *énteron*, intestino) segregado por las glándulas anejas al intestino y que vierten en él; merced a los fermentos de estos diversos líquidos terminan las transformaciones digestivas y los hidratos de carbono se convierten en glucosa, los albuminoides en peptonas y las grasas se emulsionan, es decir, se dividen en pequeñísimas gotas; convertidos

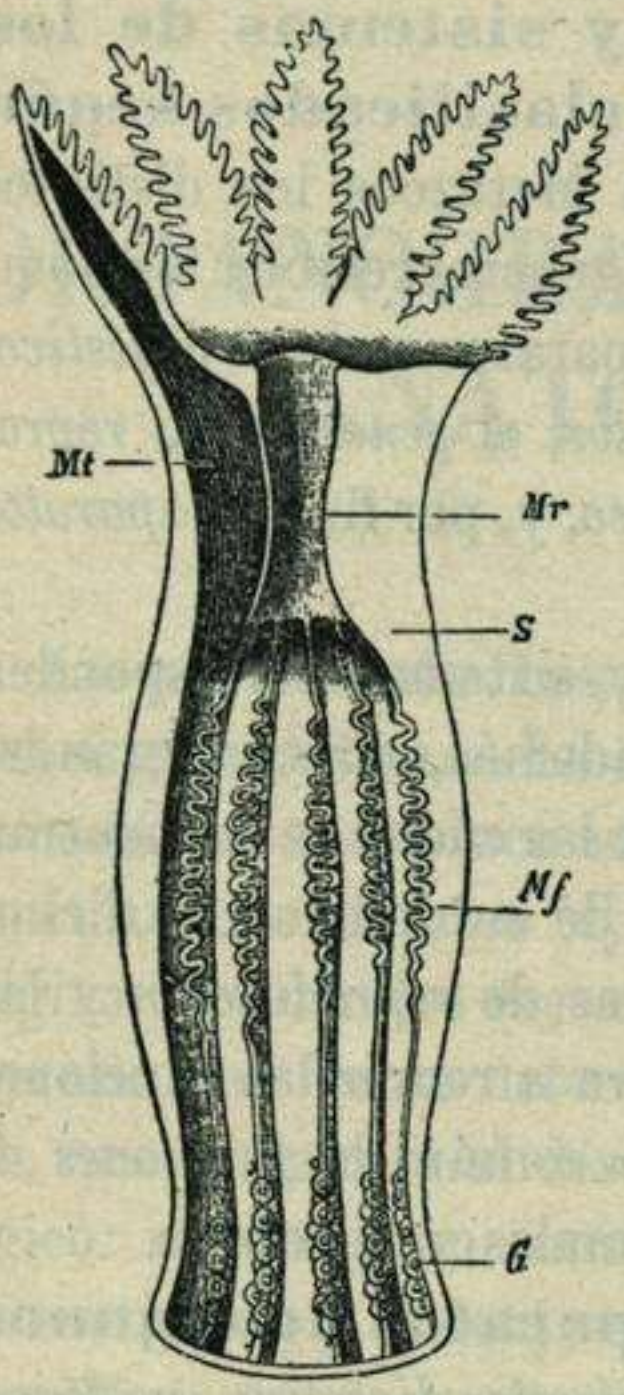


Fig. 172.—Corte longitudinal del cuerpo de un Pólipo con una sola abertura que oficia de boca y ano (según Claus).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ya los alimentos en sustancias asimilables, se verifica su *absorción* por las paredes del mismo intestino, y los residuos no digeridos pasan al recto, de donde son expulsados al exterior por el ano, constituyendo las heces fecales. La longitud del tubo digestivo, principalmente la del intestino, está en relación con el régimen alimenticio del animal, siendo *más corto* en los animales *zoófagos* o que se alimentan de otros animales (gr. *zoon*, animal; *fago*, yo como) que en los *fitófagos* o que se alimentan de vegetales (gr. *fyton*, vegetal), pues como los vegetales encierran en el mismo volumen menor cantidad de sustancias nutritivas que los animales, necesitan ser ingeridos en mayor cantidad que aquéllos, por lo que el tubo digestivo tiene que ser mayor.

Con arreglo a las sustancias de que preferentemente se alimentan, los animales reciben distintos nombres que conviene conocer, no sólo porque han de ser empleados en el curso de la obra, sino porque se utilizan con mucha frecuencia en el lenguaje usual. Se llaman *omnívoros* los animales que toman indistintamente sustancias vegetales y animales (lat. *omnis*, todo; *vorare*, comer); *carnívoros* o *creófagos* (gr. *keas*, carne) los zoófagos que se alimentan de carne de diversos Vertebrados, principalmente Mamíferos, recibiendo el nombre particular de *necrófagos* los que se alimentan de cadáveres, descompuestos o no (gr. *nekrós*, muerto), y el de *ictiófagos* los que se alimentan exclusivamente de peces (gr. *ikthys*, pez); otros se alimentan de insectos, por lo que se denominan *insectívoros* o *entomófagos* (gr. *éntomon*, insecto); se llaman *herbívoros* los que se alimentan de hierba, y en general de las partes verdes de los vegetales, recibiendo el nombre particular de *filófagos* los que se alimentan de hojas (gr. *fyllos*, hoja); *xilófagos* los que se alimentan del leño o madera (gr. *yxlon*, madera); *radicívoros* o *rizófagos* los que se alimentan de las raíces, no debiéndose confundirlos con los *radicícolas*, que son los que viven *parásitos* sobre las raíces (lat. *radix*, raíz; *colére*, habitar); *frugívoros* o *carpófagos* son los que se alimentan de frutos (gr. *karpós*, fruto); *granívoros*, de semillas, etc.

Aparato respiratorio y respiración.—En algunos Metazoos acuáticos de organización sencilla (Pólipos, etc.), en las lombrices de tierra, etcétera, no existe aparato respiratorio localizado, por lo que la respiración se verifica a través de las células de todo su tegumento: esta respiración se denomina *cutánea* y también se realiza con gran intensidad en algunos animales de organización complicada, como en los Anfibios (ranas, et-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cétera). Pero la mayor parte de los Metazoos poseen un aparato respiratorio diferenciado, que puede ser de alguno de los tres tipos siguientes: las *branquias*, los *pulmones* y las *tráqueas*. Las *branquias* son los órganos respiratorios *de la mayor parte de los animales acuáticos* y consisten, en esencia, en porciones limitadas y salientes del tegumento, cuya superficie se halla adelgazada con el fin de permitir activos cambios respiratorios, y por las cuales se extiende rica red de vasos sanguíneos; la forma y disposición de las branquias son sumamente variables, si bien generalmente tienen forma de lámina, filamentos o penachos *(figs. 121, 271 y 305)*.

Los *pulmones son propios de animales aéreos* y consisten en bolsas o cavidades que tienen una



Fig. 173.— Corte transversal de las laminillas branquiales de un pez para mostrar sus vasos sanguíneos. *d*, *b*, *c* (de Claus).

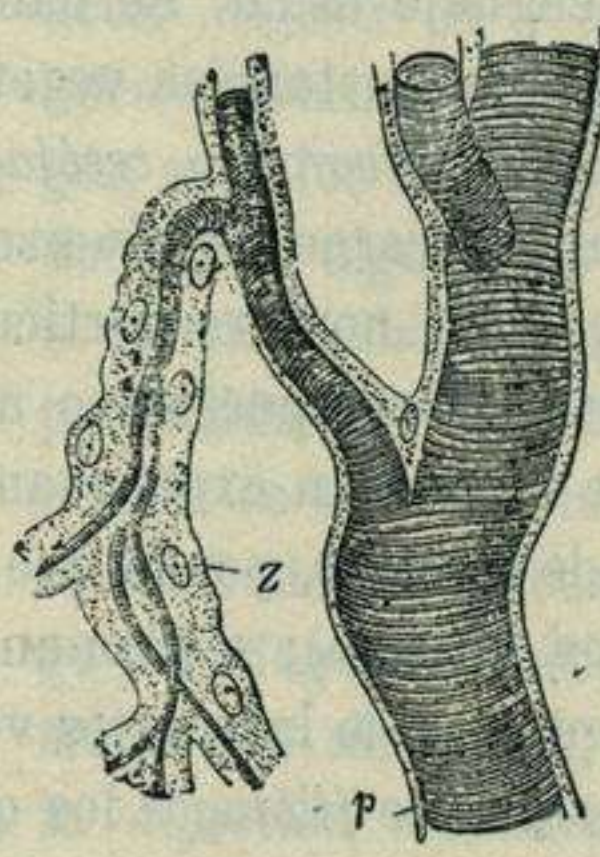


Fig. 174.—Tronco traqueal de un insecto con sus ramificaciones (de Claus).

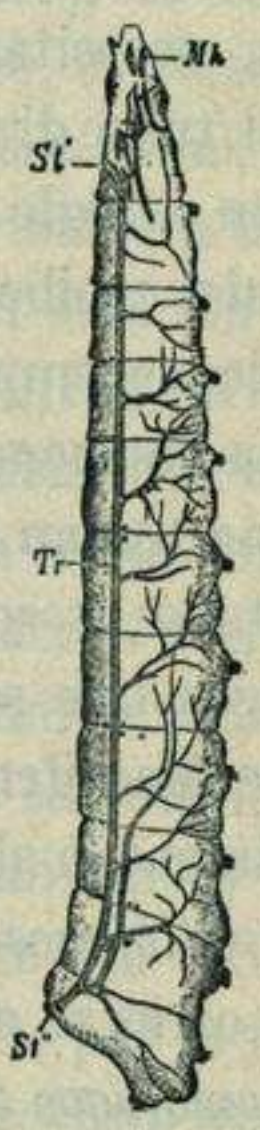


Fig. 175.— Larva de una mosca con su sistema traqueal. *St' St''*, estigma anterior y posterior (de Claus.)

angosta comunicación con el exterior; por la superficie de su pared interior circula en abundancia la sangre. Finalmente, las *tráqueas* son propias de casi todos los *Artrópodos aéreos* y consisten en tubos cilíndricos que se mantienen continuamente abiertos gracias a un espesamiento quitinoso en espiral de sus paredes *(fig. 174)*: comunican con el exterior por medio de orificios denominados *estigmas (figs. 175 y 176)*.

Aparato circulatorio y circulación.—Como la circulación tiene por objeto desplazar o mover continuamente la sangre o los líquidos orgánicos que desempeñan el oficio de ésta, con objeto de que se efectúen los

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cambios nutritivos en todas las células del organismo y puedan alejarse de ellas las sustancias perjudiciales, es indudable que, más o menos desarrollado, tiene que existir en todos los animales un aparato circulatorio.

En los Pólipos existe, según se dijo, una cavidad digestiva destinada a preparar sustancias asimilables, y éstas, mezcladas con el agua que lleva el oxígeno disuelto, van a repartirse por todo el cuerpo o hasta los restantes pólipos, si éstos viven reunidos, merced a pequeños conductos cerrados por su extremo, y que se parecen, si bien muy imperfectamente, a los *vasos* de los animales de organización más complicada, de que ahora se hablará. Por esta razón y por estar en comunicación con la cavidad digestiva reciben, en conjunto, el nombre de *aparato gastrovascular*.

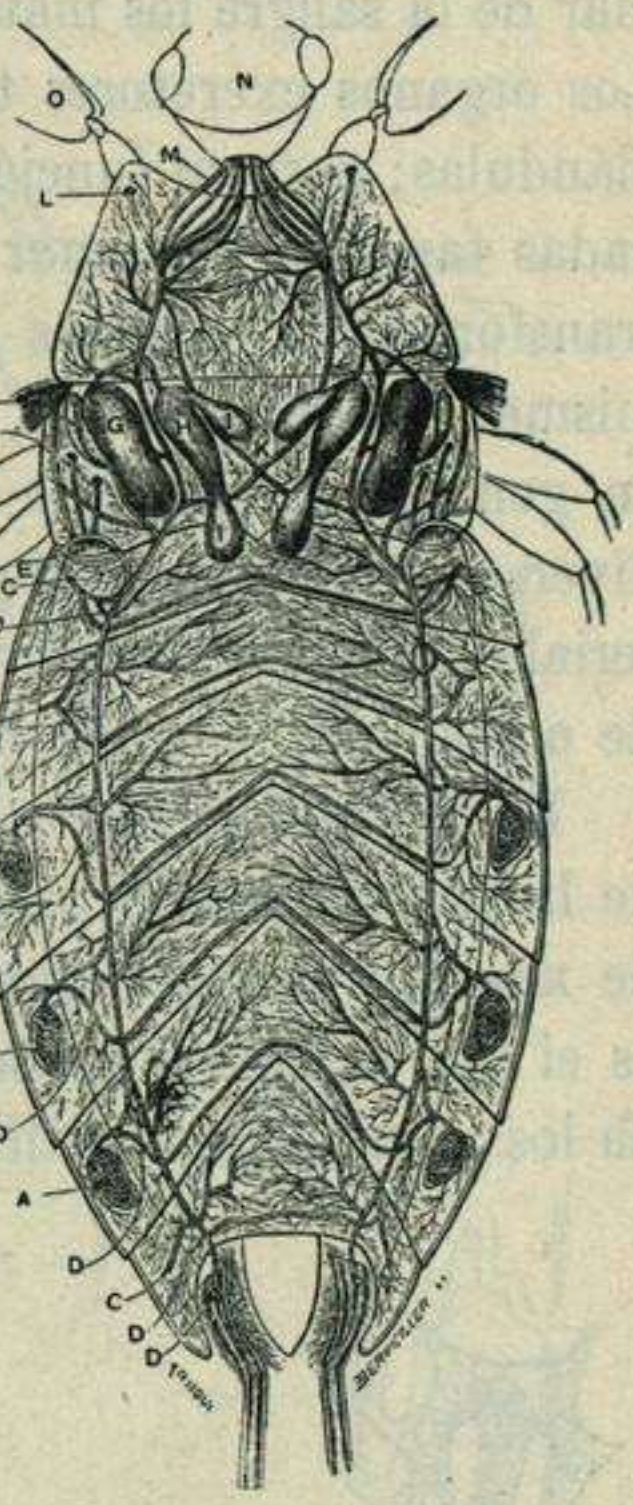


Fig. 176.—Sistema traqueal, muy aumentado, de un insecto *(Nepa cinerea)*. A, A, son estigmas atrofiados; los verdaderos estigmas se encuentran en los dos tubos terminales y comunican con los dos gruesos troncos laterales (según Dufour).

La mayor parte de los restantes Metazoos poseen ya un verdadero aparato circulatorio, si bien en algunos es tan imperfecto que la sangre no se mueve en él sino gracias a las contracciones de los músculos del cuerpo; en otros poseen ya un órgano central o *corazón*, que es musculoso y está encargado de dar impulso a la sangre, la cual sale a distribuirse por todo el organismo por unos conductos o *vasos* denominados *arterias*, y vuelve al corazón por otros denominados *venas*, habiendo entre ambos, en los animales más complicados, unos conductos de menor diámetro denominados *capilares;* el corazón puede poseer una sola cavidad o poseer dos, tres, cuatro y aún más, colocadas una a continuación de otra, caso este último frecuente en los Insectos y algunos Gusanos.

Aparato excretor.—Por efecto del trabajo de las células y de las oxidaciones que en las mismas se verifican, se originan un determinado número de productos que, sobre no serles ya útiles a las células, pueden serles pejurdiciales; esmen ester, por tanto, que dichos productos se eli-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

minen, y para ello existe un aparato, que varía mucho de unos animales a otros, que recibe el nombre de *aparato excretor*, y su función el de *excreción;* este aparato está constituído por los órganos encargados de tomar de la sangre los materiales de desasimilación y arrojarlos al exterior. Los órganos excretores tienen, en general, una estructura análoga a las glándulas; pero su función es muy distinta a la de otras *glándulas* encargadas también de tomar de la sangre diversos materiales, los cuales son transformados en otros que, aunque no sirven para la nutrición de la misma glándula, sirven, sin embargo, para la actividad del organismo en general, puesto que merced a dichos productos pueden verificarse diversas funciones o diversos actos; estas glándulas que producen materiales que ulteriormente servirán al organismo para el cumplimiento de otros fines, constituyen el *aparato secretor*, y su función, la *secreción*.

El *aparato excretor* es el encargado de tomar de la sangre los productos de la desasimilación para verterlos al exterior. La forma más primitiva de aparato excretor que encontramos entre los animales pluricelulares, es el que existe en las solitarias y otros gusanos parásitos del hombre y de los animales domésticos y que recibe el nombre de *protonefridio*. Éste consiste en un complicado sistema de conductos ramificados, cuyas últimas ramificaciones, las más delgadas, terminan en fondo de saco *(figura 177, B)*, y están obturadas por una célula provista de un haz de flagelos o cilios vibrátiles que se mueven en el interior del tubo *(figura 177, A)*. De este sistema de conductos, uno o varios de los troncos o ramas principales más gruesas desembocan en el exterior.

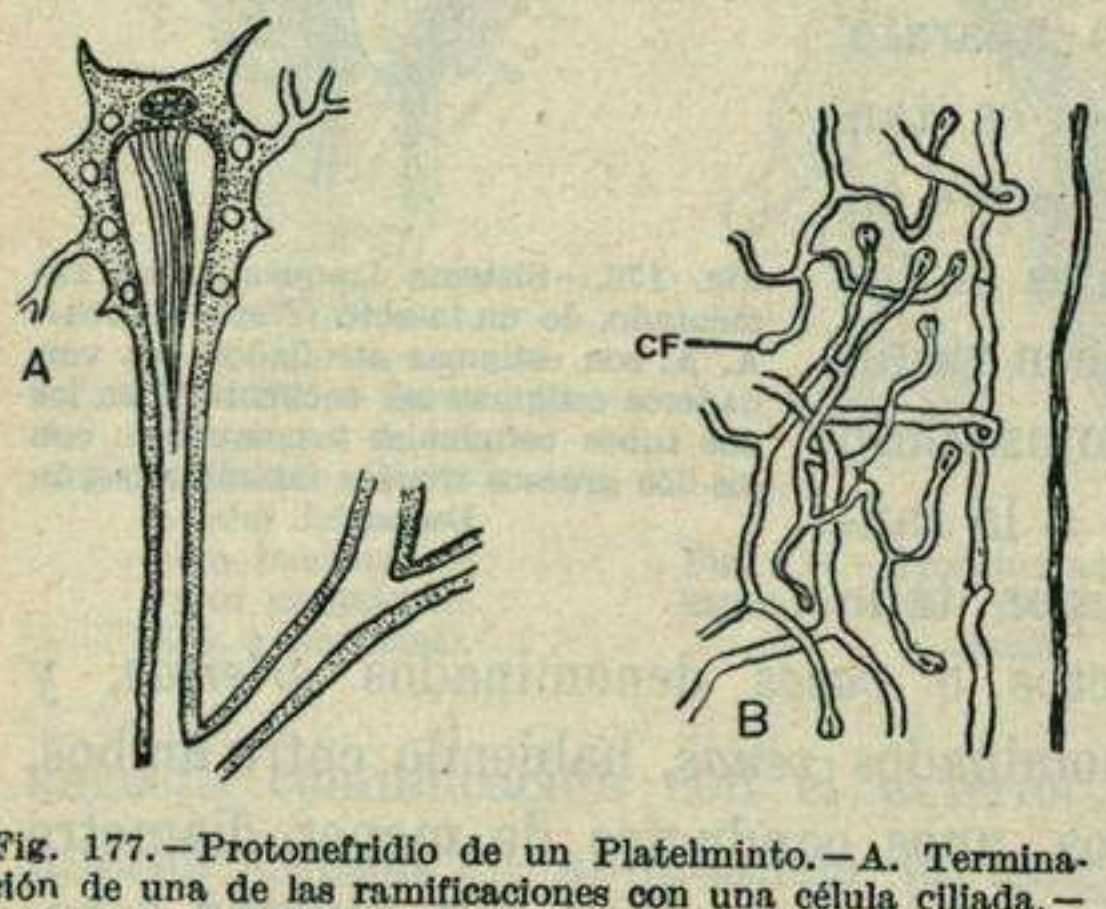


Fig. 177.—Protonefridio de un Platelminto.—A. Terminación de una de las ramificaciones con una célula ciliada.—B. Conjunto del protonefridio de una *Tænia:* CF, célula flagelífera. (Según Pintner.)

En los animales que tienen una cavidad del cuerpo bien constituída, como en los Anélidos, existen unos conductos, dispuestos primitivamente por pares, que desembocan al exterior por un orificio denominado *poro excretor*. En la cavidad del cuerpo estos órganos se abren por un

Instituto San Isidro de Madrid 2008

embudo revestido de células vibrátiles, que recibe el nombre de *nefrostoma*, merced a cuyos elementos ciliados recoge de la cavidad del cuerpo las sustancias de excreción, que salen al exterior después de recorrer el tubo más o menos sinuoso que constituye la mayor parte del órgano y que enlaza el nefrostoma con el poro excretor *(fig. 178)*. Tales órganos reciben el nombre de *nefridios* y de *segmentarios* por presentarse repetidos pareadamente en cada una de las porciones o segmentos en los que el cuerpo de los Anélidos está dividido.

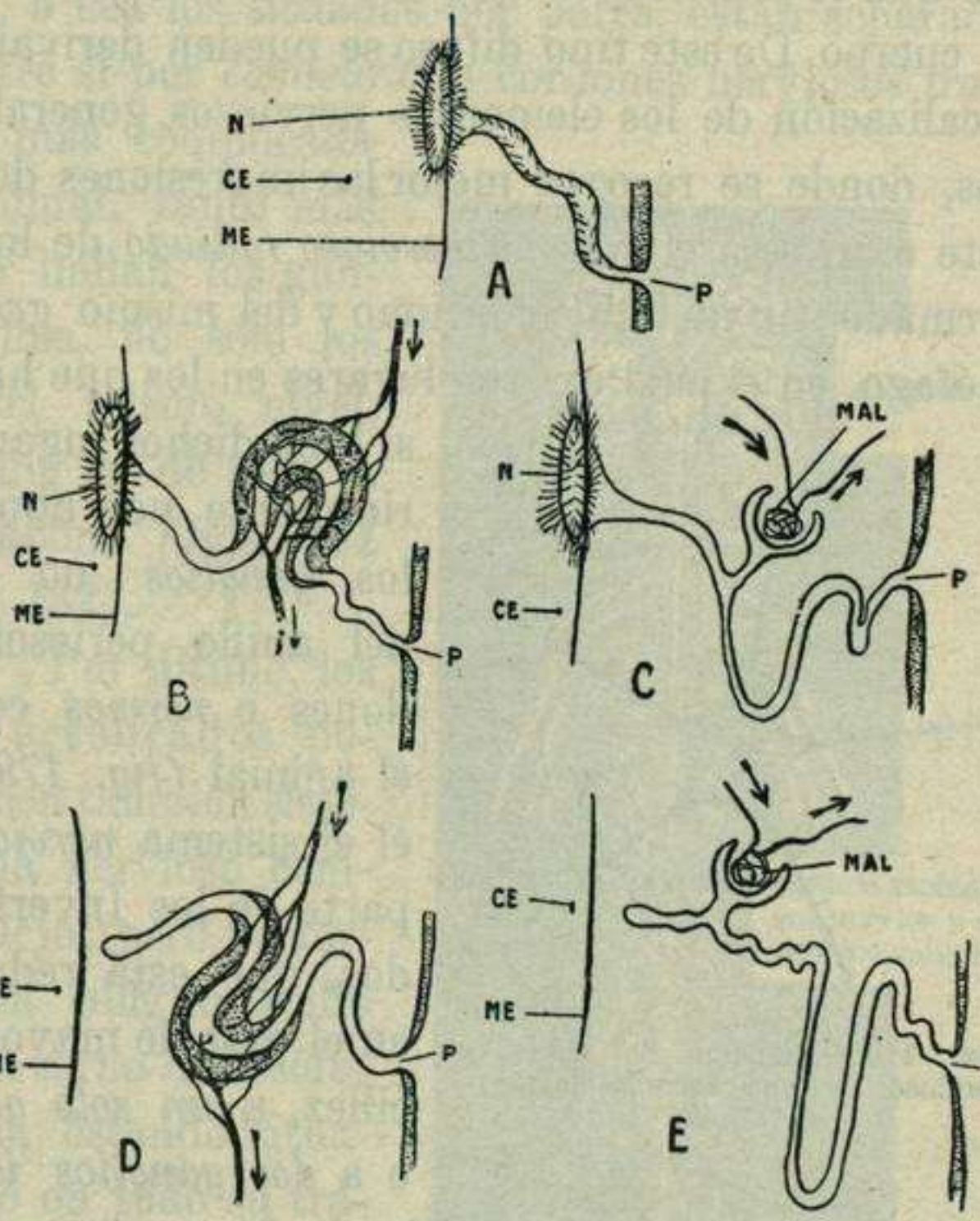


Fig. 178.—A, nefridio primitivo.—B, nefridio evolucionado con una porción en conexión con el aparato circulatorio.—C, esquema de un tubo urinario durante su desarrollo.—D, nefridio que pierde su nefrostoma y en el que persiste la parte en conexión con el sistema circulatorio a través de la cual se realiza la filtración.—E, Tubo urinario más evolucionado que en C, que ha perdido el nefrostoma.

N, nefrostoma.—ME, tabique mesentérico.—P, poro excretor.—CE, cavidad del cuerpo.—MAL, glomérulo de Malpigio.

En estos mismos animales el tubo nefridiano se pone en contacto con los vasos sanguíneos, produciéndose entonces a través de sus paredes una filtración de la sustancia excretada. Esta tendencia se acentúa en otros grupos hasta el extremo que el nefrostoma pierde su función y termina por desaparecer. Así se forma el *riñón* de los vertebrados, que en esencia consta de una infinidad de conductitos extraordinariamente delgados que se entrelazan con los vasos del aparato circulatorio, especialmente con el llamado glomérulo de Malpigio. Cada uno de estos conductitos ha estado provisto durante el período embrionario de algo que recuerda el nefrostoma de un nefridio de un Anélido y que más tarde desaparece *(fig. 178)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

FUNCIONES DE RELACIÓN.—*Sistema nervioso.*—Es muy variable de unos animales a otros. En algunos Metazoos de organización sencilla, de que ya se habló (pág. 167), corresponde al *tipo difuso*, porque los elementos o células que le constituyen aparecen diseminados de un modo uniforme por todo el cuerpo. De este tipo difuso se pueden derivar aquellos en que existe una localización de los elementos nerviosos, generalmente en parajes estratégicos, donde se recogen mejor las impresiones de los órganos sensoriales. En este caso está el *sistema nervioso radiado* de los Equinodermos, que está formado por un *anillo* continuo y del mismo grosor, situado alrededor del esófago, en el cual existen lugares en los que hay agrupaciones de células, si bien dichos lugares no se diferencian exteriormente por abultamientos; es decir, que los *ganglios* no existen individualizados; del anillo periesofágico parten tantos cordones o *nervios* como brazos o radios tenga el animal *(fig. 179);* también corresponde a él el sistema *nervioso ganglionar* de la mayor parte de los Invertebrados, que está reducido, en el caso de mayor sencillez, a *un solo ganglio* o a *dos ganglios iguales* situados en la línea media de la parte anterior del cuerpo y generalmente encima del esófago; por esto se le denomina ganglio o ganglios *supraesofágicos* (lat. *supra*, sobre); a partir de ellos salen gruesos *nervios* en varias direcciones que terminan en varios órganos.

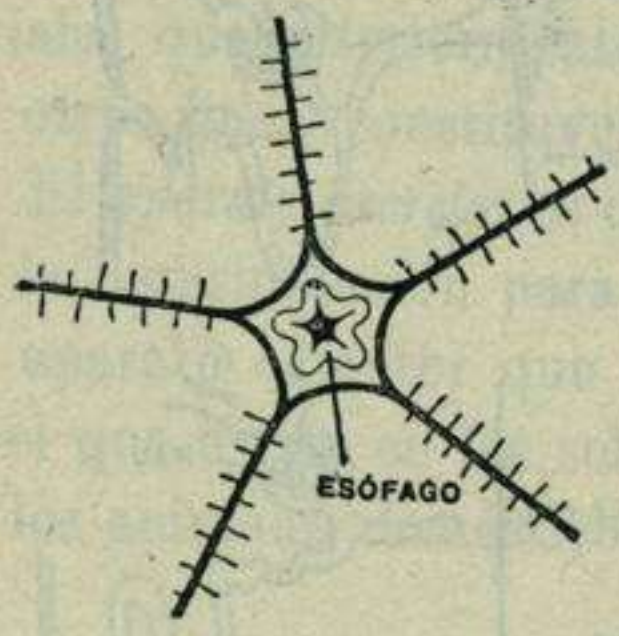


Fig. 179.—Esquema del sistema nervioso de una estrella de mar (s. Claus).

Caso de mayor complicación es en el que se encuentra el sistema nervioso de los Anélidos y los Artrópodos *(fig. 180)*, en los que además de los ganglios cerebroides o supraesofágicos, situados por encima del esófago, existen los ganglios *infraesofágicos* (lat. *infra*, debajo de); uniendo los supra y los infraesofágicos existe entonces un cordón nervioso llamado *collar esofágico* que abarca y rodea al esófago. Finalmente, de-

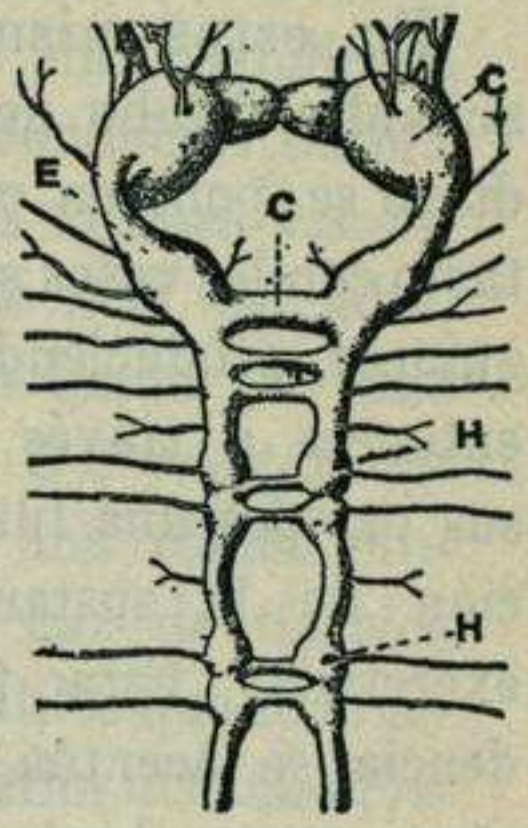


Fig. 180.—Sistema nervioso de un gusano, formado por muchos ganglios unidos por comisuras.—G, ganglios supraesofágicos; E, cordón esofágico; C, comisura del primer ganglio infraesofágico; H, otros ganglios de la cadena.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

trás del esófago, y *ventralmente por debajo del aparato digestivo*, pueden existir numerosos ganglios, constituyendo una *cadena de ganglios* o *cadena ganglionar*, unida por cordones nerviosos *longitudinales*. Cuando los ganglios del mismo nivel, o sea los situados por pares, están separados, se hallan relacionados entre sí por *comisuras* o cordones nerviosos *transversos (fig. 180)*. Cuanto más complicada es la organización del animal, tanto más unidos o concentrados se hallan los ganglios, no sólo los del mismo nivel, sino los de toda la cadena *(figs. 181 y 182)*.

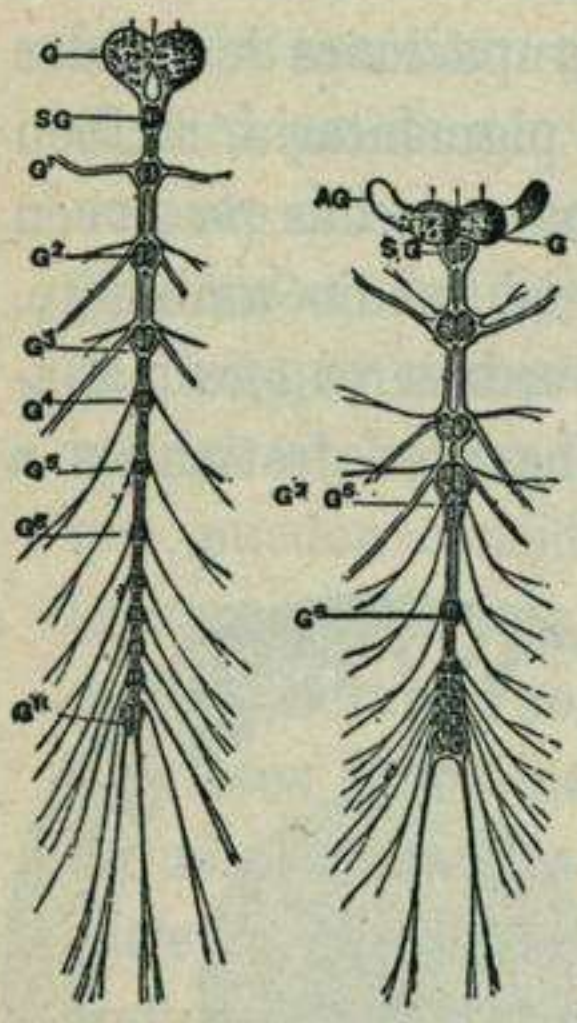


Fig. 181. Fig. 182.

Fig. 181.—Sistema nervioso de una larva de mariquita de las uvas *(Coccinella)*.

Fig. 182.—El mismo del animal adulto; obsérvese la aproximación de los ganglios en sentido longitudinal. En ambas: G, ganglio supraesofágico; SG, ganglio infraesofágico; G^1, G^2, etc., ganglios de la cadena.

Por último, los Vertebrados poseen también sistema nervioso complejo; pero no forma ningún anillo en torno del esófago, estando situado en todo su trayecto *en la parte dorsal y por encima del aparato digestivo*. En otros animales existe mayor concentración de sustancia en los centros nerviosos, los cuales, en su forma más sencilla, consisten en un tubo de longitud variable denominado *médula espinal*, que progresivamente va formando en su porción anterior otras masas nerviosas pareadas que en conjunto constituyen el *encéfalo*, también de complicación muy variable *(fig. 183)*, que presenta interiormente un sistema de cavidades, que son los restos del tubo primitivo, que en estos seres es el origen del sistema nervioso.

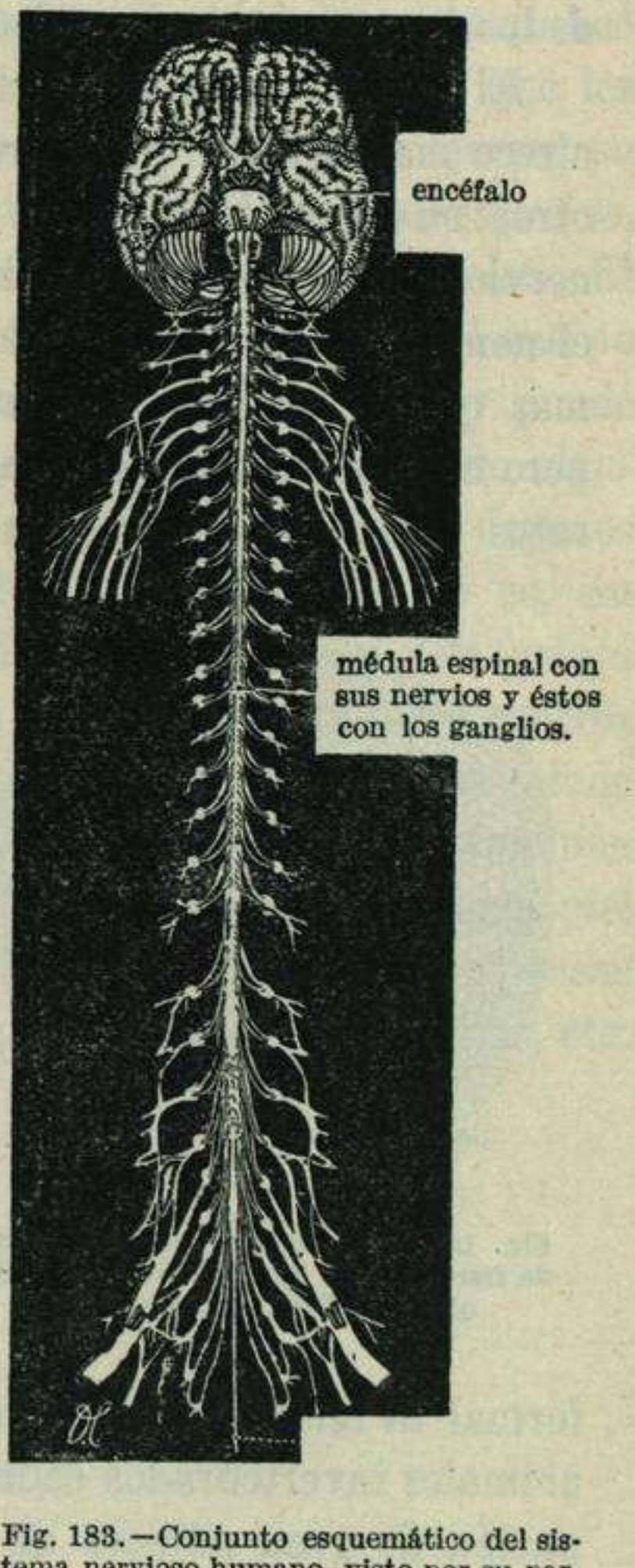


Fig. 183.—Conjunto esquemático del sistema nervioso humano, visto por su parte anterior.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Aparatos de los sentidos.—Los sentidos generalmente admitidos son los del *tacto*, *gusto*, *olfato*, *vista* y *oído*, todos ellos con aparatos propios, si bien en muchos animales poco complicados, y hasta en los Vertebrados, existen algunos aparatos sensitivos que no pueden incluirse en ninguno de los anteriormente dichos. Todos ellos ejercen su función merced a *terminaciones nerviosas*, las cuales se ponen en relación con las células de los órganos centrales del sistema nervioso por intermedio de los *nervios*.

El sentido de la *vista*, juntamente con el del oído, es uno de los que ofrece mayor grado de diferenciación y varía mucho de unos animales a otros: en el caso más sencillo consiste en pequeñas agrupaciones de células nerviosas que, por estar rodeadas de una sustancia pigmentaria, reciben el nombre de *manchas pigmentarias;* se cree que estas manchas no sirven más que para distinguir la claridad u oscuridad del medio ambiente, pero no para apreciar la imagen de los cuerpos; los verdaderos *ojos* o aparatos de la visión consisten en varios medios refringentes destinados a

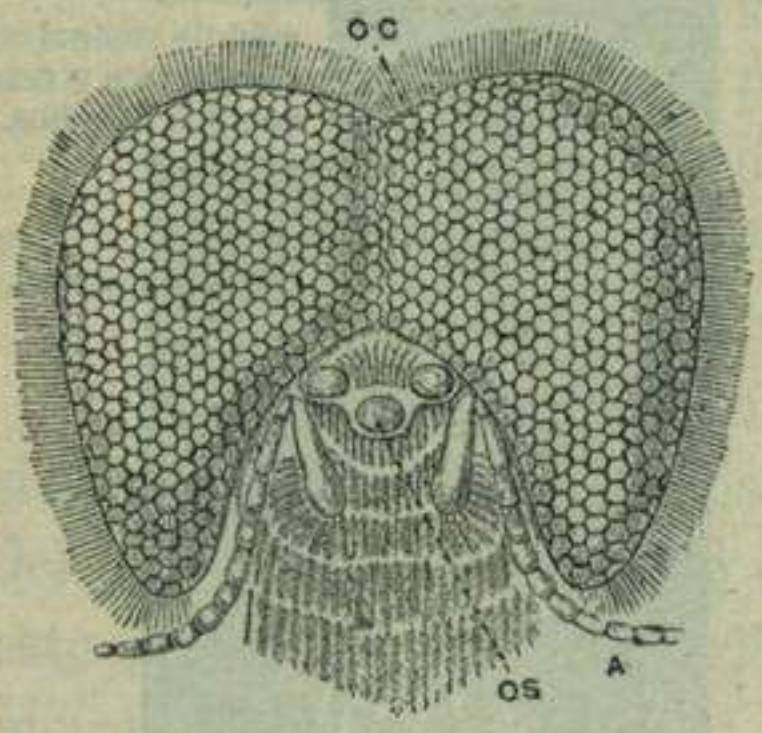


Fig. 184.—Cabeza de un zángano vista de frente.—OC, ojos compuestos; OS, ojos sencillos; A, antenas.

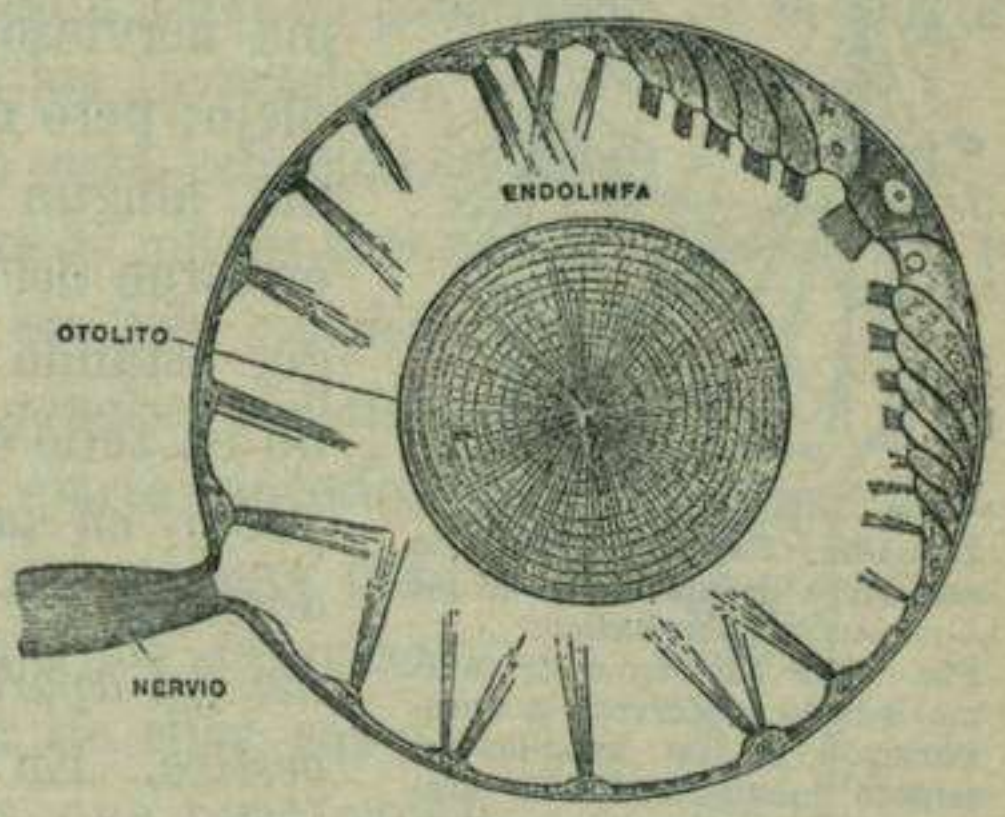


Fig. 185.—Otocisto de un Molusco (s. Claus.)

formar la imagen en la *retina* o membrana sensible a la luz; en muchos animales invertebrados cada ojo está en realidad constituído por la agrupación de gran número de ojos, por lo que reciben el nombre de ojos *compuestos (fig. 184)*. Finalmente, el aparato del *oído* consiste, en el caso más sencillo, en una vesícula cerrada denominada *otocisto* o *vesícula auditiva*, llena de un líquido llamado *endolinfa* y con una o varias concreciones calizas denominadas *otolitos (fig. 185);* en algunos Moluscos, Crustáceos, etc., el otocisto comunica con el exterior y los otolitos son reemplazados por granos de arena. En los Vertebrados el aparato auditivo

Instituto San Isidro de Madrid 2008

es mucho más complicado, pero puede, en esencia, referirse al tipo descripto; en cambio, el de muchos Artrópodos difiere bastante de él, pues consiste en unos pelos rígidos o en membranas tensas que vibran bajo la acción de las ondas sonoras e impresionan a la terminación nerviosa que tienen en un espesamiento, rico en células nerviosas, que se denomina *cresta acústica* o *auditiva*.

Sistemas muscular y esquelético.—Respecto al primero, ya se indicó lo principal al tratar del tejido muscular; basta agregar ahora que los *músculos son los órganos activos del movimiento* y que para ejercer su función necesitan apoyarse en los *órganos pasivos* que forman el *esqueleto*, el cual puede ser de dos clases: el *endo-esqueleto* y el *exo-esqueleto*. El nombre del primero alude a que se halla situado en el interior del cuerpo (gr. *éndon*, dentro); generalmente está formado por los *huesos* y puede decirse que es casi exclusivo de los Vertebrados, pues aun cuando algunos invertebrados (Espongiarios, Crustáceos, etc.) poseen a veces órganos que pueden considerarse como un verdadero endoesqueleto, no es, sin embargo, frecuente en ellos; también se le denomina *neuroesqueleto* (griego *neurón*, nervio), porque en los Vertebrados cubre y protege a los centros nerviosos denominados *médula* y *encéfalo*. El término *exo-esqueleto* alude a que se encuentra fuera del cuerpo del animal (gr. *exo*, fuera); también suele llamarse *dérmato-esqueleto*, porque está formado por la misma piel endurecida por diversas sustancias o por órganos formados a expensas de la piel (gr. *dermatos*, piel), como las escamas, plumas, pelos y uñas, etc.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

FISIOLOGÍA ANIMAL

Funciones de nutrición.—Los animales se procuran su alimento de muy diversas maneras.

En la mayoría de los casos se alimentan a expensas de las sustancias orgánicas elaboradas por otros organismos, ya que, en general, son incapaces de fabricarlas por cuenta propia; tan sólo algunos pocos, principalmente pertenecientes al grupo de los Protozoarios, son aptos para fabricar las sustancias alimenticias en virtud de su propia actividad, por poseer sustancias colorantes que ejercen una función semejante a la de la clorofila de las plantas.

En el primer caso se dice que son *heterotrofos*, y *autotrofos* en el segundo.

Los animales heterotrofos son herbívoros cuando se alimentan de vegetales, y carnívoros cuando lo hacen de animales; pero en último término, sea directa, o indirectamente en los carnívoros, la base de la alimentación de los animales está en los vegetales, en los que la función clorofílica les permite sintetizar materias alimenticias a expensas de los elementos del aire y del suelo.

Los animales herbívoros y carnívoros capturan directamente sus presas, devorándolas y destruyéndolas. Estos seres se denominan *predatores* y obran de un modo diferente a como lo hacen los *parásitos*, tanto de los vegetales como de los animales, que conservan, durante un tiempo más o menos largo, a veces indefinidamente, la vida de su víctima.

Algunos Protozoarios que viven en los charcos de aguas estancadas, son *saprofíticos*, es decir, que pueden tomar directamente las sustancias orgánicas de los seres que en ellos se descomponen por la acción de diferentes fermentaciones o de las materias que eliminan o excretan otros seres, generalmente microorganismos, que viven en el mismo medio.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los alimentos que los animales toman es necesario que sufran intensas transformaciones para que puedan atravesar las paredes de su aparato digestivo y ser, por último, incorporados a su economía, a fin de reparar las pérdidas que su perpetua actividad les proporciona. El conjunto de estas transformaciones constituye la *digestión*, función mediante la cual los complejos orgánicos coloides se transforman en otros más sencillos cristaloides y, por tanto, capaces de atravesar por ósmosis las paredes del aparato digestivo durante la absorción.

Los alimentos, una vez digeridos y absorbidos, se incorporan a la sangre o al flúido orgánico que hace sus veces y recorren los diferentes parajes del organismo en virtud de la *circulación*, que procura que todas y cada una de las células que integran el animal puedan tomar aquellos productos indispensables para su existencia.

Estas células, puestas así en contacto con estas sustancias que la sangre transporta, toman aquellas que les son indispensables, y, en virtud de una serie compleja y poco conocida de transformaciones, los incorporan a su protoplasma propio, del que entran a formar parte. Esta función, esencialmente constructiva, es la que se conoce con el nombre de *asimilación*.

Simultáneamente con estas funciones nutritivas que culminan en el proceso de la asimilación, existen otras que producen la desintegración y degradación de la materia viviente de los animales. Éstos toman, cuando *respiran*, el oxígeno del aire, el cual, transportado por la sangre, se fija sobre las materias carbonadas de los tejidos, dando lugar a la formación de anhidrido carbónico, que, tomando también como vehículo la sangre, llega al aparato respiratorio, desde donde se expulsa al exterior.

El proceso íntimo de la respiración origina las sustancias de desasimilación, que son expulsadas al exterior por la función llamada *excreción*, que tiene su asiento en el aparato excretor.

Las glándulas existentes en los más diversos parajes del organismo toman de la sangre productos diversos, con los que elaboran otros que segregan, los cuales desempeñan en el organismo las más diversas misiones. Ejemplos de secreciones son las del jugo gástrico, la bilis, la de las lágrimas, etc., etc.

Vemos, por tanto, que el proceso constructivo es incompleto en la mayoría de los animales, ya que éstos son incapaces de realizar la síntesis de sus alimentos, lo que les obliga a procurárselos, según acabamos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de decir, de los que forman parte de otros seres vivos, y en último resultado de los que han sido elaborados gracias a la actividad de los vegetales.

Además de los fenómenos generales apuntados, parece ser que en el proceso de la asimilación intervienen determinadas sustancias descubiertas por Hopkins y que han sido denominadas *vitaminas* por Funk.

Desde que se emprendieron los grandes viajes polares se notó que los exploradores, que estaban sometidos a una alimentación exclusiva de conservas, contraían trastornos diversos, entre los que el escorbuto era el más común. Esto era debido a la falta de vitaminas de los alimentos en conserva. Las afecciones producidas por esta causa reciben el nombre genérico de *avitaminosis*, corrigiéndose tomando pequeñas cantidades de alimentos que contengan vitaminas; así, el escorbuto desaparece tomando legumbres o frutas en pequeña proporción, sobre todo de algunas como el limón, que contiene en su jugo gran cantidad de vitaminas.

Estas sustancias unas son solubles en el agua y otras lo son en las grasas. Entre las primeras están las llamadas vitaminas B y C. La vitamina B o *antiberibérica* combate el *beriberi*, afección frecuente en los pueblos de Oriente, como los japoneses y chinos, que se alimentan de arroz blanco o descortezado; esta vitamina se encuentra en la corteza del arroz,



Fig. 186.—Paloma con beriberi experimental. (Según Funk).



Fig. 187.—La misma de la fig. 186, curada por una inyección de ocho miligramos de vitaminas de levadura de cerveza. (Según Funk.)

en otros tejidos vegetales o en la levadura, por lo que el beriberi desaparece tomando el arroz con sus envolturas. La vitamina C es la antiescorbútica a que antes hemos aludido.

Las vitaminas solubles en las grasas son las A, D y E. Las A y D,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que tienen influencia en el crecimiento y en el raquitismo, se encuentran, sobre todo, en el aceite de hígado de bacalao.



Fig. 188.—Raquitismo experimental obtenido en un perro durante cinco meses y medio de alimentación desvitaminada. (Según Drumond.)

Lo notable de las vitaminas es la escasísima cantidad necesaria para advertir sus efectos. Así basta un 0,0006 por 100 de la ración alimenticia de la sustancia que contenga la vitamina A, para que el ser no padezca los efectos nocivos de su falta. De la antiescorbútica, basta con 0,00045 gramos por día de las sustancias que la contienen, y de la antiberibérica, 0,00008 gr. (*) *(figs. 186 a 188)*.

Funciones de relación.—Tropismos y tactismos.—Reflejos. Sensibilidad.—Por las *funciones de relación* se pone el animal en comunicación, no sólo con el medio exterior, sino que coordina la acción de sus distintos órganos. Se distinguen en ellas tres funciones: la *sensibilidad*, la *inervación* y la *locomoción*. La *sensibilidad* es función de los aparatos sensoriales y merced a ella el organismo percibe de qué modo obra el medio ambiente sobre él; la *inervación* o función del sistema nervioso sirve para relacionar y graduar las diversas impresiones transmitidas del medio exterior, y también para que el animal obre sobre distintos órganos y sobre el medio en consonancia con las impresiones recibidas; para que el organismo realice esto último, es decir, se mueva y la *locomoción* tenga lugar, se necesita el concurso del sistema muscular y del esquelético.

Independientemente de la existencia del sistema nervioso, los animales responden de un modo automático e involuntario a ciertos estímulos exteriores.

Sabido es que infinidad de mariposas y otros insectos son atraídos por las luces en la oscuridad de la noche, siendo con frecuencia víctima de esta atracción ciega. No siempre la respuesta es positiva como en el ejemplo anterior, sino que en ocasiones es negativa y los animales se alejan más y más del sitio de donde el estímulo procede.

(*) Sobre las vitaminas que contienen los principales alimentos y algunos otros detalles, puede consultarse la obra *Elementos de Higiene*, 7.ª ed., por O. Cendrero, pág. 148 y siguientes.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Estas reacciones, que reciben el nombre de *tactismos*, pueden ser *positivas* o *negativas*, según que los animales se acerquen o huyan del lugar donde el agente productor de la reacción radique.

Los tactismos son de diversa índole, según la naturaleza del excitante. Cada uno de ellos se denomina anteponiendo a la palabra tactismo otra que alude al estímulo de que se trate: así se dice fototactismo, termotactismo, geotactismo, hidrotactismo, electro o galvanotactismo, quimotactismo, etc., según que éste sea la luz, el calor, la gravedad, la humedad, la electricidad o la acción de las sustancias químicas, etc.

Muchos autores modernos admiten que la atracción o repulsión de los animales por los diversos agentes puede realizarse con independencia de una especie de orientación de las diversas partes del cuerpo en relación con las líneas de fuerza, corrientes de difusión o direcciones, según las cuales los agentes obran. Estas orientaciones son las que estos autores conocen con el nombre de *tropismos*, reservando el de *tactismos* para la mera traslación.

La coincidencia casi general de estos dos fenómenos, es causa de la ambigüedad con que frecuentemente se emplean los términos de tropismo y tactismo.

De un modo análogo a los tactismos, los tropismos se denominan fototropismos, termotropismos, geotropismos, etc.

Las reacciones orgánicas producidas en los animales provistos de sistema nervioso que siguen a una impresión, reciben el nombre de *reflejos*. Este acto supone la *recepción* de la impresión por un elemento o célula sensitiva y su transmisión a un centro nervioso (ganglio, médula, etc.); la *transformación* o modificación de esta impresión en el centro nervioso correspondiente, en el que se elevará la respuesta en consonancia con los elementos excitados; y la *transmisión* de esta respuesta hasta la periferia en la que tiene lugar la respuesta, consistente en un movimiento, en una secreción o en otro acto análogo.

Si en una rana descerebrada producimos una presión en una pata, ésta se contraerá. Esta acción podemos concebirla esquemáticamente con la existencia de una célula sensitiva que reside en ganglios especiales y cuyas terminaciones sensitivas se reparten por la pata. Esta impresión se transmite a otra célula nerviosa llamada motora, que reside en la médula, y cuyas terminaciones nerviosas llegan por unas fibras nerviosas a los músculos de la pata de aquel anfibio. Se comprende que el número

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de células que intervienen en este reflejo, son más de dos; pero todas ellas se agrupan en dos categorías: sensitivas y motoras.

En el reflejo sencillo o inconsciente, que es el que acabamos de señalar, existen dos neuronas; la sensitiva y la motora; pero en la sensación, que tiene lugar en los centros nerviosos superiores, es necesario, por lo menos, la existencia de una neurona sensorial periférica y otra central, una neurona motora central y otra periférica. Se comprende que este proceso se complica a medida que el acto nervioso es más complejo, interviniendo además las llamadas neuronas de asociación.

Todos los actos *intelectuales* o conscientes y los *instintivos* o inconscientes realizados por los animales, tienen un substratum material en el sistema nervioso, y, por lo tanto, están regidos por las células nerviosas o neuronas.

Funciones de reproducción.—La reproducción en los animales obedece a los mismos casos que se han mencionado en la Biología general.

Reproducción sexual.—Se verifica, según se dijo (pág. 74), merced a la intervención de células especialmente modificadas para el cumplimiento de esta función, conocidas con los nombres de *óvulo* y *espermatozoo*. Ordinariamente estas células son producidas por *glándulas* llamadas *órganos reproductores*, que generalmente se encuentran en dos individuos distintos de la misma especie, de los cuales se denomina *masculino* el que produce los espermatozoos en las glándulas llamadas *testículos*, y *femenino* el que origina los óvulos en las glándulas denominadas *ovarios*.

Estudio del espermatozoide: sus clases.—Son células muy modificadas, y siempre menos voluminosas que los óvulos, que tienen la forma muy variable de unos grupos de animales a otros *(figs. 189* y *190)*. En el hombre *(fig. 190)* y otros varios animales *(fig. 189)* consta de tres partes: la *cabeza* o *núcleo*, el *segmento* o *porción intermedia* y el *flagelo* o *cola*. La *cabeza* tiene forma de pera y está formada por dos zonas; una anterior, denominada *capuchón cefálico* o *acrosoma*, es pálida y representa al citoplasma, estando poco desarrollada en el hombre; y otra posterior, formada por la cromatina nuclear condensada en compacta masa y que representa un núcleo con abundante cromatina. El *segmento intermedio* está constituído, procediendo de fuera a dentro, por una tenue capa protoplásmica que le rodea, constituyendo la *vaina citoplásmica;*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en ella está incluído un *filamento espiral*, el cual se enrolla a un eje que continúa con la cola. Entre la cabeza y el segmento intermedio, y apoyado en el eje de éste, existe un centrosoma o *espermocentro* dividido en pequeños fragmentos, y entre el segmento intermedio y la cola existe el otro espermocentro, bien dividido, bien formando un anillo. Y, por último, en la *cola* hay que distinguir: un *filamento central* continuación del segmento intermedio, rodeado por una vaina citoplásmica en toda su longitud, excepto por la punta o *filamento terminal*, en que queda sólo la extremidad del filamento axil. De este flagelo o cola se sirve el zoospermo para moverse.

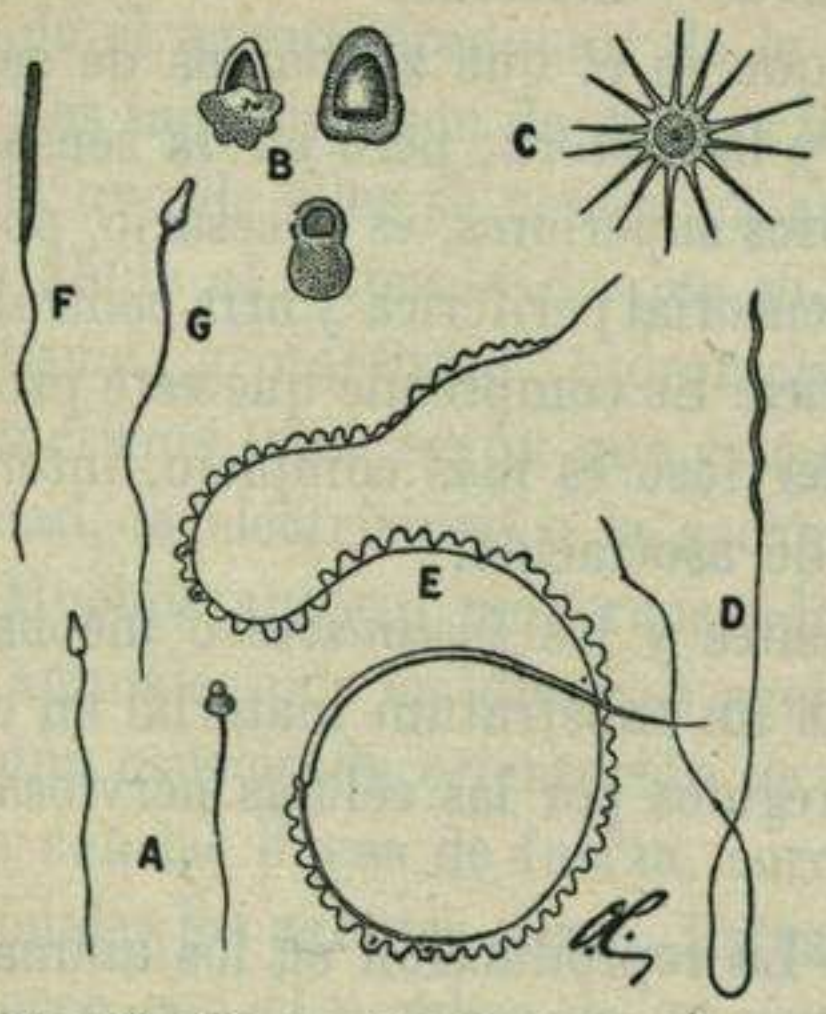


Fig. 189.—Diversos tipos de espermatozoos: *a*, de medusas; *b*, de una lombriz intestinal *(Ascaris lumbricoides)*; *c*, de langosta *(Palinurus vulgaris)*; *d*, de torpedo; *e*, de salamandra; *f*, de rana; *g*, de mono (s. Claus).



Fig. 190.—Esquema de un zoospermo humano.

No en todos los animales los espermatozoides ofrecen esta forma, y, así, en los Crustáceos y en las lombrices intestinales, carecen de flagelo o cola, pudiendo presentar prolongaciones protoplasmáticas radiadas *(fig. 189, B y C)*.

El proceso por el cual se originan los espermatozoides recibe el nombre de *espermatogénesis*, siguiendo en sus rasgos fundamentales las fases mencionadas en la Biología general al tratar del origen de los gametos.

ESTUDIO DEL ÓVULO: SUS CLASES.—El óvulo o célula femenina conserva una arquitectura primitiva, sin ofrecer apenas diferenciación en su protoplasma, por lo que precisamente las células que de ella descienden están facultadas para alcanzar los múltiples tipos celulares que contribuyen a formar parte de los organismos animales.

Los óvulos son células, en general, de gran tamaño, esféricas y pro-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vistas de abundante protoplasma, en el que abundan las sustancias grasas y albuminoideas necesarias para su ulterior desarrollo. Este protoplasma ovular, rico en sustancias de reserva, recibe el nombre de *vitelo nutritivo*, *vitelo* simplemente o *deutoplasma*.

El núcleo de los óvulos suele ser de gran tamaño, rico en cromatina, recibiendo el nombre particular de vesícula germinativa; es frecuente que ofrezcan su nucleolo perfectamente diferenciado, el cual recibe también el nombre de *mancha germinativa* o *corpúsculo de Wagner*.

La membrana ovular, tenue y delicada unas veces, ofrece en otras una recia cubierta, como sucede en el óvulo humano, que se halla envuelto en la llamada membrana pelúcida *(figura 191)*. En ocasiones, estas membranas se ven reforzadas por las que originan los tejidos del ovario.

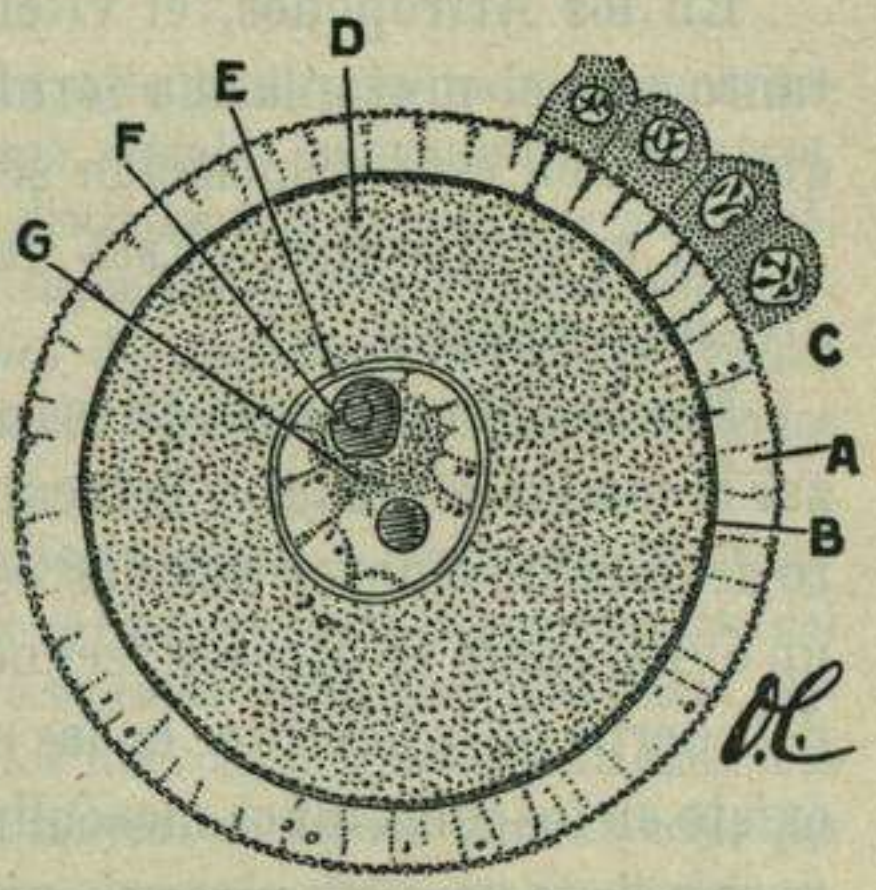


Fig. 191.—Óvulo casi maduro de coneja.—A, membrana pelúcida; B, membrana fundamental o del óvulo; D, citoplasma; G, núcleo; F, nucleolo. (Imitación Cajal.)

Los óvulos de los diferentes animales no son iguales ni obedecen al mismo esquema. Sus principales diferencias estriban en la abundancia o escasez de vitelo nutritivo, y su disposición en relación con el resto del protoplasma, pobre en materiales de reserva, al que también se le denomina *vitelo formativo* o *blastoplasma*.

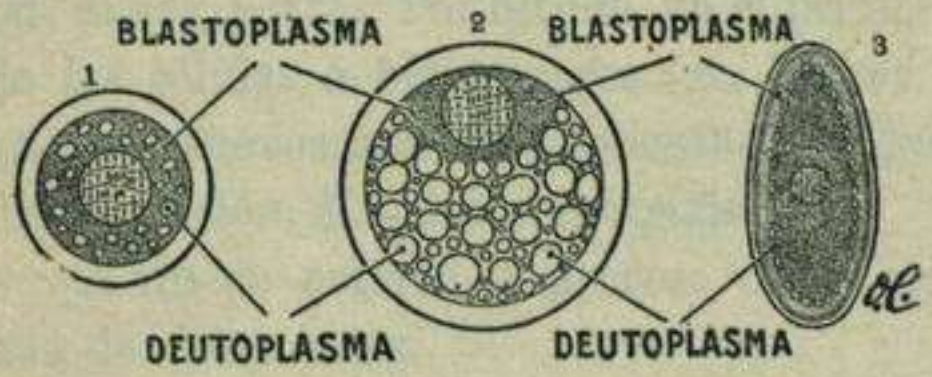


Fig. 192.—Esquema de los tipos de óvulos.—1, alecito; 2, telolecito; 3, centrolecito.

En atención a este carácter se dice que los óvulos son *alecitos* en el caso de que el vitelo nutritivo sea escaso o falte completamente. Poseen huevos alecitos infinidad de invertebrados marinos, como muchos Celentéreos (medusas), esponjas, ciertos Gusanos, algunos Procordados, etc., en los que sus embriones pronto son capaces de procurarse directamente el alimento por sus propios medios *(figura 192, 1)*.

Cuando existe gran cantidad de vitelo nutritivo, éste se puede agrupar en uno de los polos del óvulo y entonces recibe el nombre de *telolecito*. En estas clases de óvulos se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

distingue el polo animal o formativo, en el que existe el núcleo con el vitelo formativo, y el polo vegetativo, en el que domina el vitelo nutritivo o deutoplasma *(fig. 192, 2)*. Esta disposición es la más frecuente en los vertebrados, con excepción de los Mamíferos, que en realidad tienen su óvulo de este tipo, pero de apariencia alecita, ya que durante el desarrollo el embrión, al nutrirse a expensas de los productos nutritivos de la madre, hace inútiles las reservas nutritivas que representa el deutoplasma. Como veremos más adelante, su desarrollo es semejante al de los huevos telolecitos, lo cual comprueba lo que acabamos de decir.

En los Artrópodos, el vitelo nutritivo ocupa el centro del óvulo, en tanto que el protoplasma formativo le rodea completamente. Los óvulos que ofrecen esta disposición se denominan *centrolecitos (fig. 192, 3)*.

La fecundacion.—Esta función se realiza en los animales de muy diversas maneras.

Muchos animales acuáticos abandonan sus elementos sexuales al alcanzar la madurez sexual, y la fecundación se verifica cuando por el movimiento del líquido o de los mismos espermatozoos se encuentra uno de éstos con un óvulo; pero en otros la fecundación es interna, realizándose en el interior del cuerpo de la hembra en las cavidades del aparato generador, por lo que existe en los individuos masculinos un *aparato copulador*, es decir, un aparato que sirve para asegurar el encuentro del óvulo con el espermatozoo; estos aparatos son sumamente variables en los diferentes grupos zoológicos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

EMBRIOLOGÍA ANIMAL

Desde que se verifica la primera división del huevo hasta que termina constituyéndose el nuevo ser, transcurre un espacio de tiempo, variable de unas especies a otras, durante el cual el ser se denomina *embrión;* las distintas formas por que atraviesa, *formas embrionarias*, y el conjunto de éstas constituyen lo que se denomina *embriogenia*, *ontogenia*, *desarrollo embriogénico* u *ontogénico* del individuo, las cuales varían también de unos animales a otros, si bien las primeras fases pueden reducirse en todos ellos a los tipos que a continuación se describen.

Diversos tipos de huevos y su segmentación.—Después de la fecundación, el huevo se divide en dos células. Entonces se dice comienza la *segmentación* del huevo, la cual continúa, sucediéndose repetidas veces estas divisiones; mas dicha segmentación no se realiza de igual modo en todos los huevos, porque hay en ellos una parte, el deutoplasma, que dificulta, según su mayor o menor abundancia, que el blastoplasma o única porción del citoplasma que sigue al núcleo en sus divisiones se divida rápidamente. Así es que *la rapidez de la segmentación* está en razón inversa de la cantidad de deutoplasma que existe en el huevo. La cantidad de deutoplasma influye también *en la extensión de huevo que es afectada por la segmentación*, pues mientras los huevos alecitos se segmentan por completo, la mayor parte de los telolecitos lo hacen sólo en el polo en que se encuentra el disco germinativo y el blastoplasma, quedando sin dividirse el resto del huevo; de aquí que se diga de los primeros que tienen segmentación *total* o que son *holoblásticos* (gr. *holos*, todo, por completo; *blastós*, embrión), y de los últimos que tienen segmentación *parcial* o que son *meroblásticos* (gr. *méros*, parte). Por último, en el primer caso, o sea en los huevos holoblásticos, cuando las células o blastómeros (gr. *blastós*, embrión; *méros*, parte) son iguales, se dice que los huevos son de segmentación *igual regular*, y si son desiguales, se llaman de segmentación *desigual* o *irregular*.

A fin de aclarar el proceso de la segmentación, describiremos brevemente cada uno de estos casos.

En los huevos alecitos, una vez realizada la fecundación se produce el primer plano de segmentación, que da por resultado la formación de las dos primeras células o blastómeros. Poco después se origina un segundo plano de segmentación perpendicular al primero, que da lugar a cuatro blastómeros. Un tercer plano perpendicular a los dos anteriores, y ecuatorialmente situado, produce ocho blastómeros iguales. Cuando el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

proceso sigue esta marcha se dice que la segmentación es *total* e *igual (fig. 193, de I a IV)*.

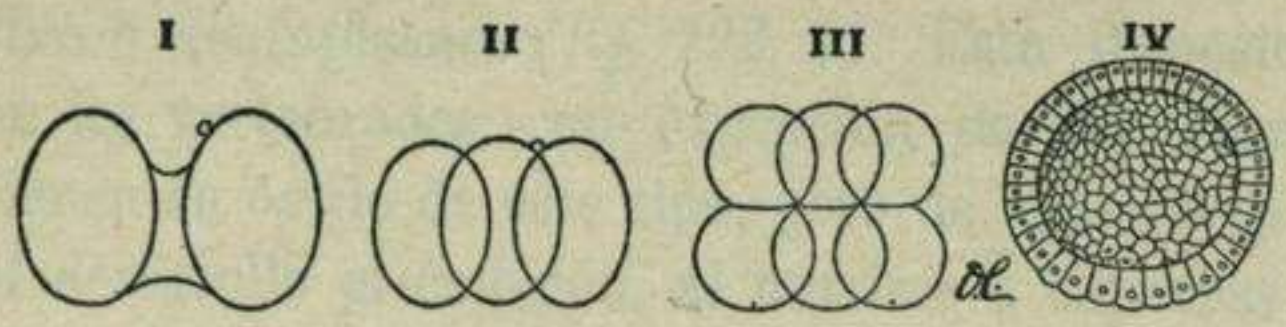


Fig. 193.—Esquema de la segmentación total e igual del huevo de *Amphioxus (Branchiostoma) lanceolatum*. (Imit. Hatschek.)

En los huevos telolecitos, en que el vitelo nutritivo no es muy abundante, la segmentación sigue siendo total; pero los blastómeros que se forman no son todos del mismo tamaño, por lo que se dice que es *desigual*. En este caso, los dos primeros planos de segmentación se forman rápidamente en el polo o extremo del huevo en el que abunda el protoplasma formativo, en tanto que avanzan con extraordinaria lentitud en el opuesto, en el que se acumula el vitelo nutritivo. Este retraso es tanto mayor cuanto más abundantes sean las sustancias de reserva del vitelo. El tercer plano no ocupa ya una posición ecuatorial, sino que, por el contrario, se aproxima al polo en que predomina el vitelo formativo. Esto da lugar a la formación de ocho blastómeros desiguales: cuatro grandes o *macrómeros*, con protoplasma rico en productos nutritivos, y cuatro pequeños o *micrómeros*, pobres en estas sustancias. La segmentación *desigual* y *total* es típica de los Anélidos, los Moluscos y los Batracios, entre otros animales *(fig. 194)*.

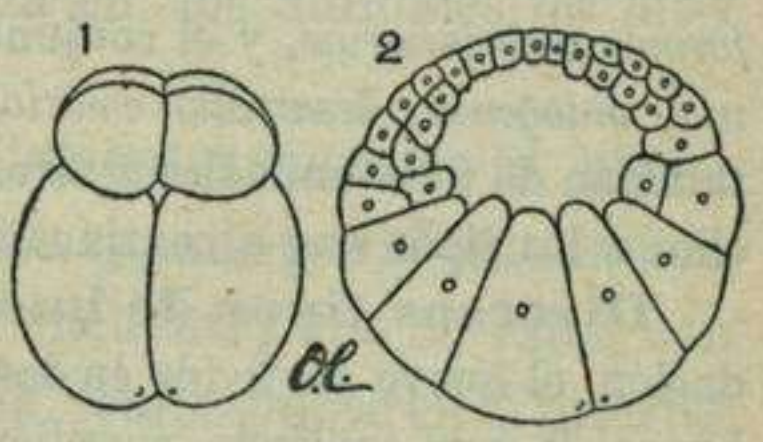


Fig. 194.—Esquema de la segmentación total y desigual del huevo de una lamprea *(Petromyzon)*.—1, las 8 primeras esferas de segmentación; 2, blástula. (Imit. Shipley.)

Cuando los planos de segmentación no afectan a toda la masa del óvulo, se dice que ésta es *parcial*. Ésta puede ser de dos clases: *discoidal* y *periférica* o *superficial*. La primera es típica de los huevos telolecitos, muy ricos en productos vitelinos. En este caso, los planos de segmentación sólo invaden la parte del vitelo formativo, que tiene la forma de un casquete, quedando indivisa la parte donde abunda el deutolecito. Tal procedimiento de segmentación es característica de los Cefalópodos, los Peces y las Aves, en los que precisamente el embrión se forma en esta porción, que por ello recibe el nombre de *área embrionaria (figura 195*, C).

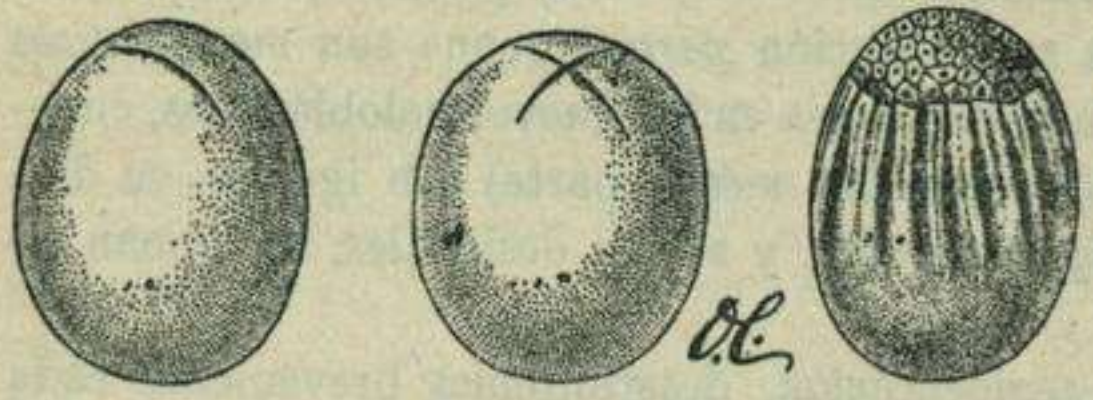


Fig. 195.—Esquema de la segmentación parcial y discoidal del huevo de un Cefalópodo *(Loligo Pealii)*. (Imit. Watase).

Los huevos centrolecitos sólo experimentan la segmentación en la *capa superficial* de protoplasma formativo, quedando indiviso el vitelo nutritivo, que, como antes se ha dicho, ocupa la parte central *(fig. 196)*.

Primeros estados embrionarios.—La segmentación da por último resultado la formación de un grupo numeroso de células. Esta primera fase recibe el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nombre de *mórula*, por la semejanza que ofrece con el fruto de la mora, especialmente aquellas que proceden de un huevo de segmentación total e igual *(fig. 197)*.

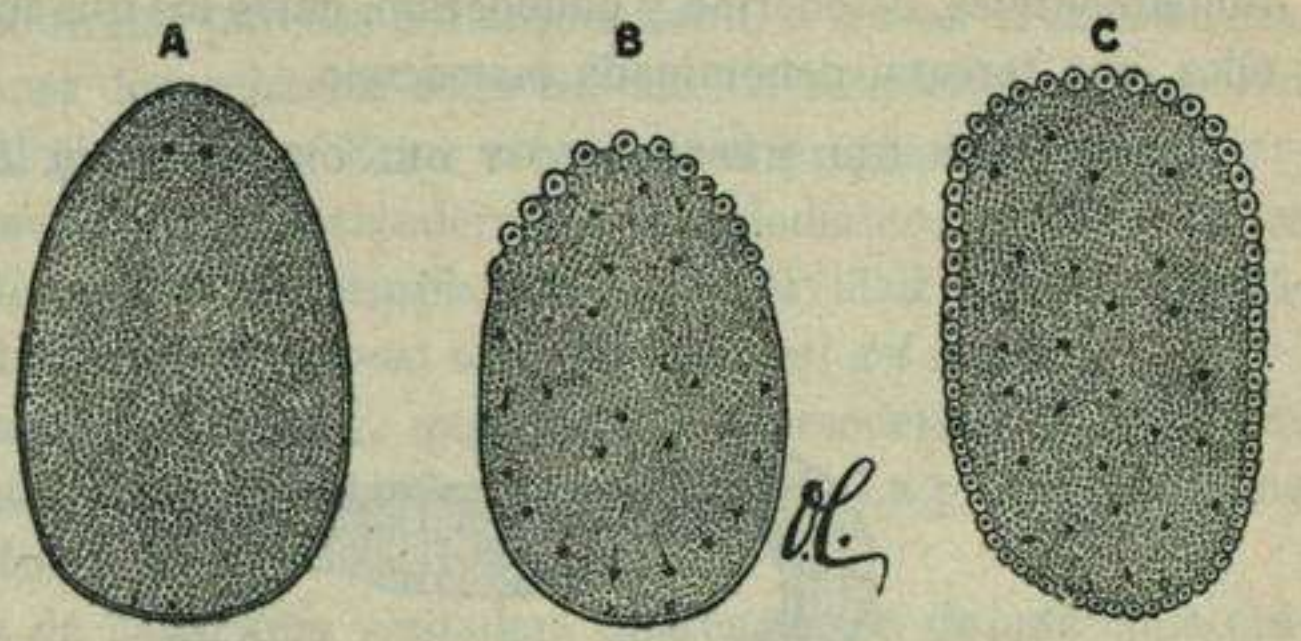


Fig. 196.—Esquema de la segmentación parcial y periférica del huevo de un insecto *(Pieris crataegui)*. B y C, comienzo y terminación de la formación del blastodermo. (Imit. Bobretzky.)

En el interior de esta masa celular se forma una cavidad, que aumenta a medida que el desarrollo progresa, la cual se llama *cavidad de segmentación.*

Alrededor de esta cavidad, las células se disponen en una capa celular única, de aspecto epitelial, que recibe el nombre de *blastodermo.* Cuando el embrión adquiere este aspecto se dice que se encuentra en la fase de *blástula (fig. 197).* En los huevos con mucho vitelo, esta cavidad es muy angosta, llegando a faltar en los huevos centrolecitos y a ser una pequeña hendidura en los de segmentación discoidal.

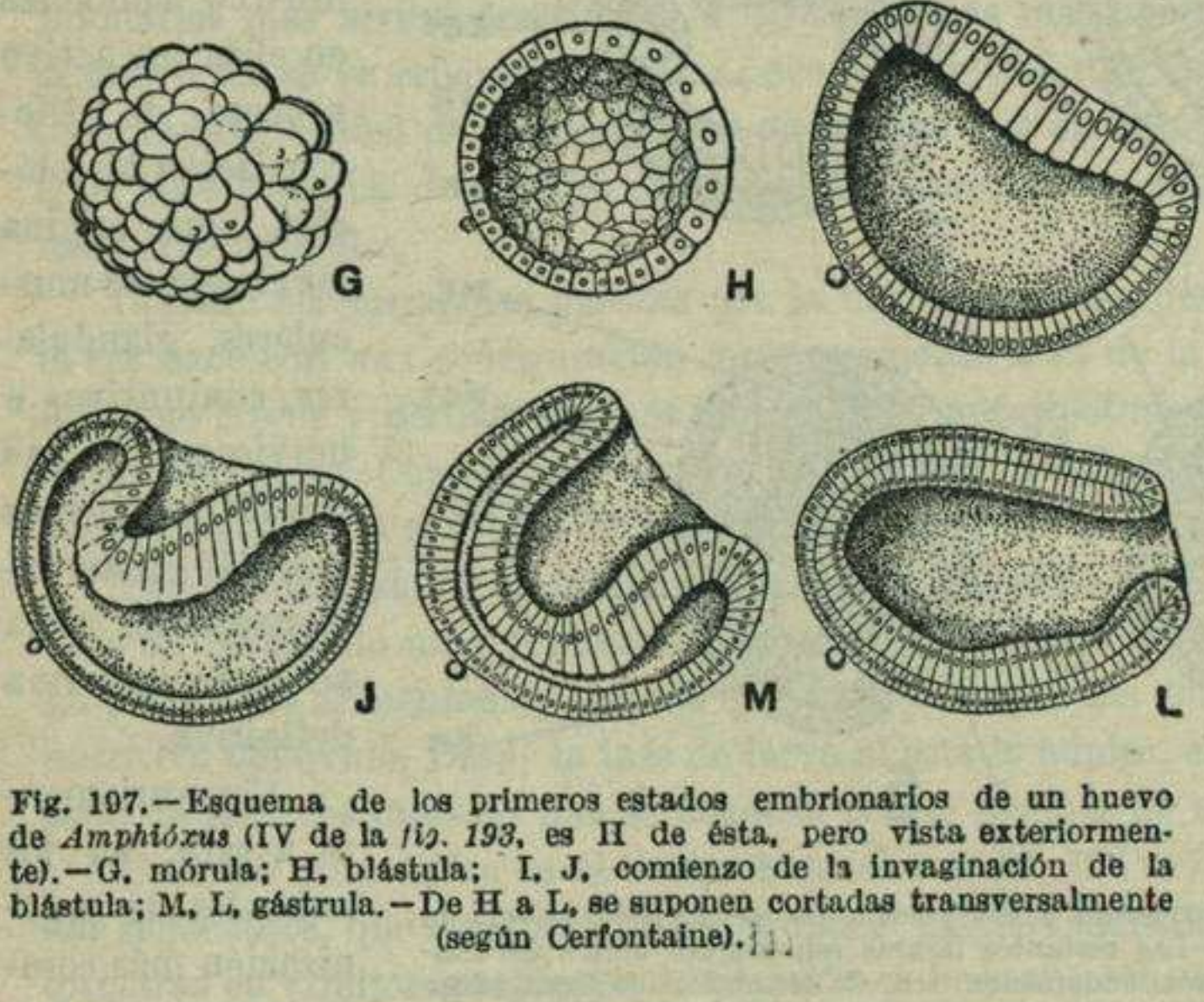


Fig. 197.—Esquema de los primeros estados embrionarios de un huevo de *Amphióxus* (IV de la *fig. 193*, es H de ésta, pero vista exteriormente).—G, mórula; H, blástula; I, J, comienzo de la invaginación de la blástula; M, L, gástrula.—De H a L, se suponen cortadas transversalmente (según Cerfontaine).

Después de la blástula, la mayoría de los animales pluricelulares pasan por la fase de *gástrula*, formada de dos capas de células. Los huevos de segmentación total e igual son los que ofrecen la fase de gástrula con mayor claridad y sencillez.

La blástula se va deformando hasta tomar una forma especial de copa con una abertura más o menos amplia. Para ello, una parte de la blástula se hunde o se invagina, disminuyendo, como es consiguiente, la cavidad de segmentación, como sucedería con una pelota de goma en la que con el dedo hundiésemos una porción determinada. Siguiendo este proceso, la cavidad de segmentación termina por desaparecer, y el embrión queda formado por dos estratos de células denominadas *capas blastodérmicas:* una exterior *ectodermo* y otra interior o *endodermo*, que limita una *cavidad* llamada *gastrular* o *arquenteron primitivo*, que comunica con el exterior por un orificio llamado *blastoporo (fig. 197)*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

No siempre se sigue el mismo proceso en la gastrulación; pero sea de un modo o de otro, los animales pasan por una fase embrionaria con dos capas bastodérmicas fundamentales, ectodermo y endodermo, entre los que más tarde aparece, en casi todos ellos, una tercera, denominada *mesodermo*.

FORMACIÓN DEL MESODERMO Y DEL CELOMA *(fig. 198)*.—En muchos animales de constitución sencilla, como la mayoría de los incluídos en el grupo de los Celentéreos o Pólipos, no existen más que dos capas blastodérmicas, deteniéndose en el desarrollo al alcanzar el estado de gástrula. Desde este momento comienza en ellos un activo proceso de diferenciación histológica, que origina los elementos musculares, glandulares, conjuntivos o nerviosos, y las modificaciones morfológicas indispensables para adquirir la forma definitiva.

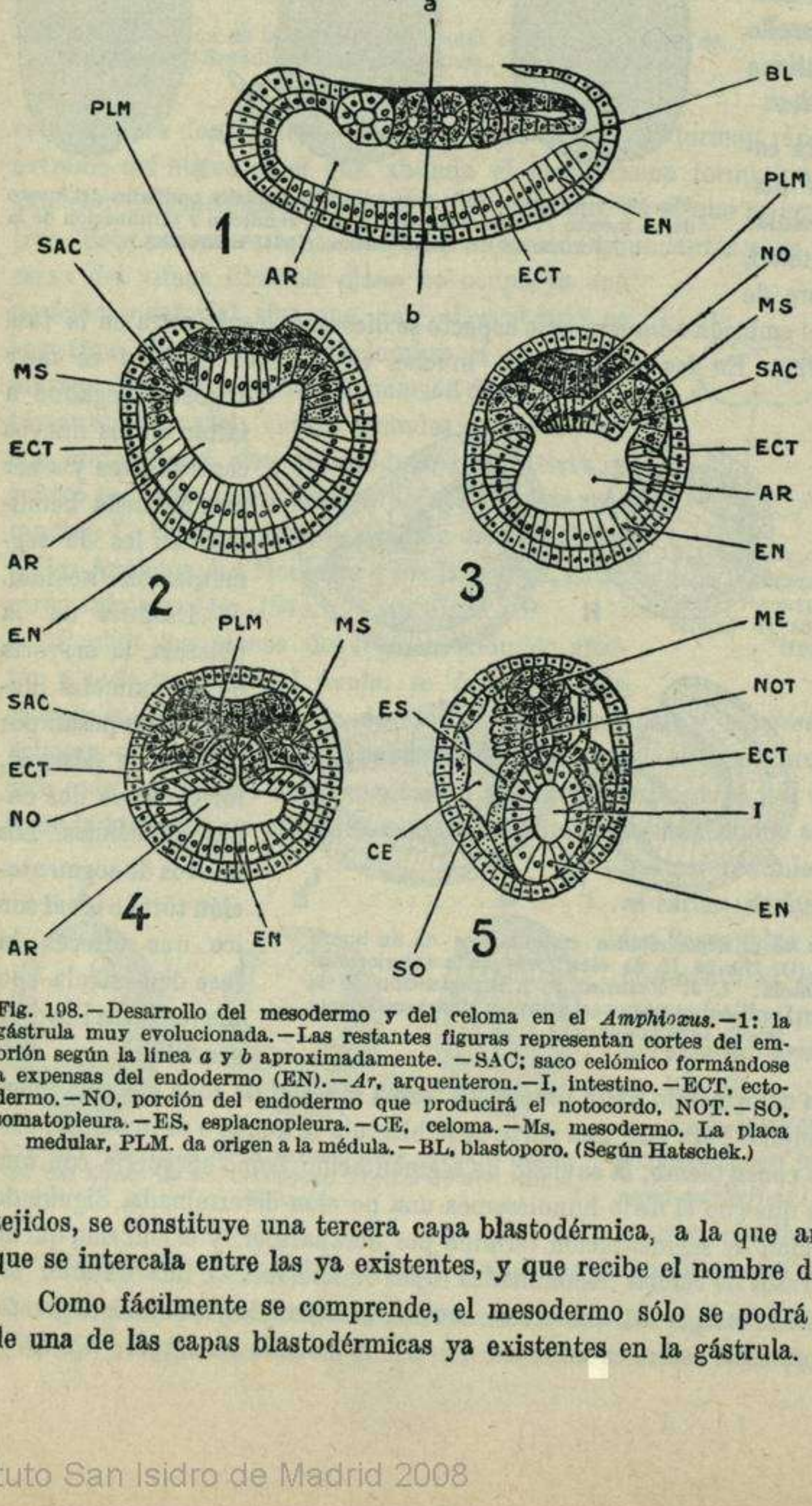


Fig. 198.—Desarrollo del mesodermo y del celoma en el *Amphioxus*.—1: la gástrula muy evolucionada.—Las restantes figuras representan cortes del embrión según la línea *a* y *b* aproximadamente. —SAC; saco celómico formándose a expensas del endodermo (EN).—*Ar*, arquenteron.—I, intestino.—ECT, ectodermo.—NO, porción del endodermo que producirá el notocordo, NOT.—SO, somatopleura.—ES, esplacnopleura.—CE, celoma.—Ms, mesodermo. La placa medular, PLM. da origen a la médula.—BL, blastoporo. (Según Hatschek.)

Contrariamente a esto, en los animales de organización más compleja, antes de iniciarse la diferenciación de los órganos y la de los tejidos, se constituye una tercera capa blastodérmica, a la que antes hemos aludido, que se intercala entre las ya existentes, y que recibe el nombre de *mesodermo*.

Como fácilmente se comprende, el mesodermo sólo se podrá formar a expensas de una de las capas blastodérmicas ya existentes en la gástrula. La capa de la cual

Instituto San Isidro de Madrid 2008

procede es constantemente el endodermo, ofreciendo algunas variaciones en los diferentes grupos, la manera como se produce esta diferenciación.

En el caso más general, sobre las paredes del arquenteron, o sea en el endodermo, se producen unas invaginaciones denominadas *sacos celómicos* o *enteroceles*, cuya pared celular no es otra cosa que el mesodermo. Estos sacos crecen progresivamente, intercalándose en el espacio que media entre el ectodermo y el endodermo, o sea los restos de la cavidad de segmentación, que es así reemplazada por la cavidad de los sacos celómicos. Esta cavidad recibe el nombre de *celoma* o *cavidad general del cuerpo*.

En el proceso que acabamos de reseñar, una parte del mesodermo se sitúa por debajo del ectodermo, en tanto que la otra recubre al endodermo. La primera se llama la *somatopleura*, y *esplacnopleura* la segunda.

En algunos casos, en vez de haber una verdadera diferenciación de una capa epitelial, el espacio entre el ecto y el endodermo se rellena por células emigradas del endodermo, formando un *mesenquima*, no mesodermo, en el que pueden fraguarse cavidades irregulares que entonces reciben el nombre de *esquizoceles* o *esquizoceloma*.

Desarrollo directo e indirecto.—Metamorfosis; metamorfosis progresivas y regresivas.—Desde el momento que el huevo ha sido fecundado, comienza una serie de cambios y modificaciones que dan origen a las fases embrionarias más arriba descritas y a otras muchas más complejas. En estos cambios, el nuevo ser se va esbozando poco a poco en el interior de las cubiertas del huevo, alimentándose, o bien de las sustancias de reserva que en aquél yacen (vitelo nutritivo), o de las sustancias del cuerpo de la madre, como sucede en los Mamíferos y en algunos otros animales.

Cuando las sustancias puestas por la naturaleza a su disposición son abundantes, el ser nace con una configuración muy semejante a la de la fase adulta, no teriendo más que crecer y perfilar algunos rasgos de su arquitectura orgánica para alcanzar su forma definitiva. Cuando esto ocurre, se dice que el animal tiene un *desarrollo directo*, como sucede en la mayoría de los vertebrados.

Por el contrario, si el vitelo es escaso, el *desarrollo es indirecto*, ya que el animal nace en un estado muy retrasado, que recibe el nombre de *larva*, en el cual comienza un período de alimentación intensa que trata de suplir las deficiencias del escaso vitelo nutritivo del óvulo. Desde la fase de larva al estado adulto, el animal experimenta una serie de cambios intensos que se conocen con el nombre de *metamorfosis*.

Un caso muy típico es el de los batracios *(figs. 124 a 130)*, cuyas larvas, llamadas renacuajos, que respiran por branquias el oxígeno disuelto en el agua, deben transformarse en adultos que tienen respiración pulmonar. Así vemos extraordinarias diferencias entre la forma de una rana o un sapo y la de los renacuajos, que tienen una constitución muy semejante a la de un pez. Para que el renacuajo acuático se convierta en adulto, es menester que su aparato respiratorio se modifique, a fin de que pueda respirar el oxígeno atmosférico, que aparezcan sus patas y que su cola se atrofie, ya que es inútil para su nuevo género de vida terrestre.

Otro caso muy conocido de desarrollo indirecto es el de muchos insectos. En las mariposas, por ejemplo, del huevo nace una oruga o larva *(figs. 199 y 200)*, con boca masticadora y muy voraz, que se transforma en una crisálida o ninfa, inmóvil y en-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vuelta en resistente cubierta *(fig. 201)*, de la que, por último, sale el insecto adulto *(figura 202)*, alado y con su boca provista de una trompa arrollada en espiral *(figura 203)*, con la que toma los jugos de las plantas, ya que es incapaz de alimentarse de las sustancias sólidas que devoró la larva con las poderosas mandíbulas de que estaba dotada.



Fig. 199.—Oruga.



Fig. 200.—La misma preparándose para pasar a crisálida.



Fig. 201.—Crisálida, sujeta por el hilo de seda segregado por 200.



Fig. 202.—Insecto adulto.

Desarrollo indirecto de la mariposa *Papilio machdon*.

En los casos mencionados, el animal, durante todo el proceso de su metamorfosis, va complicando su organización por la adquisición de nuevas disposiciones orgánicas o diferenciación de las antiguas. Por esta razón estas metamorfosis reciben el nombre de *progresivas*.



Fig. 203. — Esquema de la espiritrompa, Mx, de una mariposa.

En otros casos, por el contrario, las metamorfosis son *regresivas*, como sucede en los parásitos, de los que es buen ejemplo la *Sacculina* (véase pág. 208 y figs. 226 y 227), que cuando es joven lleva una existencia nadadora en el seno de las aguas y cuando es adulta vive parásita del cangrejo de mar. En esta última fase no necesita ni órganos locomotores, ni sensoriales y apenas nerviosos, que degeneran y desaparecen en el transcurso de su metamorfosis.

Caso análogo sucede con las Ascidias, que en su fase larvaria son seres nadadores de organización compleja, la cual se simplifica extraordinariamente cuando la larva se fija para dar lugar al adulto sedentario.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ECOLOGÍA ANIMAL

El animal en sus relaciones con las circunstancias físico-químicas y biológicas del medio.—Los seres vivos, y por tanto los animales, no viven indiferentemente en cualquier paraje, sino precisamente en aquellos en los que concurren una serie de circunstancias cuyo conjunto se acomoda a su peculiar modo de ser. Las influencias físicas o biológicas representan un papel indudable en las actividades de los animales, siendo ellas las que determinan, en gran parte, la lucha por la existencia y las que restringen el espacio que ocupan en la superficie del Globo. Así, determinadas especies de animales necesitan para su vida ciertas condiciones de temperatura, humedad, luz, etc., no pudiendo habitar aquellos lugares en que éstas no concurren.

La ecología animal se ocupa particularmente del modo como los animales reaccionan ante estas circunstancias del medio ambiente. La ecología está en íntima relación con la fisiología animal, que atiende a su actividad independientemente del medio en que ésta se desenvuelve.

Durante mucho tiempo se ha creído que los animales están modelados por el medio ambiente de tal modo que terminan por estar completamente adaptados a sus condiciones. Esta influencia se limita a los individuos, no ejerciendo influjo sobre la especie, ya que es muy discutible la herencia de los caracteres adquiridos (véase pág. 115).

Es aventurado establecer relaciones demasiado esquemáticas entre los caracteres de los pobladores de un determinado medio y sus condiciones. Así, mientras que para unos los animales cavernícolas son ciegos por efecto de la falta de luz, para otros, muchos de los naturalistas modernos, estos seres buscan refugio en las cavernas precisamente por ser ciegos.

Sea por una o por otra causa, lo cierto es que existe una marcada

Instituto San Isidro de Madrid 2008

relación entre los animales y el medio en el que se desenvuelven sus actividades.

Señalaremos aquí algunos de los casos más notables y característicos.

Existe una estrecha correlación entre el régimen alimenticio y la forma y disposición del aparato digestivo. En los carnívoros, los órganos duros trituradores, como los dientes, son aguzados, cortantes, como los de las fieras; en tanto que en los herbívoros son aplanados, dispuestos especialmente para triturar los alimentos vegetales. También existe una relación entre la longitud del tubo digestivo y el régimen alimenticio. Los carnívoros tienen un intestino mucho más corto que los que se alimentan de vegetales. La rana, que en la edad adulta es carnívora, tiene el intestino proporcionalmente mucho más corto que el del renacuajo, que es omnívoro. En las aves existen también curiosas adaptaciones del pico y de sus patas a los diferentes regímenes alimenticios.

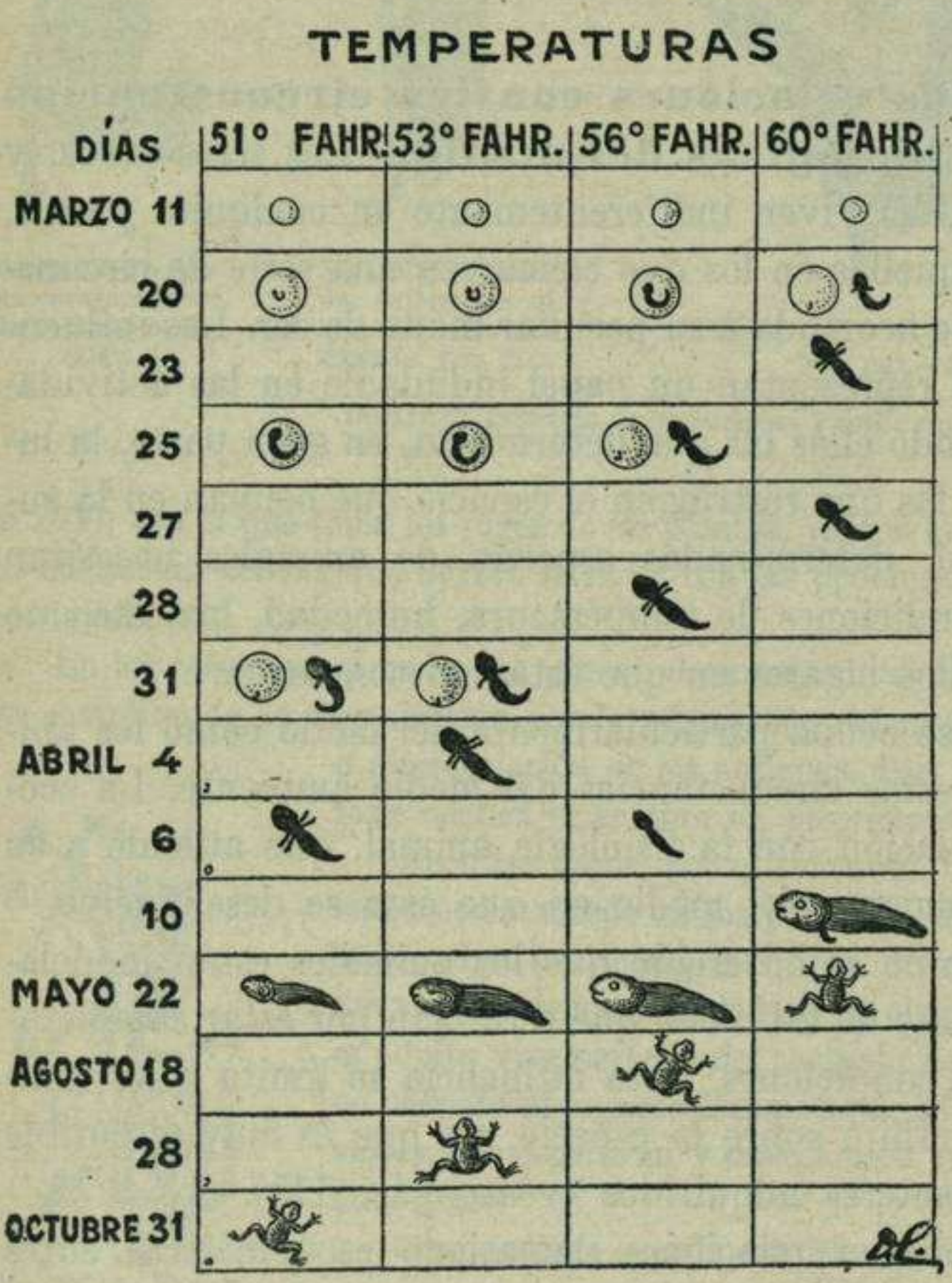


Fig. 204.—Cuadro comparativo del desarrollo de la rana y de la influencia que sobre él ejerce la temperatura. (Imit. Higgenbottam.)

Entre las condiciones externas que ejercen mayor influencia está la temperatura. Sabido es que la vida se desenvuelve entre dos límites: uno superior y otro inferior, traspasados los cuales ésta no es posible. En los animales de sangre caliente, los 45° representan una temperatura fatal actuando durante muy poco tiempo, y

Instituto San Isidro de Madrid 2008

obrando durante un tiempo más prolongado, la de 41º a 42º; se admite que en estos casos la muerte se produce por coagulación de las proteínas, y si existe diferencia en el límite superior en las diversas especies depende probablemente de que las diferentes proteínas se coagulan a distintas temperaturas.

La temperatura ejerce una decisiva influencia en el desarrollo embrionario, que fué puesta en evidencia por Lillie y Knowlton en el desarrollo del huevo de la rana *(fig. 204)*. Estos mismos hechos han sido comprobados en otros muchos casos, teniendo hoy el valor de una ley general, hasta el punto que Loeb afirma que si se pudiesen suprimir las causas de error, sería posible determinar la temperatura en función de la rapidez como se suceden las primeras fases embrionarias de ciertos Equinodermos.

La temperatura produce cambios importantes en la pigmentación de muchos animales. Algunas especies de mariposas presentan variaciones estacionales que dependen de que procedan de orugas que se desarrollan en el invierno o en el verano. En la mariposa de las ortigas, por ejemplo, la forma de verano ha recibido el nombre de *Vanessa prorsa*, y la de invierno *Vanessa levana (fig. 205)*. Weismann consiguió demostrar

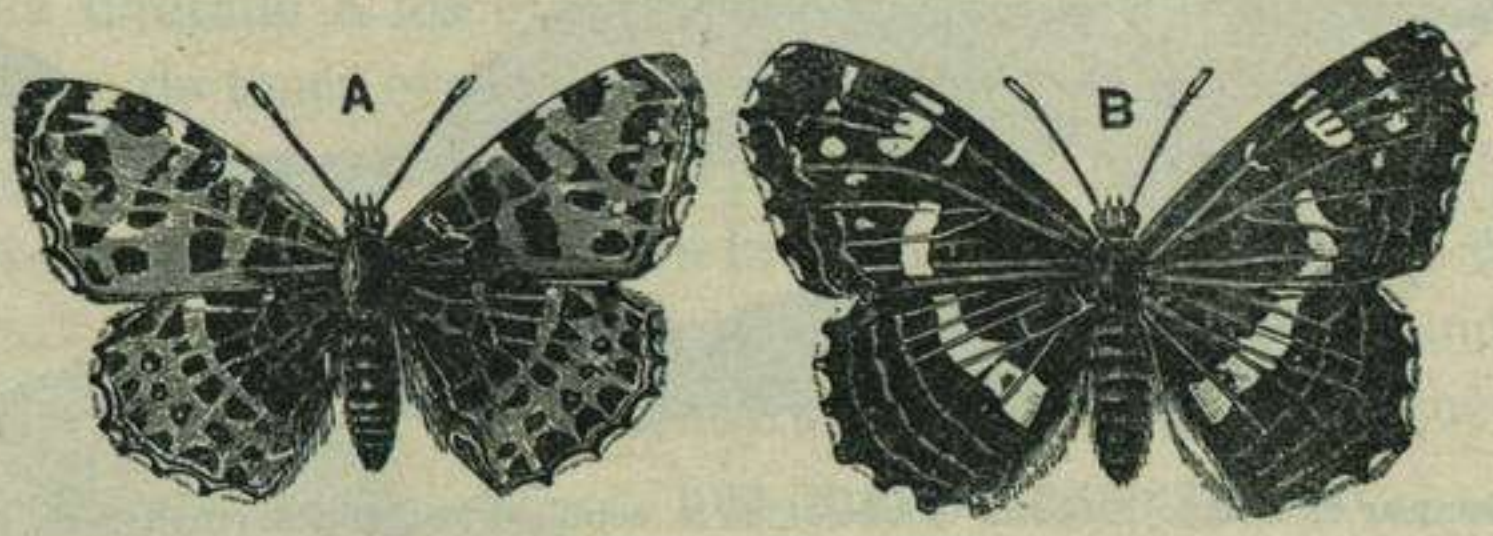


Fig. 205.—A, *Vanessa (Araschnia) levana* o forma de invierno; B, *Vanessa prorsa* o forma de verano (según Weismann).

que estas variaciones están en íntima relación con la temperatura y que, por tanto, son formas de una misma especie.

En ciertos crustáceos de agua dulce, como los Dafnias *(Daphnia longispina)*, se observan variaciones de forma provocadas, seguramente, en su mayor parte, por condiciones térmicas estacionales muy notables que afectan principalmente a la forma de su cabeza y a la longitud de la espina caudal *(fig. 206)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los cambios de pelaje estacionales, tan frecuentes en muchos Mamíferos, dependen en gran parte de la temperatura. Uno de los que con mayor claridad ofrece este fenómeno es el armiño, que en el invierno presenta un color blanco con un pincel negro en el extremo de la cola *(fig. 207)*.

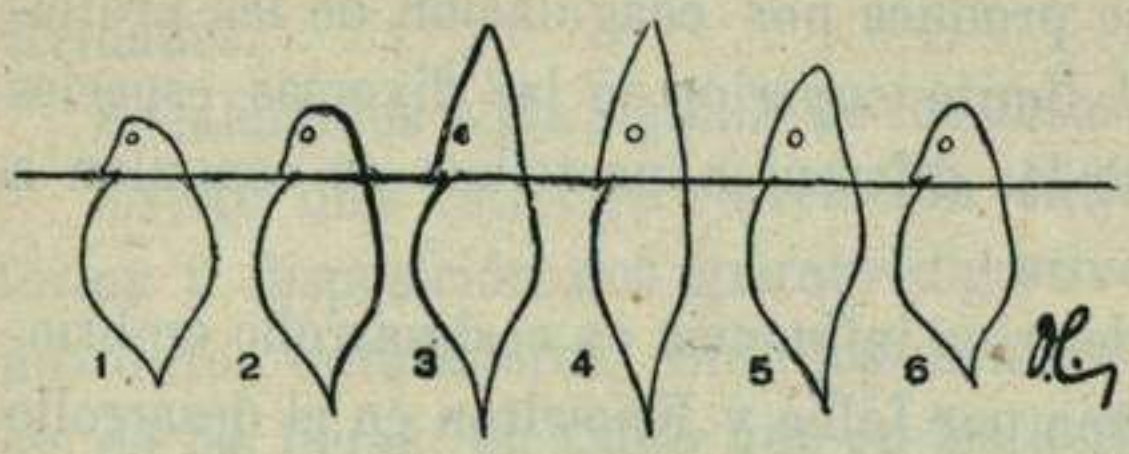


Fig. 206.—Variaciones de la cabeza y cola en la *Daphnia longispina:* 1 y 2, en invierno; 3 y 4, en verano; 5 y 6, en otoño y primavera. (Imit. Wesenberg y Woltereck.)

Importancia casi tan grande como la temperatura tiene la composición del medio en el que los animales viven. Estos estudios se han realizado principalmente en los animales acuáticos, en los que es relativamente fácil determinar la composición y concentración del agua en que viven.

Uno de los casos mejor conocido es el de un Crustáceo que vive en las aguas muy saladas, la *Artemia salina*. El extremo del abdomen de este animal varía considerablemente en la forma y en el número de sus cerdas

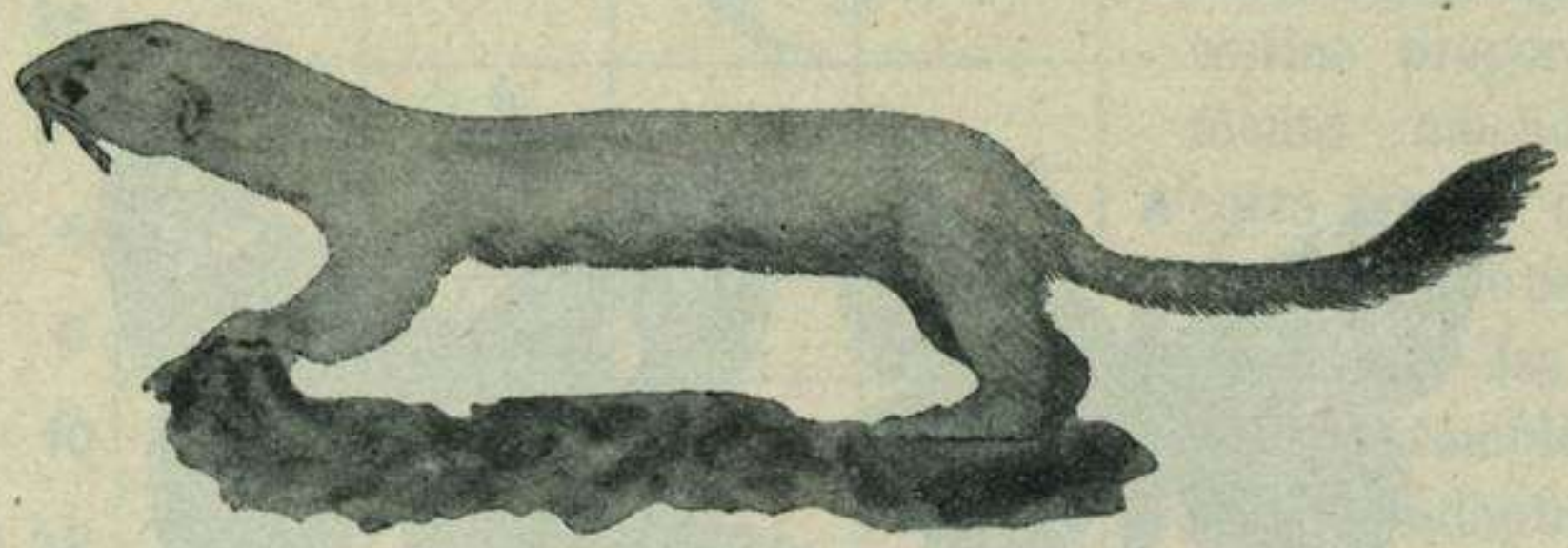


Fig. 207.—Ejemplar de armiño *(Mustela erminea)* de la cordillera cantábrica provisto de pelaje de invierno. (Fot. O. Cendrero.)

a medida que varía la concentración salina, hasta el punto que se había creído que se trataba de especies distintas, hasta que la experimentación demostró lo falso de esta creencia. Colocados en aguas muy saladas los huevos de la *Artemia salina* que corresponden a la especie que se creía exclusiva de aguas de poca concentración, se obtienen larvas que dan lugar a la *Artemia Milhauseni*, que vive en aguas de alta concentración; e inversamente huevos de esta especie mantenidos en aguas de escasa salinidad producían la *A. salina (fig. 208)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La luz ejerce sobre los animales acciones muy diversas, que generalmente actúan favoreciendo la formación de pigmento. Un caso donde este influjo ha podido ser estudiado de una manera clara es en el *Proteus anguinus*, de los cursos de agua subterráneos de las grutas de la Carniola. Este animal *(fig. 121)*, viviendo en estas condiciones, es de un color blanquecino rosado, debido a la sangre que se ve a través de la piel; pero si se le transporta a un acuario iluminado moderadamente, su piel toma un tinte negruzco, debido a que en sus tegumentos aparecen células pigmentarias ramificadas en número considerable. Del mismo modo, en especies de Crustáceos encontrados simultáneamente en cursos de agua superficiales y en aguas subterráneas se ha observado que los individuos que viven en estas últimas condiciones son de tono más pálido y aun casi completamente blanquecinos, por desaparecer el pigmento, que queda limitado a los ojos. Esta ley, que es muy general, no deja, sin embargo, de tener excepciones; así, las orugas de la mariposa *Saturnia pavonia* criadas a la luz son verdes con manchitas amarillentas, en tanto que las que se desarrollan en la oscuridad adquieren una coloración más oscura, por aparecer unos anillos negruzcos que indican elocuentemente una mayor pigmentación.

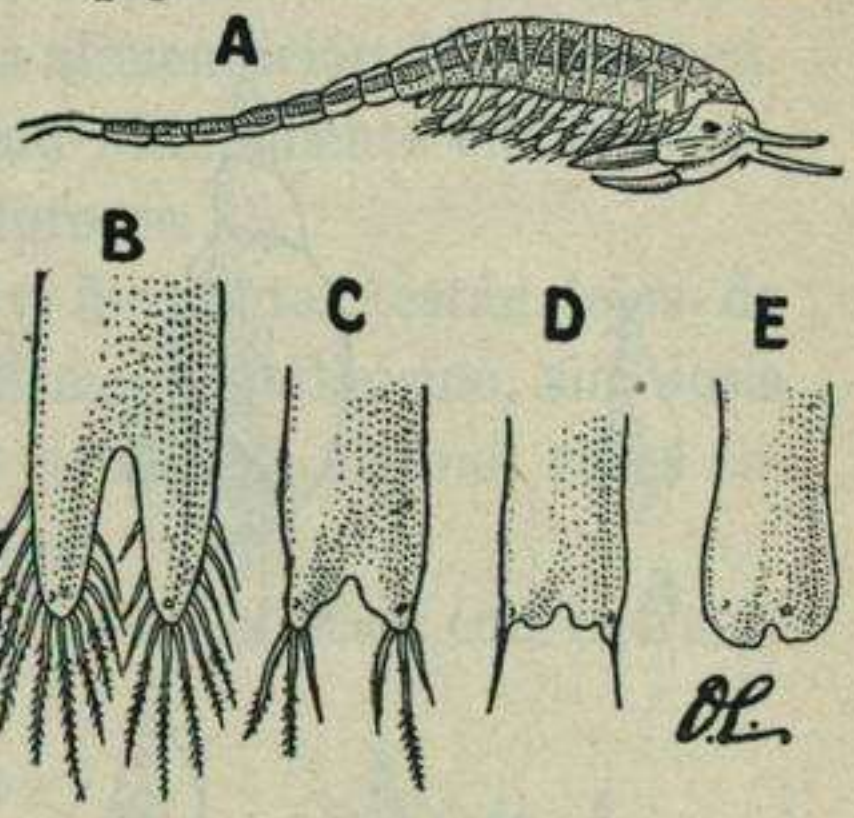


Fig. 208.—A, *Artemia salina* ♂ (de 8 a 11 mm.).—De B a E, extremo o terminación de labdomen, desde B, que corresponde a la forma de agua poco salada, a la E, que corresponde a la forma del agua cuando la sal comienza a depositarse. (Imit. Schmankewitsch).

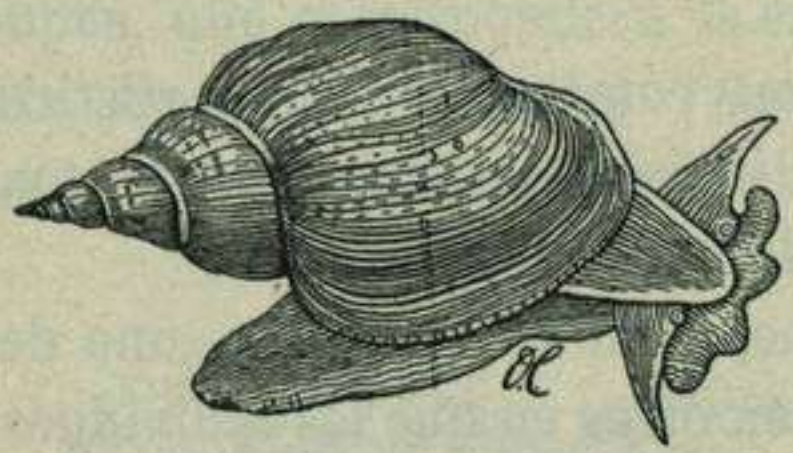


Fig. 209.—Individuo normal de *Limnæa stagnalis*.—Esta especie, que vive en las aguas estancadas, ha servido para estudiar experimentalmente la influencia del volumen del agua en que viven sobre el crecimiento, según puede verse en la *figura 210*.

La talla de los animales es un carácter que directamente está influenciado por las condiciones de nutrición, temperatura, espacio, convivencia con individuos de otra o de la misma especie, abundancia o escasez de caliza, etc. El lago Victoria Nyanza, cuyas aguas son pobres en caliza, presenta una fauna de moluscos enanos. En algunas especies del género *Limnæa* (en la *stagnalis*) *(fig. 209)*, se ha logrado obtener experimentalmente individuos ena-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nos; para ello individuos jóvenes, procedentes de la misma puesta, se colocan en volúmenes diferentes de agua, siendo los que están en recipientes de mayores dimensiones los que adquieren mayor tamaño. Otro procedimiento es colocar en vasijas iguales un número diferente de moluscos, siendo los más pequeños aquellos que viven en la vasija donde los moluscos son más numerosos *(fig. 210)*.

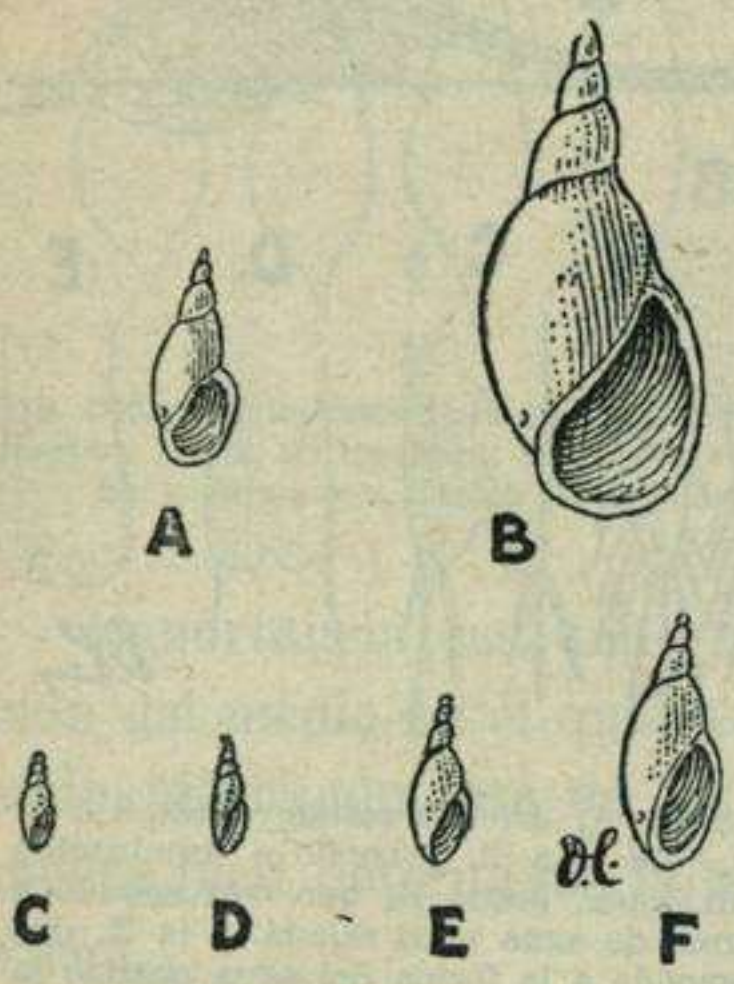


Fig. 210.—Conchas de *Limnæa stagnális* que demuestran la influencia del espacio sobre el desarrollo.—A, la correspondiente a un individuo que vivió 79 días en un tubo colocado en suspensión en un estanque donde vivió libremente la B; C a F, las correspondientes a cuatro individuos pertenecientes a la misma puesta, pero que han sido criadas en 100, 200, 250 y 2.000 centímetros, respectivamente. (Imitación Varigny y Semper.)

Las causas que determinan el enanismo son múltiples y complejas. El crecimiento está relacionado con la cantidad de alimento, el cual en gran parte está constituído por algas; con la cantidad de oxígeno; con la temperatura; con la cantidad de productos de excreción, etc., factores todos que varían con el volumen de agua y con la concurrencia de individuos en el mismo volumen.

Parasitismo, comensalismo y simbiosis.—El *parasitismo* está definido por el profesor Caullery como la condición normal y necesaria de un organismo que se nutre a expensas de otro—denominado huésped—sin destruirle, como hace el predator con respecto a su presa.

Esta forma de asociación biológica tiene como rasgo característico que todas las ventajas son para uno de los individuos, el cual sufre una degradación orgánica como consecuencia de su género de vida.

Aparte de este tipo de asociación, en que, como hemos dicho, uno de los asociados hace el papel de víctima, existen otras en que los individuos que se reúnen ninguno de ellos vive a expensas del otro. En este tipo de asociaciones están comprendidas las que reciben el nombre de *comensalismo*, *inquilinismo* y *simbiosis*. Los comensales son animales que viven sobre el cuerpo de un huésped sin obtener de él más que una superficie de fijación, una protección en un paraje de su cuerpo, o los alimentos que exceden a sus necesidades. Un caso más avanzado en esta misma dirección es el del inquilinismo *(inquilini*, de *incolinus*, quien

Instituto San Isidro de Madrid 2008

habita en el interior), que se refiere a los animales que viven en el interior de otros, pero sin que se nutran a sus expensas, sino únicamente buscando en ello un refugio y el sobrante de la alimentación de su huésped.

En la simbiosis, dos organismos se asocian íntimamente en condiciones tales que ambos obtienen beneficios recíprocos.

Estas definiciones, que parecen claras y limitantes, están lejos de expresar la realidad, ya que entre comensalismo, inquilinismo, simbiosis y parasitismo existen casos intermedios. El estudio de algunos casos especiales contribuirá a aclarar estos conceptos.

Comensalismo.—Los casos de comensalismo se ofrecen con extraordinaria regularidad entre determinadas especies en los lugares más apartados del Globo.

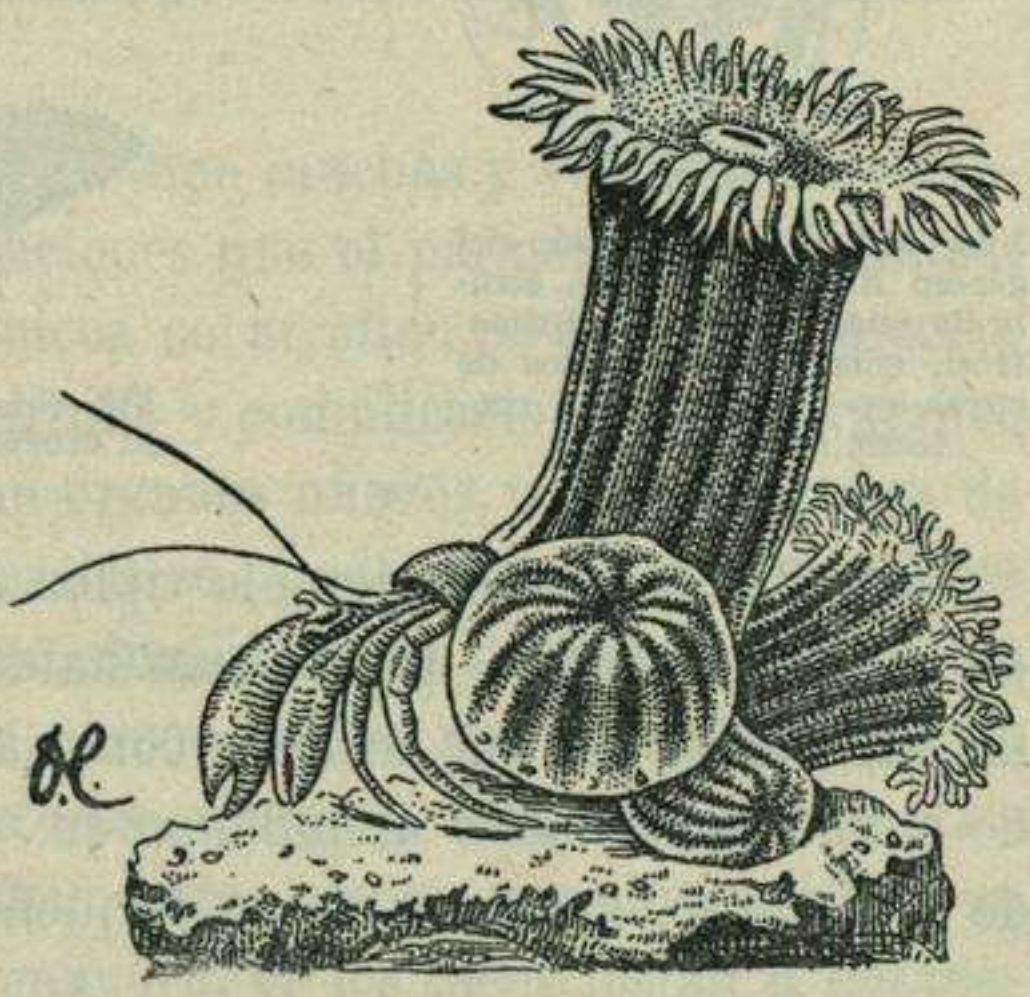


Fig. 211.—Comensalismo entre el ermitaño y la *Sagartia.* (Imit. Andres.)

Los ermitaños, Crustáceos de la familia de los Pagúridos, cuyo abdomen blando y carnoso se protege en las conchas abandonadas de los Gasterópodos, están asociados a numerosos y variados comensales. En primer lugar, el hecho más conocido y más evidente es que sobre la concha del molusco se fija una actinia, es decir, un animal del grupo de los Pólipos, que corresponde a la especie *Sagartia parasitica (figura 211).* La actinia parece obtener en esta asociación la ventaja del transporte, ya que por tratarse de un animal sedentario no se traslada de un sitio a otro o lo hace con lentitud extrema, y el crustáceo la defensa que los órganos urticantes del pólipo le ofrecen.



Fig. 212.—Un Crustáceo *(Melia tesselata)* transportando una actinia en cada una de sus pinzas (según Duerden).

Las reacciones defensivas de la actinia quedan totalmente anuladas, como también se ha comprobado en ciertos Crustáceos que viven en el Pacífico y en el Índico que transpor-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tan en sus pinzas determinadas especies de actinias *(fig. 212)*. Esto indica una doble y recíproca adaptación entre los dos seres asociados.

Otra infinidad de casos pudiéramos citar, entre los que son de interés la asociación de las grandes medusas de la especie *Rhizósma Cuvieri* (mocas en Valencia) *(fig. 213)*, entre cuyos tentáculos buscan refugio y protección algunos peces como los chicharros o jureles *(Caranx trachurus)*, o la de la rémora *(Echeneis remora) (fig. 214)*, que se fija sobre el cuerpo de los grandes escualos.



Fig. 213.—Una medusa del género *Rhizóstoma* (cuya sombrilla mide 20 y más centímetros), entre los tentáculos de cuyas especies encuentran protección algunos peces.

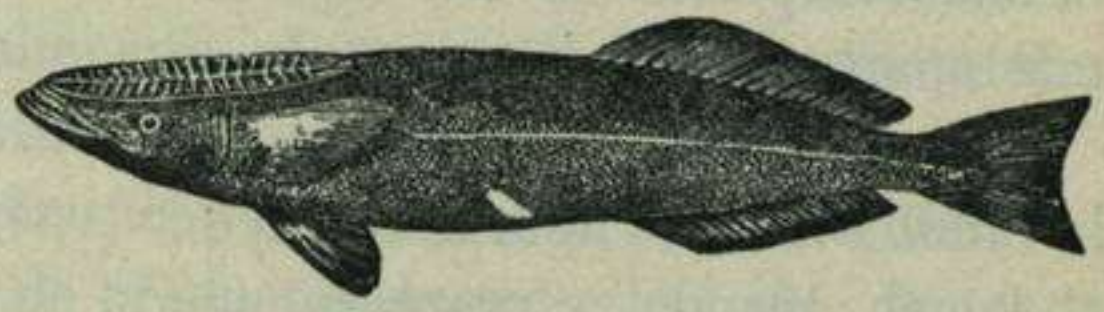


Fig. 214.—*Echenéis rémora*, que por la parte superior de su cabeza se fija a la inferior del cuerpo de los tiburones.

Inquilinismo.—Un ejemplo típico del inquilinismo es el de los peces del género *Fierasfer*, que buscan habitación en el interior del cuerpo de las holoturias sin que utilicen como alimento el de su huésped, ya que de cuando en cuando abandonan su viviente aposento para ir en busca de sus presas, consistentes en pequeños crustáceos *(fig. 215)*. Este pez

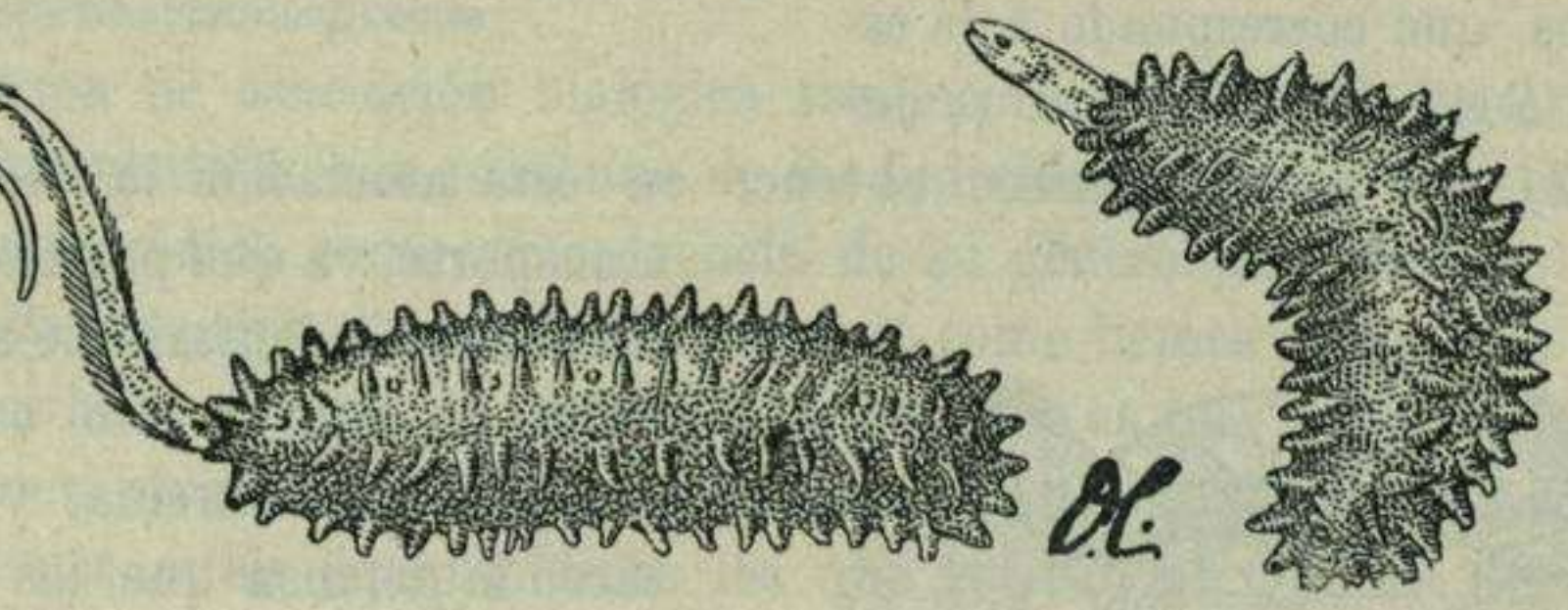


Fig. 215.—*Fierasfer acus* entrando y saliendo de una *Holothuria*.

tiene, tal vez en virtud de su género de vida, una delicadeza tan extremada y tan escasos medios de defensa, que perecería devorado por otros peces de no encontrar la segura guarida del cuerpo del Equinodermo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Varios cangrejos de pequeño tamaño buscan protección entre las valvas de los Lamelibranquios. Uno de los casos más conocidos es el del *Pinnotheres pisum*, que se protege entre las grandes valvas de las *Pinna (fig. 216)*.

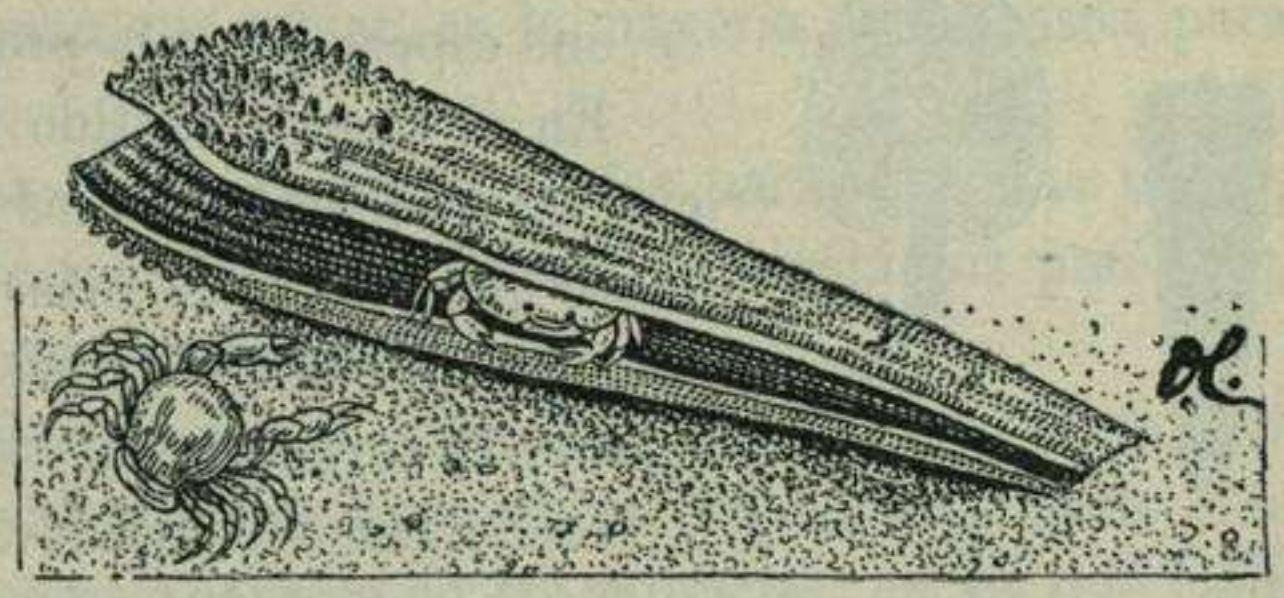


Fig. 216.—Inquilinismo del *Pinnotheres* en la *Pinna*. (Imit. Dofflein.)

Parasitismo. — El parasitismo entraña una serie de transformaciones morfológicas y funcionales considerables, que están en relación con el peculiar género de vida de los parásitos. Son muchas y variadas las adaptaciones de los animales a las condiciones que el parasitismo determina.

Unos órganos y aparatos orgánicos se atrofian y aun desaparecen, al paso que otros adquieren un desarrollo y complicación extraordinarios, y aun hay otros que aparecen como órganos nuevos y característicos de los parásitos. Así, en términos generales se puede afirmar que se origina en estos seres una simplificación de los órganos de la vida de relación, locomotores y sensoriales, al paso que los reproductores alcanzan gran desarrollo. Los de nutrición sufren raras veces una hipertrofia, en tanto que en la mayoría de los casos llegan a desaparecer, como acontece en las tenias.

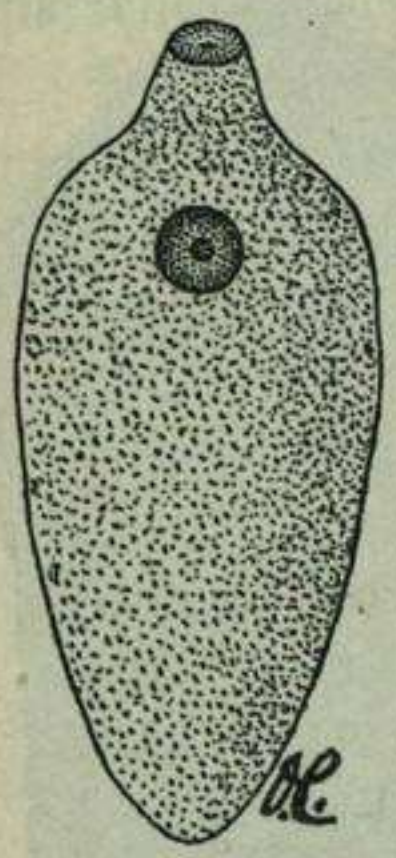


Fig. 441.—Esquema del Trematode adulto y parásito llamado *Fasciola hepática*, visto por la cara inferior. Carece de revestimiento ciliar.

Los órganos de la locomoción sufren en los parásitos una degeneración que termina, a veces, con su completa desaparición. Como ejemplo de esto citaremos el caso de las *Tœnia*, que tienen parentesco estrecho con unos gusanos libres denominados Turbelários, cuyo tegumento está provisto de pestañas vibrátiles, por medio de las cuales el animal se traslada de un punto a otro; en los Trematodes, de los que es ejemplo la duela del hígado o *Fasciola hepática (fig. 217)*, en los que el parasitismo no tiene la intensidad que en las tenias, carecen asimismo del revestimiento ciliar, que, sin embargo, se conserva en la primera fase de su desarrollo,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

denominada *miracidium*, en la que nada libremente en el seno de las aguas. Este mismo parásito tiene otro momento de libertad en la fase de *cercaria* y entonces ofrece una especie de cola propulsora *(figs. 218 y 219)*.

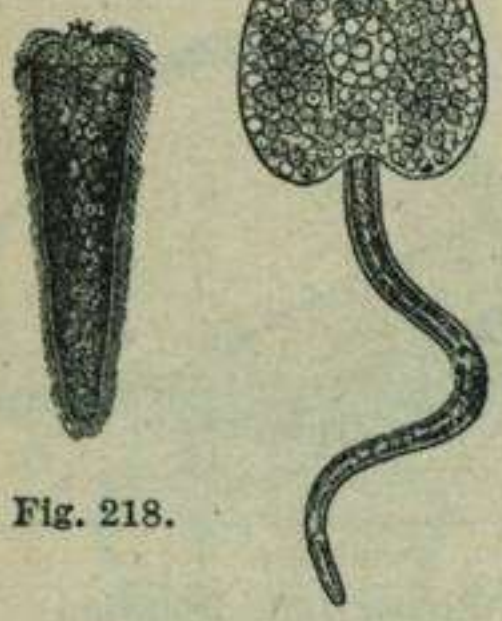


Fig. 218.

Fig. 219.

Miracidio (218) y Cercaria (219) de *Fasciola*.

En el mismo sentido evolucionan varias especies de insectos parásitos que carecen de alas, en tanto que sus patas, más que de órganos locomotores, sirven como órganos de fijación, ya que adquieren la forma de verdaderos garfios.

Los órganos sensoriales sufren una marcada regresión, sobre todo en los parásitos que viven en el interior de la economía de su huésped o endoparásitos, en los que tales órganos terminan por desaparecer completamente, o a lo sumo quedan reducidos a rudimentarios órganos táctiles, La atrofia de los órganos de los sentidos es correlativa de una reducción del sistema nervioso.

En compensación a esta reducción se desarrollan órganos de fijación que en general toman dos formas principales: la de ventosas y la de ganchos o garfios. Si examinamos la cabeza o escolex de la solitaria del cerdo *(Tœnia solium)*, los encontraremos reunidos *(fig. 220)*, ya que aquélla posee cuatro poderosas ventosas musculares formadas por fibras radiales unas y circulares otras, entre las que aparece un saliente denominado rostelo, en el que se implanta una corona de robustos garfios quitinosos; ambas producciones son los órganos mediante los cuales la solitaria se sujeta eficazmente a la mucosa intestinal.



Fig. 220.—Cabeza de solitaria para mostrar las ventosas y garfios de que está provista.

La pigmentación del tegumento sufre también una reducción notable, sobre todo en los endoparásitos, que por estar al abrigo de la luz tienen un color blanquecino o pálido muy característico.

Los órganos y funciones de la reproducción sufren en los parásitos una gran complicación; a los procesos normales hay que añadir otros

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que dan por resultado la multiplicación extraordinaria de los gérmenes capaces de propagar la especie. Este fenómeno es atribuíble a las dificultades y obstáculos que un parásito ha de vencer para pasar de un huésped a otro y a las que tienen que salvar, en la mayoría de los casos, para la reunión de los sexos.

El hermafroditismo es harto frecuente en los parásitos. Las tenias, las duelas del hígado, las saculinas e infinidad de crustáceos parásitos, son buenos ejemplos de este fenómeno.

La multiplicación del número de gérmenes se traduce en primer lugar en un número considerable de huevecillos. En algunos casos este número es considerable, como acontece en las solitarias, en las que cada uno de los anillos que constituyen su cuerpo está provisto de un órgano reproductor hermafrodita. Por la misma causa, muchas veces, cuando de parásitos unisexuales se trata, se produce aumento en la fecundidad que se refleja en un mayor desarrollo de la hembra en relación al macho, que es de menor tamaño.

El aumento del número de huevos de la puesta no es el único medio de que el parásito se vale para compensar la pérdida de gérmenes y asegurar la supervivencia de la especie. En muchos casos, en el ciclo evolutivo de la especie se intercalan fases de multiplicación pedogenética, partenogenética o por gemación, que conducen a aquellos resultados.

En la duela del hígado *(Fasciola hepática)*, como en otros muchos casos, estos fenómenos se complican con las emigraciones del parásito, en sus diferentes fases, a través de uno o más seres, que reciben el nombre de huéspedes intermedios. El miracidio del citado parásito *(fig. 218)*, después de breves días de vida libre, penetra en la cavidad respiratoria de unos caracolillos de agua dulce del género *Limnæa (fig. 209)*, transformándose en un cuerpo de forma irregular que se ha denominado *esporocisto (fig. 221)*. Determinadas células que existen en el interior de éste *(M)*, dan lugar a la formación de varios embriones que se denominan *redias (R)* que se reparten por diversos órganos del molusco. De un modo análogo a lo que sucede en los



Fig. 221.— Esporocisto.

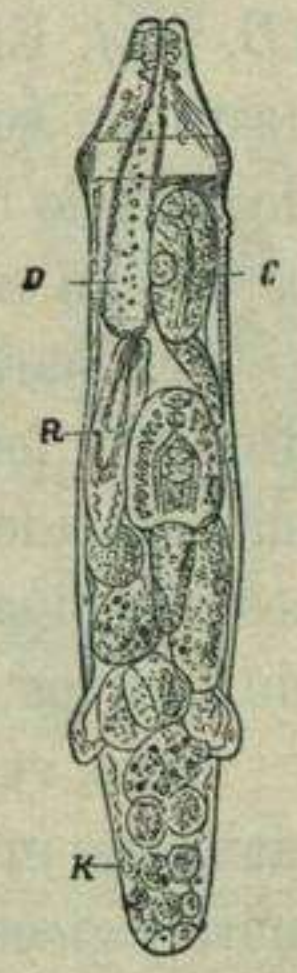


Fig. 222.—Redia.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

esporocistos, en las redias *(fig. 222)* se originan múltiples *cercarias (C)* provistas de dos pequeñas ventosas, un intestino ahorquillado y una larga cola *(fig. 219)*.

Al mismo fenómeno que la multiplicación de los esporocistos, de las redias y de las cercarias obedece la poliembrionia, observada por primera vez por Marchal en algunos microhimenópteros, como los Calcídidos. El huevo de alguno de estos insectos, como el *Encyrtus (Ageniaspis) fuscicollis*, parasitiza las orugas de algunas especies de Lepidópteros del género *Hyppoemeuta*. En el huevo del parásito *(fig. 223, A)* se diferencia una gran masa nuclear, rica en cromatina, llamada *paranúcleo (p)*, y una infinidad de otros núcleos más pequeños y menos coloreables, llamados *núcleos embrionarios (ne)*. El primero desempeña un papel nutritivo, en tanto que los otros dos dan lugar a pequeños núcleos celulares, cada uno de los cuales origina su nuevo embrión *(B, mo)*. En esta especie se puede originar hasta un centenar de embriones a expensas de un solo huevo; pero en otras este número es mucho más crecido.

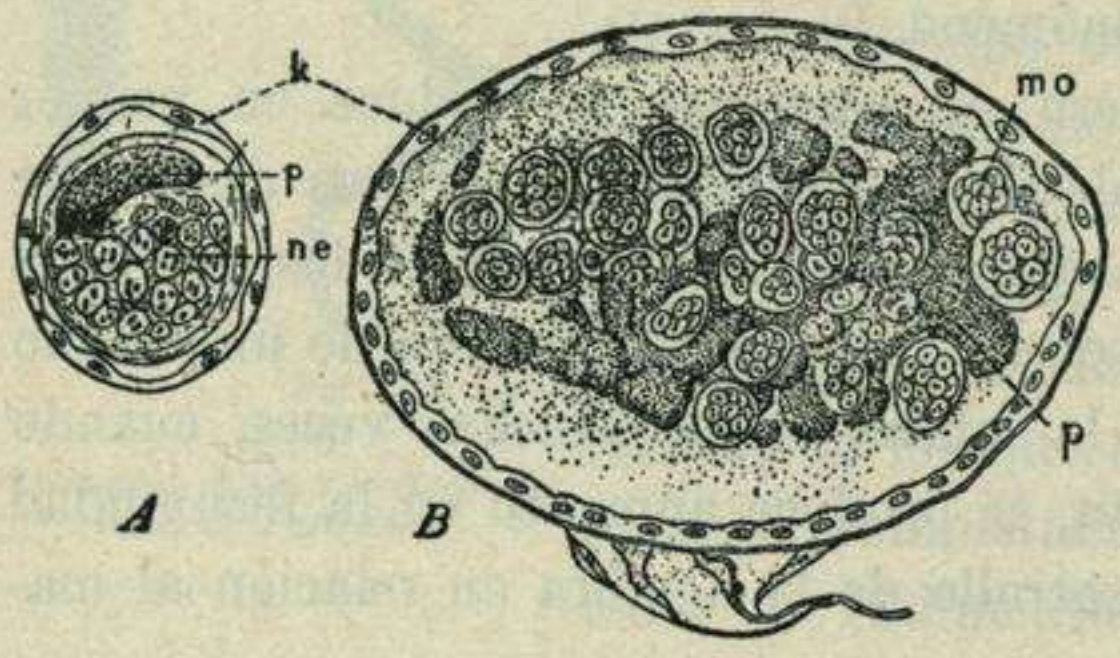


Fig. 223.—Poliembrionia del Calcídido *Ageniaspis fuscicolis* (según Marchal).

Los parásitos tienen la facultad de no provocar los medios de defensa de sus víctimas. Sabido es que las solitarias y las lombrices intestinales viven en el aparato digestivo sin que los jugos intestinales los digieran.

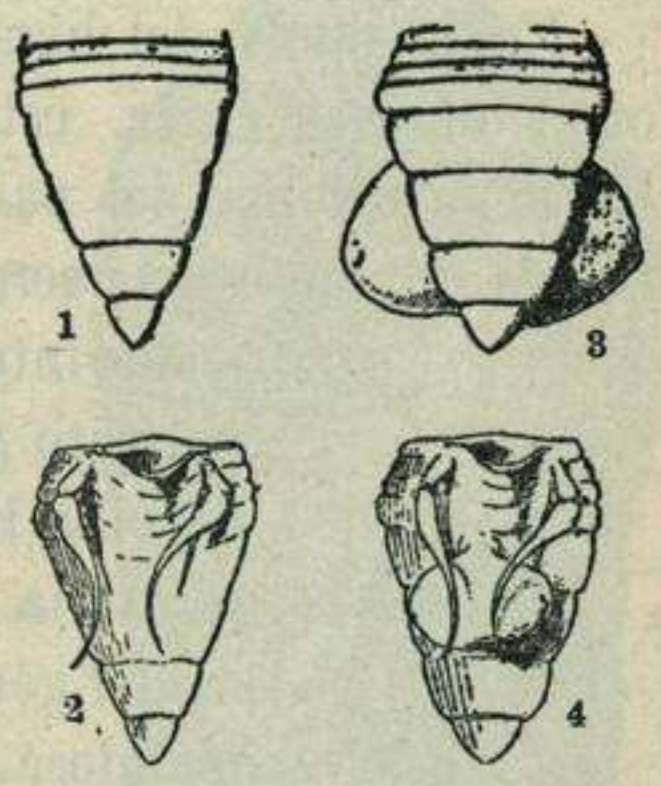


Fig. 224.—Pleon o abdomen del *Carnicus mænas*.—1, de un macho normal visto por encima; 2, de íd. íd. visto por debajo; 3, de un macho parasitizado visto por encima; 4, de íd. íd. visto por debajo. (Según Giard.)

Otras veces, en cambio, la acción del parásito es muy intensa, provocando cambios morfológicos muy grandes, como sucede en los cangrejos de mar *(Carcinus mænas)*, parasitizados por la saculina. El abdomen de los machos invadidos por este parásito toma caracteres que recuerdan

Instituto San Isidro de Madrid 2008

a los del abdomen de las hembras normales, como es la separación de los distintos segmentos, que en los machos no invadidos aparecen soldados

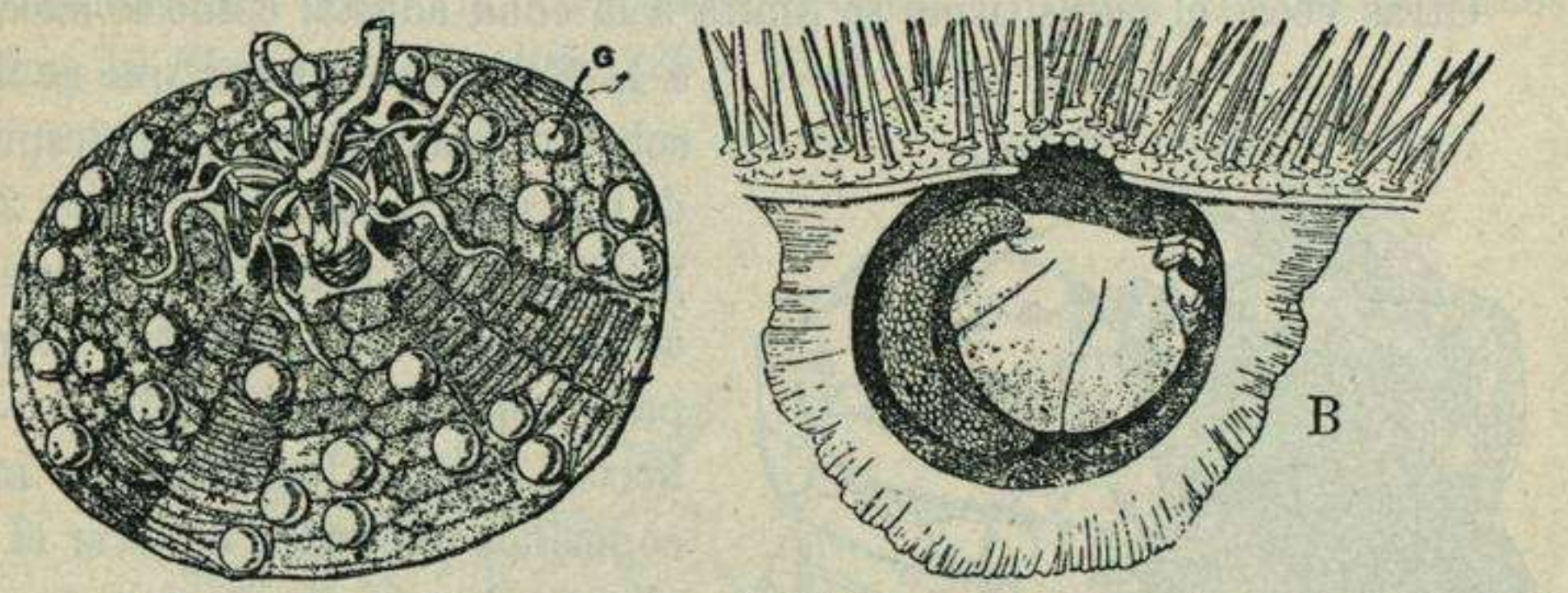


Fig. 225.—Un trozo de la cara interna del caparazón de *Phormosoma uranus* con las agallas G producidas por el *Pionodesmotes;* a la derecha (B), una de éstas aumentada y abierta para mostrar su orificio y la hembra parásita (según J. Bonnier).

(figura 224). También producen modificaciones en los tejidos que recue dan a las agallas o zooceci-dias, que tan frecuentes son y que muchos parásitos producen sobre los vegetales; un copépodo, *Pionodesmotes phormosomæ*, produce sobre un erizo de los grandes fondos *(Phormosoma uranus)* verdaderas agallas, en las que la hembra queda prisionera *(figura 225)*.

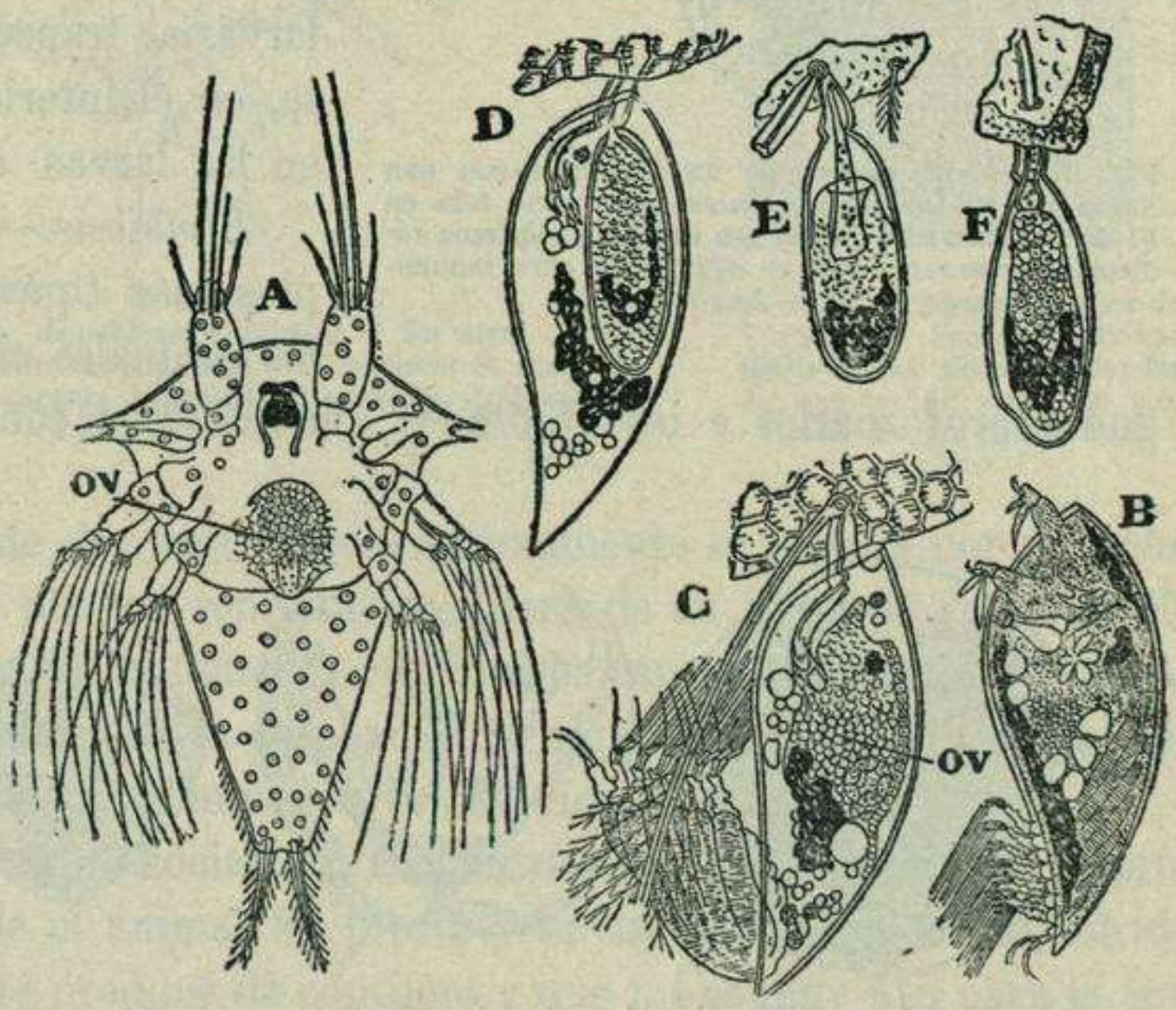


Fig. 226.—Estados sucesivos de la *Sacculina* desde su nacimiento hasta su fijación.— A, *Nauplius;* B, estado de *Cypris* libre; C, el mismo tres horas después de la fijación y desprendiéndose de sus apéndices; D, 12 horas después de la fijación, sin apéndices, pero con su primitivo caparazón, E, ídem a los tres días; F, al quinto día; el dardo atravesó la caparazón del cangrejo (según Delage)

El parasitismo puede ser condición permanente de vida, como sucede

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en las tenias, o alternar con períodos de libertad, como hemos visto en las *Fasciola hepática.*

Otras veces el parasitismo se limita a la edad adulta, como le sucede a la *Sacculina carcini*, que se fija sobre el cangrejo de mar después de una vida juvenil libre *(figs. 226 y 227)*. Caso más raro es que el animal pase su juventud como parásito y su edad adulta en libertad. Entre los ejemplos más conocidos habremos de citar el de algunas larvas de almejas de río, que cuando son jóvenes viven en las branquias de peces de agua dulce *(fig. 228)*, e infinidad de insectos entomófagos cuya fase larvaria transcurre, generalmente, en el interior de los huevos o en las larvas de otros insectos.



Fig. 227.—Cara ventral de un *Carcimus* con una *Sacculina*. S. Después de haber atravesado ésta en F, de la *figura 226*, origina esa especie de sistema radicular que se representa en negro en la parte izquierda de la figura (según Boas).

Simbiosis.—Entre los ejemplos más típicos de simbiosis en los animales citaremos el de algunos protozoarios e invertebrados que conviven con algas unicelulares

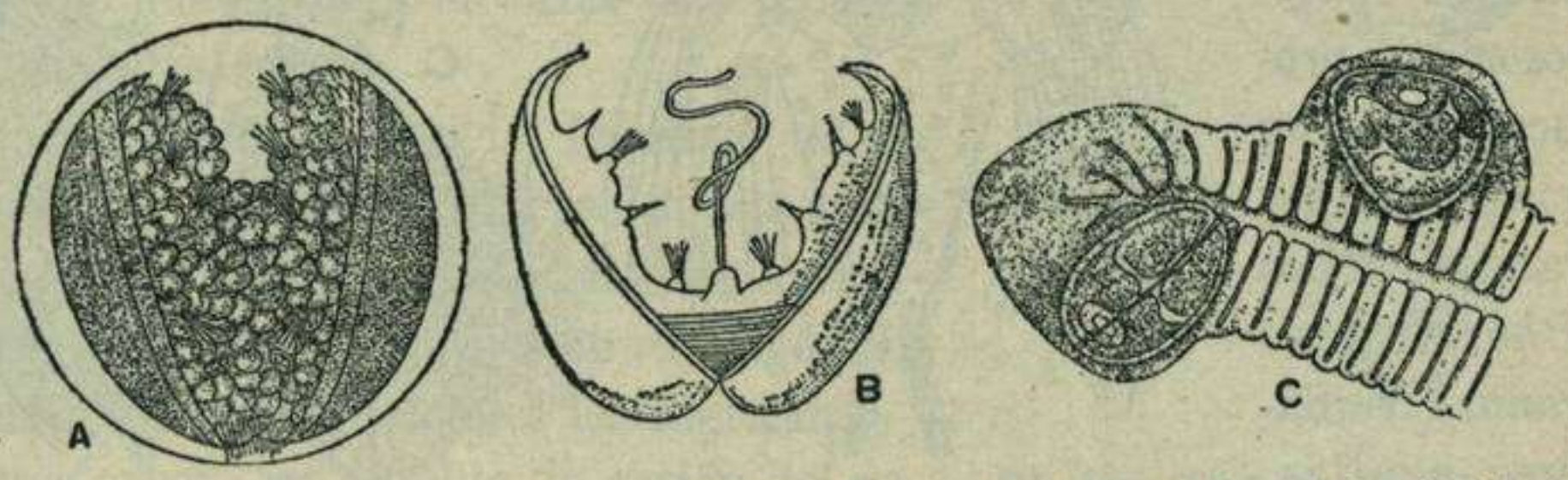


Fig. 228.—Embriones de una almeja de río *(Anodonta)*. A, en el huevo; B, uno después de salir del mismo y provisto de un filamento nadador; C, dos enquistados en una lámina branquial de *Cyprunus* (según Schierholz y Harms).

llamadas zooclorelas y zooxantelas. De los seres más frecuentemente invadidos por estas algas, citaremos los *Paramœcium bursaria*, *Amœba vi-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ridis y gran número de Radiolarios (*) entre los protozoarios, y la *Spongilla viridis*, la *Hydra viridis*, varios gusanos del grupo de los Turbeláridos, como la *Convoluta*, *Vortex*, y hasta ciertos moluscos, como la *Elysia viridis (figs. 229* y *230)*.

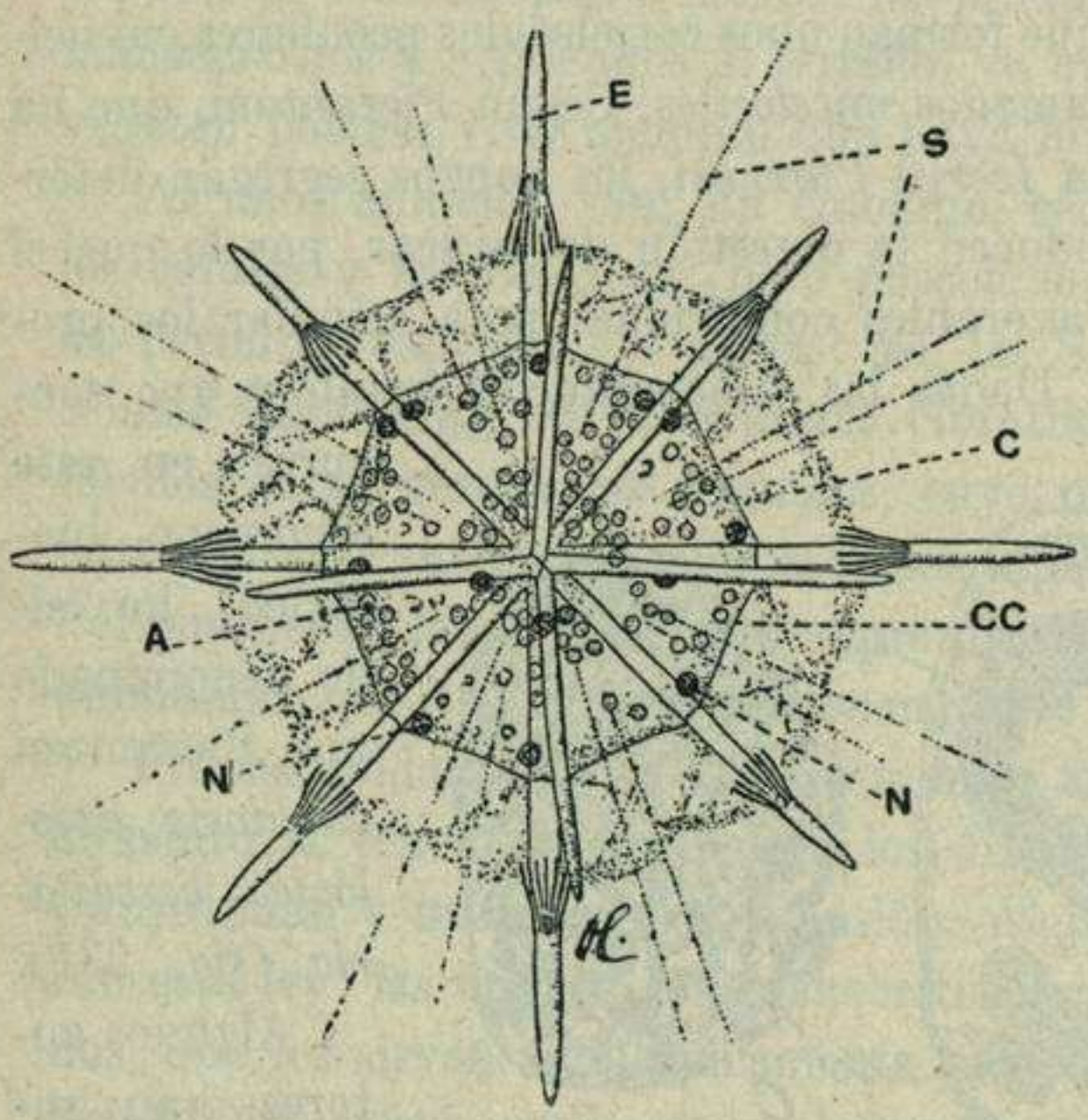


Fig. 229.—El Radiolario *Acanthómetra elástica* y las algas zooxantelas, A, que en él viven en simbiosis.—N, núcleos; S, seudópodos; E, espículas; CC, cápsula central; C, citoplasma. (Imitación Leuckart.)

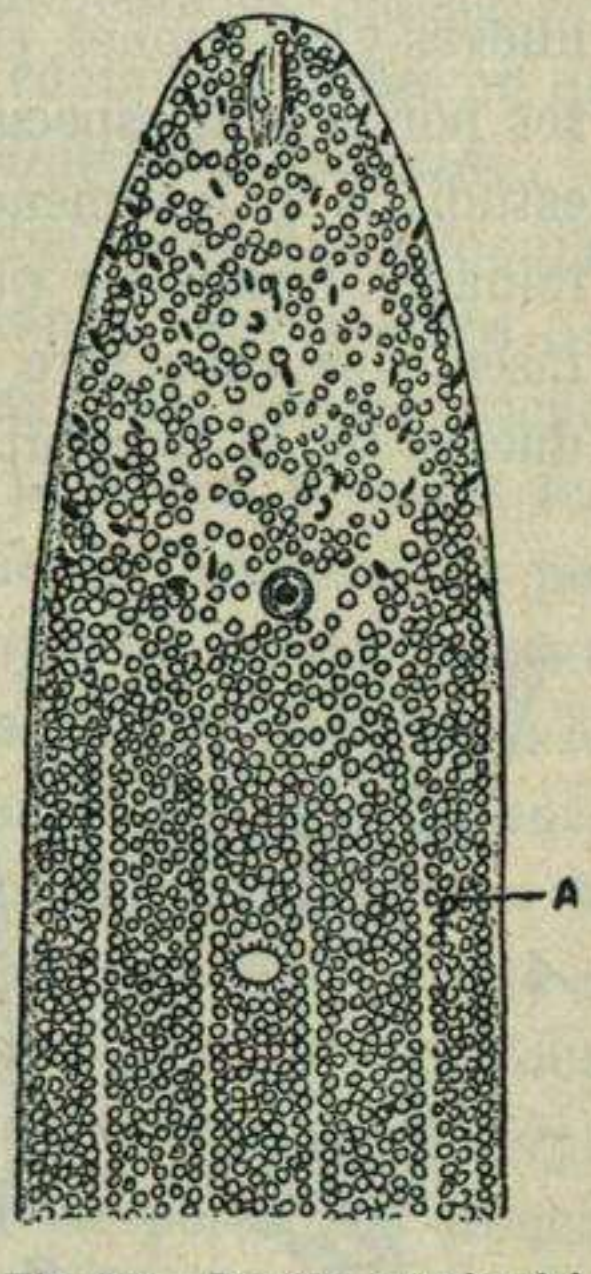


Fig. 230.—Porción anterior del Turbelárido *Convoluta Roscoffensis* y las algas zooclorelas, A, que en él viven en simbiosis (según Haberlantd.)

Que se trata de dos seres unidos íntimamente se prueba por el hecho de que las algas pueden reproducirse fuera de su huésped y es posible mantenerlas independientemente en cultivos especiales. Se puede privar a los citados animales de la compañía del alga, sin más que mantenerlos durante más o menos tiempo en la oscuridad.

Las algas, en esta asociación, encuentran positiva ventaja en la protección eficaz que el animal les presta y en la utilización del anhidrido carbónico que éste produce de continuo y que las es muy útil para la síntesis de los productos hidrocarbonados. El animal, en compensación, recibe el oxígeno que de continuo desprende el alga y las sustancias ternarias que son elaboradas por ella. Los animales con algas simbióticas son

(*) Las investigaciones de Chatton autorizan a suponer que en el caso particular de los Radiolarios las algas simbióticas corresponden realmente a fases de desarrollo de Peridíneas o Dinoflagelados.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

capaces de alimentarse exclusivamente de los materiales elaborados por sus asociados.

Los pulgones y los Cóccidos, que se alimentan de los jugos azucarados de vegetales, están acompañados de ciertos hongos del tipo de las levaduras, que se transmiten hereditariamente por intermedio de sus huevos y embriones, en los que forman unos corpúsculos peculiares envueltos por células especiales llamados *micetocitos*. Según Pierantoni, que ha estudiado el fenómeno en la *Icerya Purchasi*, los hongos segregan determinados fermentos que producen la digestión del azúcar, por lo que el insecto se encuentra en favorables condiciones para asimilar los productos de la fermentación. Dadas las circunstancias notables que concurren en este fenómeno biológico, ha sido denominado por Pierantoni *simbiosis fisiológica hereditaria (fig. 231)*.

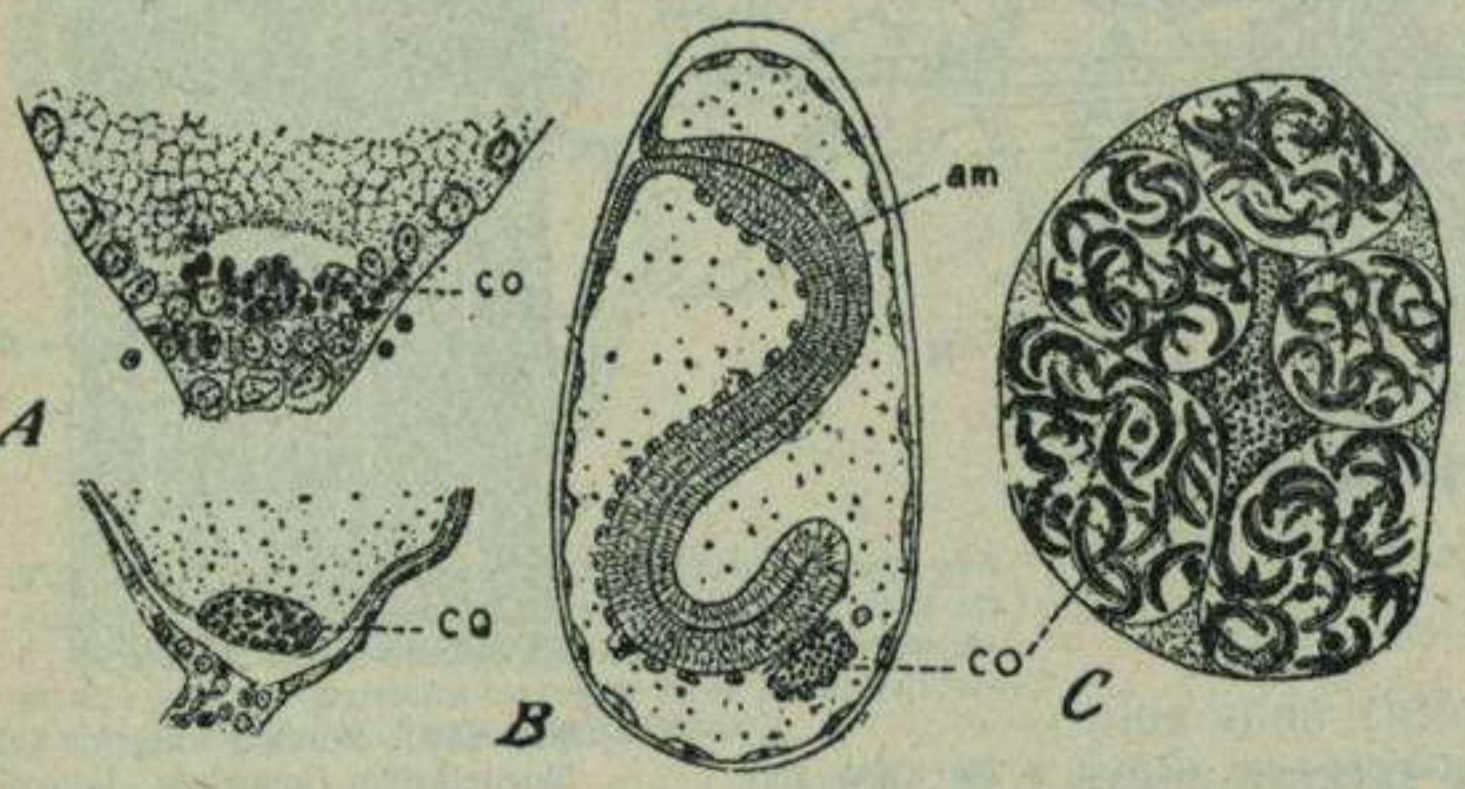


Fig. 231.—A, dos cortes mostrando la penetración de los corpúsculos C O de evadura en el oocito de *Icerya Purchasi* en vía de desarrollo; B, embrión de ídem con la levadura C O; C, un micetocito de *Dactylopius citri*, con los corpúsculos C O en forma de media luna (según Pierantoni).

Algunos autores han supuesto que los órganos fosforescentes de los diversos animales que presentan el fenómeno de la luminiscencia funcionan mediante la simbiosis con bacterias fotógenas. Nuevos estudios son necesarios para determinar la realidad de los hechos y las mutuas relaciones de estos asociados.

Entre las simbiosis de dos especies de animales podemos mencionar la de los *Termes* con los protozoos del grupo de los Triconínfidos. Estos protozoos, que viven en el intestino de las obreras de ciertos *Termes*, son inofensivos, teniendo, en el sentir de ciertos autores, alguna influencia en la digestión de la madera de que estos insectos se alimentan. Un caso análogo es el de los infusorios del grupo de los *Ophryoscolécidos*, que viven en gran cantidad en la panza de los rumiantes, alimentándose de las sustancias que aquéllos ingieren, al tiempo que intervienen en su favor, facilitando la digestión de la celulosa.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El movimiento y la sensibilidad en los animales.—La locomoción.—El movimiento, en su sentido más amplio, y la locomoción, de un modo más restringido, es una facultad que nace en los animales de la imperiosa necesidad de procurarse su sustento. Los vegetales, capaces de fabricar por sí mismos los productos alimenticios, pueden permanecer fijos y arraigados al terreno, ya que en cualquier paraje en que vegeten pueden vivir siempre que haya luz y humedad suficientes.

Algunos animales son, sin embargo, sedentarios, como las Esponjas, los corales y los Briozoos; pero poseen, no obstante, movimientos que les permiten capturar sus presas: así, las Esponjas y los Briozoos tienen células flagelíferas, en las cámaras vibrátiles los primeros, y en los tentáculos de su corona los segundos, cuyo movimiento incesante les permite capturar sus presas microscópicas, mientras que los corales y demás Pólipos tienen los tentáculos siempre dispuestos a sujetar con ellos a los animalillos que a su alcance se ponen y que pueden servirles de alimento.

Prueba evidente de esta relación entre la locomoción y la captura del alimento la tenemos en que son los órganos de locomoción los que se transforman y adaptan a la prensión. Algunos ejemplos nos comprobarán esta ley: las amibas y los leucocitos caminan por medio de seudópodos, que les sirven simultáneamente para apresar las partículas alimenticias. Otro tanto sucede en los Infusorios y en los Flagelados, en los que los cilios y flagelos que estos microscópicos animales utilizan para trasladarse de un sitio a otro, son los que originan las corrientes que conducen hasta sus citostomas o bocas celulares las sustancias alimenticias. Los cangrejos tienen cinco pares de patas; pero es bien sabido que el primero o los primeros pares están modificados en pinzas para sujetar sus presas. La garra de las Rapaces o de las Fieras y la mano del hombre, no son más que modificaciones más o menos profundas de las extremidades locomotoras.

Durante la marcha, uno de los extremos del cuerpo se colocará necesariamente delante, siendo en éste precisamente en el que se localiza la boca, ya que, como es natural, de este modo será más fácil la adquisición del alimento que si ésta se abriese en otro cualquier paraje del organismo.

Pero la situación anterior de la boca de nada serviría si los animales no estuviesen provistos de adecuados órganos de los sentidos que les permiten reconocer la presencia y condiciones de su alimento. La localización de los órganos sensoriales alrededor y por delante de la boca de-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

termina una mayor especialización de la sensibilidad general, primitivamente difusa. La presencia de estos órganos de los sentidos especializados y perfectos implica, además, el desarrollo extraordinario del sistema nervioso. Todas estas circunstancias son causa de la diferenciación de la cabeza como región destacada del resto del cuerpo, en la que tienen su sede los órganos sensoriales más nobles y la primera parte del tubo digestivo, del que en último término deriva, al menos en los animales superiores, el aparato respiratorio.

No en todos los animales, sin embargo, existe este proceso de cefalización. Aquellos animales que por vivir fijos o sedentarios tienen su boca en el centro del cuerpo de los órganos sensoriales, se disponen en derredor de ella, y el sistema nervioso no aparece concentrado en una masa principal cefálica.

Como se ve, son las necesidades tróficas las que originan la diferenciación de los órganos locomotores, sensoriales y del sistema nervioso.

En algunos animales existe una descentralización secundaria de los órganos sensoriales. Algunos Crustáceos, como los *Myxis*, tienen los órganos auditivos en el extremo del abdomen, y en muchos Anélidos los ojos están colocados en los segmentos del cuerpo, incluso en el segmento anal.

Los movimientos en los animales se realizan generalmente mediante elementos contráctiles, como son las fibras musculares lisas o estriadas de los Metazoarios (véase pág. 162), o los mionemas que se han señalado en los Protozoarios. Estos elementos son los llamados órganos activos del movimiento, que se apoyan en los órganos pasivos, que consisten en producciones duras o esqueléticas. Unas veces, como en los Vertebrados, los músculos recubren y envuelven a los huesos u órganos pasivos, y en otros, como en los Artrópodos, las partes duras quitinosas son externas y sus partes blandas internas.

Los animales de vida activa y de movimientos rápidos tienen su sensibilidad mucho más desarrollada que en los sedentarios o parásitos. En éstos los órganos sensoriales se atrofian, como, por ejemplo, en la *Sacculina*, de la que ya hemos hablado, que en sus fases libres posee órganos visuales, tactiles y locomotores, que desaparecen en el adulto.

El olor y el olfato en los animales.—Uno de los órganos de los sentidos que tiene mayor importancia en los animales terrestres, no obstante de lo que a primera vista pudiera creerse, es el del olfato, ya que las sensaciones olorosas tienen influencia decisiva en la busca del

Instituto San Isidro de Madrid 2008

alimento y en la aproximación de los dos sexos en la época de la reproducción.

Conocidos son los experimentos y las observaciones de Fabre en las mariposas del género *Saturnia*, en las que una sola hembra puede atraer un número considerable de machos desde largas distancias, mediante las sensaciones que éstos reciben en sus antenas, y que son probablemente de orden olfativo. Los machos a los que se les ha cortado estos órganos son incapaces de orientarse y buscar a sus compañeras.

En los Mamíferos existen glándulas cutáneas cuya misión no siempre tiene una interpretación indudable. Se supone generalmente, y no sin fundamento, que sirven para atraer a los individuos de la misma especie en determinadas épocas. En algunos casos, estas glándulas tienen una mayor actividad en la época del celo, sirviendo como dato o señal para la aproximación de los dos sexos. Estas glándulas tienen posiciones muy variables; así unas veces existen en la cara, en la frente, en los costados o, como sucede en los Cérvidos, en las extremidades posteriores *(fig. 232)*. En el almizclero, estas glándulas, que segregan la sustancia llamada almizcle y que son muy buscadas por la industria, están muy desarrolladas.



Fig. 232.—Región metatarsiana de *Dama dama*, mostrando la posición de las glándulas cutáneas (según Cabrera).

El olfato guía también a los animales a la busca de su alimento. Sabido es la atracción que sobre infinidad de insectos, especialmente Dípteros, ejercen las carnes y otras sustancias orgánicas en descomposición. Estos seres acuden a millares a estos materiales, unas veces para alimentarse directamente de ellos o, lo que es más general, para depositar sus huevecillos, de los que saldrán larvas que más tarde se nutrirán de ellos. Este instinto admirable pone en condiciones a los jóvenes de encontrar alimento abundante en el momento del nacimiento.

Un caso que aquí señalaremos es la emisión de olores engañosos, verdadero caso de mimetismo (véase más adelante pág. 224), de ciertas plantas que, como los candiles *(Arisarum vulgare)*, tienen un ofor fétido o cadavérico, que se confunde con el de la carne en descomposición, el cual atrae engañados a los insectos que a ellos acuden para realizar su

Instituto San Isidro de Madrid 2008

puesta o para alimentarse, contribuyendo así a la polinización y fecundación de sus flores.

En los Mamíferos, este sentido está especialmente desarrollado en las Fieras, en las que el mundo sensorial de los olores es casi comparable al mundo visual o auditivo del hombre. Sabido es que la finura del olfato del perro cazador demuestra que tiene como casi única guía de su instinto las sensaciones olfativas. En las razas caninas habituadas a una vida que pudiéramos decir más doméstica, como los perros de guarda o de lujo, esta facultad ha disminuído extraordinariamente.

El olor es un signo que en cierto modo distingue las especies y las razas; las mismas razas humanas tienen un olor peculiar y característico, estando en algunas de ellas sumamente acentuado. El rasgo o carácter que nace del peculiar olor que cada especie biológica emite es a veces tan importante como pudieran ser los caracteres morfológicos o de coloración.

En algunos insectos parece que la producción de olores es un procedimiento defensivo. El olor peculiar de las chinches, y también el de otros Hemípteros de nuestros campos, se produce por la emisión de sustancias malolientes que se evaporan en superficies bruñidas, quitinosas, que el insecto presenta en su parte ventral, cuya finalidad parece ser el ahuyentar a sus enemigos.

La emisión de sonidos y el oído en los animales.— Otro de los medios importantísimos utilizado por los animales como medio de relación es la emisión de sonidos, facultad que trae aparejada la complicación y finura del órgano auditivo. No quiere decir esto que los órganos de la audición no aparezcan, en la escala zoológica, antes de que se originen los emisores de sonidos, ya que para su defensa y seguridad es altamente favorable la existencia de estos órganos sensoriales, que suministran indicaciones preciosas para la vida.

En los invertebrados, es en los Insectos en los que los órganos emisores de sonidos alcanzan mayor desarrollo y más alta perfección. En la primavera se perciben en los campos infinidad de sonidos diferentes, que se acentúan a determinadas horas. En la sinfonía producida por tan variadas especies de cantores podemos distinguir las notas de cada uno de ellos, que se repiten de un modo tenaz y monótono. Esto permite a las distintas especies reconocerse a distancia, aun estando guarecidos en los escondrijos más ocultos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Unas veces, como en los grillos y en un grupo de Ortópteros llamados Fasgonúridos, el sonido es producido por la estridulación de los élitros; para ello los levantan un poco y rozan el uno contra el otro de modo rápido, siendo resultado de esta extraña operación el estridente sonido. En los Acrídidos, otro de los grupos de Ortópteros, la emisión de sonidos se produce mediante el frotamiento de las patas posteriores con las nerviaciones del ala, de modo tal como si aquéllas fuesen un arco y éstas las cuerdas de un violín.

En unos y en otros Ortópteros, el órgano cantor no es un órgano nuevo, sino simplemente adaptado a la emisión de los sonidos, sin que esta función excluya la locomotora. En algunos insectos, como en las cigarras, el órgano del canto está especialmente destinado a esta función, estando situado en la base del abdomen: dichos órganos consisten en una cavidad especial dividida en cámaras por diversas membranas, y un delicado tambor que el insecto hace vibrar para producir el sonido inicial, que se modifica por las cavidades citadas que obran como resonadores. El tambor vibra en virtud de la acción de un músculo especial.

En los Vertebrados, la emisión de los sonidos está perfectamente localizada en partes determinadas del aparato respiratorio, como en las Aves y en los Mamíferos, o en dependencias de la boca, como en los sacos bucales de las ranas y sus afines.

En las Aves tienen los sonidos una importante función biológica. Unas veces es un carácter que está en íntima relación con las funciones sexuales, siendo un poderoso medio de atracción de los sexos. En otros establece relaciones entre los padres y la descendencia. A poco que observemos, notaremos que el piar de los polluelos y el cacareo de la gallina no es exactamente igual, según las diversas circunstancias de alimentación, seguridad, inquietud, etc, en que unos y otros se hallen.

El canto de las aves es con frecuencia una diferencia sexual sumamente acentuada; basta recordar lo distinto que es el sonoro canto del gallo del cacareo de la gallina, o la clara distinción que hay entre el canto del canario macho y hembra.

En los Mamíferos, la emisión de sonidos tienen una significación muy diversa. En muchos casos, aunque de un modo rudimentario, sirve para expresar estados anímicos muy diversos. Esto, que tiene en realidad la significación de un lenguaje incipiente, culmina en la especie humana, en la que, gracias al lenguaje articulado, se pueden trans-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mitir de unos individuos a otros las más complicadas manifestaciones espirituales.

El lenguaje humano no se limita a la pura y simple articulación de sonidos, pues realmente va acompañado de gestos fisionómicos, a veces muy complejos, que dan a la palabra hablada matices diversos. Esto, que aun perdura en los idiomas más perfectos, es esencial en algunos idiomas de las razas inferiores. Se dice que en algunos salvajes que viven en el centro de África son tales y tan variados los elementos fisionómicos en el lenguaje, que no se entienden más que a plena luz, no sirviéndoles apenas el lenguaje para comunicarse en la oscuridad.

Las sensaciones auditivas ofrecen variaciones intensas en la escala zoológica. En los animales superiores, aparte de las sensaciones puramente sonoras, existen otras que influyen grandemente en la equilibración, o sea en la facultad de realizar los movimientos necesarios para conservar una posición o una actitud determinada.

En los animales inferiores, como en las medusas, por ejemplo, existen órganos para desempeñar sólo esta función (véase pág. 178), la cual es muy importante para que se mantengan en equilibrio en e seno de las aguas.

El oído en los animales acuáticos es sumamente imperfecto, ya que en ellos es una excepción el poseer órganos emisores de sonidos. El mundo acuático es un mundo esencialmente mudo, así es que los órganos auditivos están representados por los recios y toscos *otolitos* de los peces destinados a percibir los ruidos, nunca los sonidos, o por los otolitos más pequeños, encerrados en especiales cavidades u *otocistos*, de muchos invertebrados, que intervienen únicamente en la equilibración. En los invertebrados terrestres es en los que aparece por primera vez un verdadero órgano auditivo. Los insectos tienen un oído perfectamente constituído, siquiera su situación no es la misma en todos ellos ni obedece al mismo plan de organización.

En los vertebrados, este órgano ofrece extraordinaria complejidad. Las sensaciones auditivas sirven para apreciar la naturaleza, la dirección y la distancia de los cuerpos sonoros. En muchos de ellos, alguna de estas facultades está favorecida por la propiedad que tienen de mover el pabellón de la oreja en distintos sentidos. La vida peculiar del hombre, sustraído de los peligros que la naturaleza le proporciona, hace que la movilidad de las orejas desaparezca y que los músculos de éstas sufran una considerable atrofia.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Medios de defensa de los animales.—Los seres vivos están sometidos a las duras condiciones que la naturaleza les impone, y de aquí que toda la superficie de la Tierra sea el teatro de un intenso drama, en el que los seres más diferentes luchan encarnizadamente entre sí y contra los elementos hostiles que les rodean.

Los animales se preparan contra esta lucha intensa con las armas más crueles o con las más sutiles e insospechadas invenciones.

La lucha se establece entre los individuos de la misma especie, ya que los gérmenes, en general muy numerosos, originan una considerable descendencia que no encuentra condiciones favorables para su existencia, ya por falta de espacio o por escasez del alimento.

El combate de la vida no se circunscribe a los individuos de la misma especie, sino que éstos tienen que habérselas con los de otras, de parecido género de vida, que conviven con ellos o se nutren de los mismos o análogos alimentos.

La lucha se entabla también entre los animales, porque unos devoran a los otros, buscando en ellos su sustento. Otro género de lucha es la de los machos entre sí que se disputan la posesión de su compañera. Este género de lucha supera a veces en violencia a otra cualquiera, no siendo raro que todos los adversarios queden lesionados y maltrechos, y aun perezcan.

Como se comprende, animales que han de entablar lucha tan intensa necesitan poseer medios de ataque y defensa, algunos de los cuales vamos a reseñar brevemente.

Los animales carnívoros están dotados de poderosa dentición y garras robustas, con las que destrozan y desgarran las presas de que se alimentan. En muchas Fieras, las garras tienen una curiosa disposición anatómica que les permite retraer y proteger sus aceradas uñas cuando no las utilizan. Este artificio las defiende del desgaste continuo a que estarían sometidas si estuviesen siempre extendidas durante la marcha *(fig. 233)*.

En estos animales, los dientes son aguzados y cortantes, y algunos de ellos, como los llamados muelas carniceras, obran al modo de poderosas tijeras, capaces de cortar las carnes aún palpitantes de su víctima *(fig. 234)*.

Los animales herbívoros confían, en general, su defensa a la huída. En la lucha que se entabla entre estos animales y sus naturales enemigos los carnívoros, los más veloces son los que menos tienen que temer

Instituto San Isidro de Madrid 2008

y los que más probabilidades poseen de sobrevivir a sus perseguidores. Esta es la razón de que las patas de los herbívoros sean muy finas y fuer-

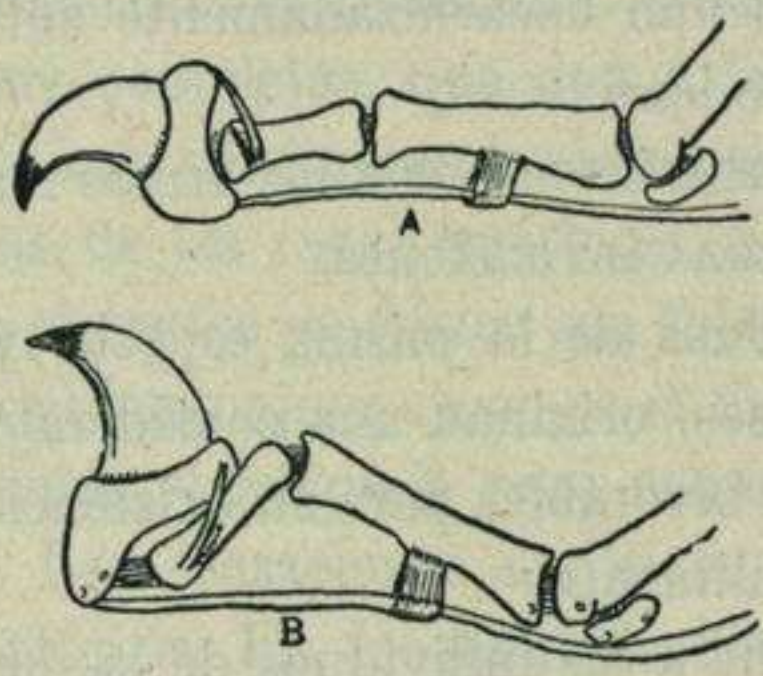


Fig. 233.—Disposición de las garras de una fiera.—A, posición de los huesos y ligamentos cuando las uñas están extendidas; B, ídem cuando están retraídas.

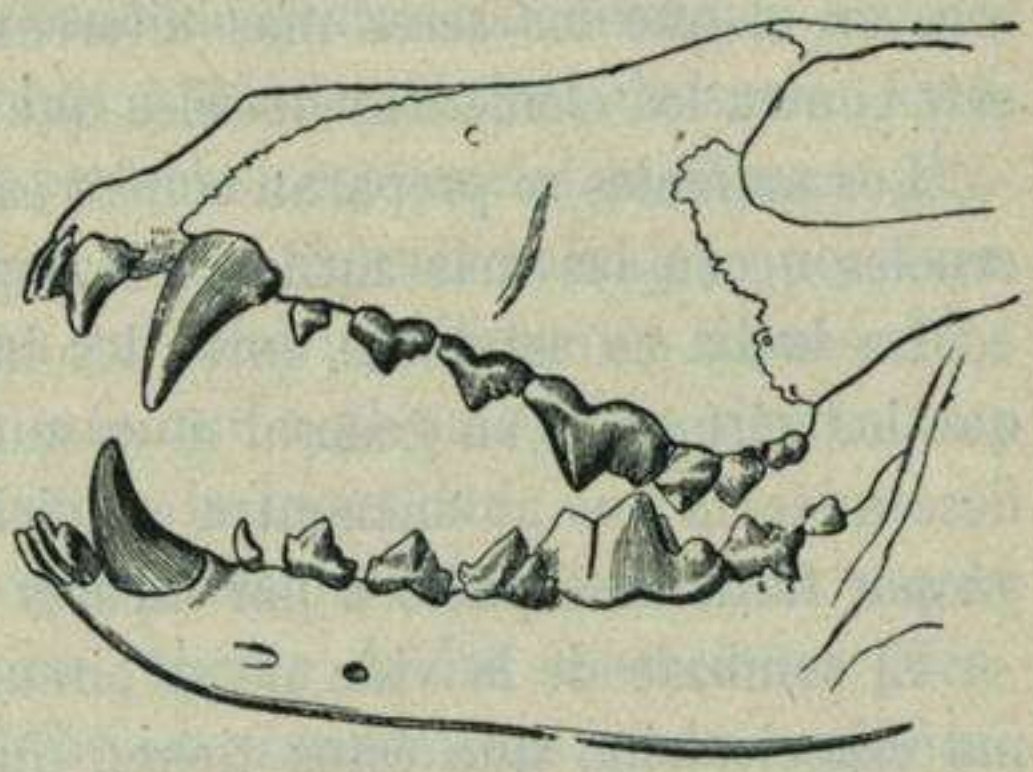


Fig. 234.—Dentición de una fiera *(Canis)*. Las muelas carniceras son las mayores.

tes y estén terminadas por cascos o pezuñas que ofrecen sólido punto de apoyo durante la carrera, que es tanto más veloz cuanto menor es la parte que en el suelo descansa *(figura 235)*.



Fig. 235.—Las patas de los animales veloces (cebras, etc.) son finas y fuertes y están terminadas por un casco o pezuña.

Muchos herbívoros poseen un eficaz medio de defensa en sus cuernos, que les faculta para repeler el ataque de gran número de enemigos. Los que tienen estas armas más desarrolladas son menos ágiles y más corpulentos, como les sucede a los toros, que no temen el ataque de las fieras más feroces.

Entre los medios pasivos de defensa destacan la coraza y la espina, elementos de protección muy difundidos en el reino animal. El ejemplo de la tortuga, protegida por un doble escudo de piezas poligonales *(figura 236)*, es seguido por los más variados animales; unas veces, como en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los moluscos, es la concha de una, dos o varias piezas; otras, es el recio caparazón de los cangrejos y de las langostas, las placas de ciertos peces

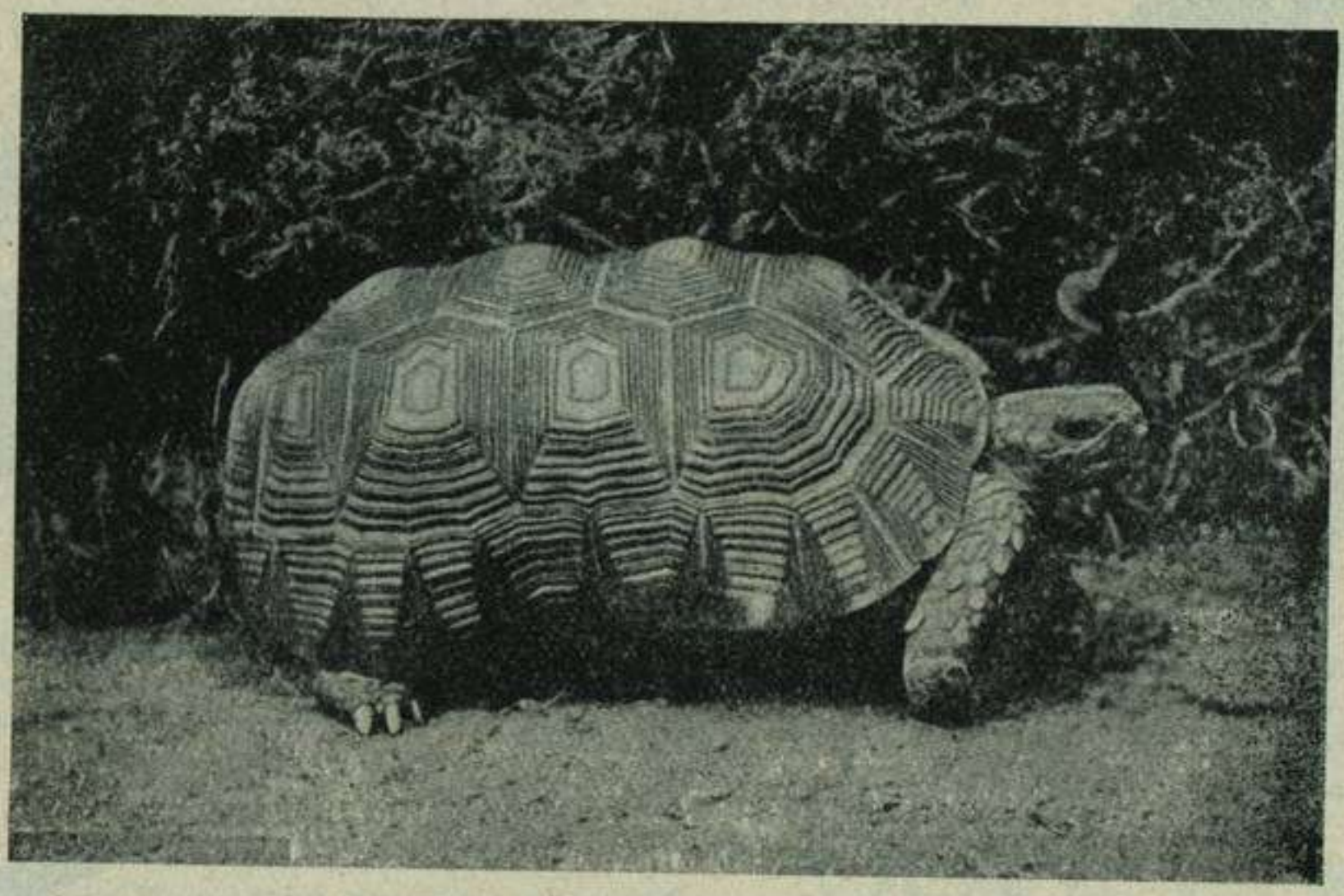


Fig. 236.—Las tortugas se protegen por un doble escudo de piezas poligonales.

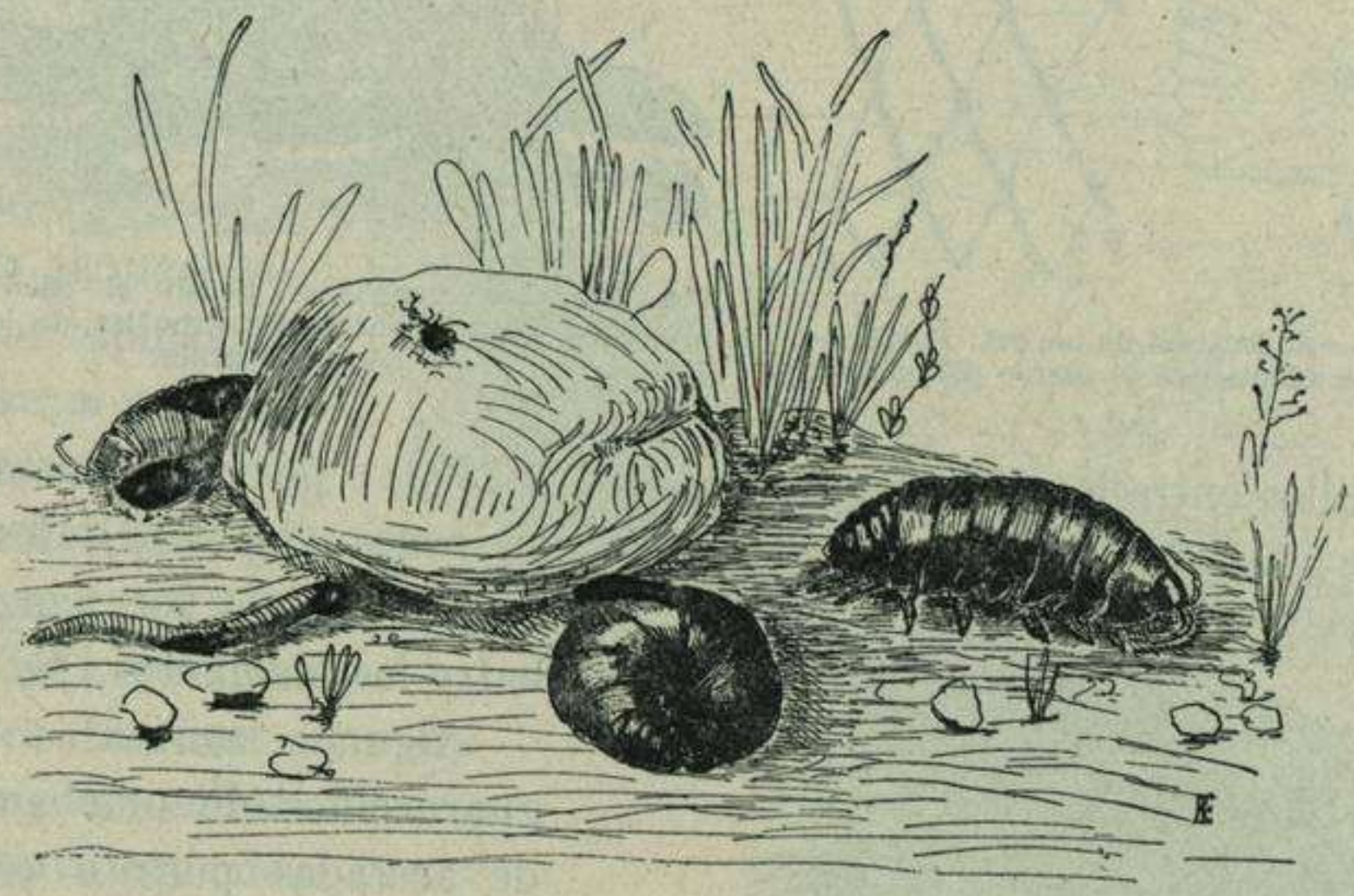


Fig. 237.—Las cochinillas de humedad pueden enrollarse formando una bola, como la del centro de la figura.

y el caparazón microscópico de los Foraminíferos los que desempeñan el mismo papel.

Pero la coraza rígida e inmóvil de la tortuga puede perfeccionarse, y

Instituto San Isidro de Madrid 2008

así en vez de estar formada por piezas sólidamente unidas puede estar constituída por piezas de tal modo dispuestas que el animal se puede arrollar en forma de bola, como las cochinillas de humedad *(fig. 237)* entre los Crustáceos, los *Chiton* entre los Moluscos, y los

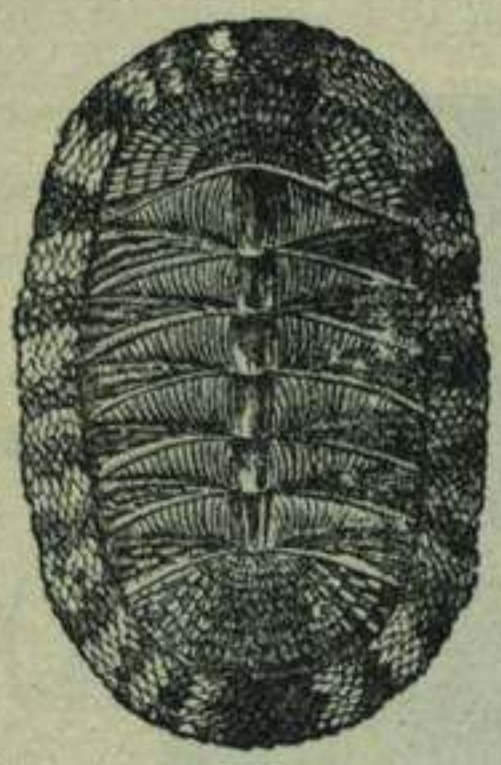


Fig. 238

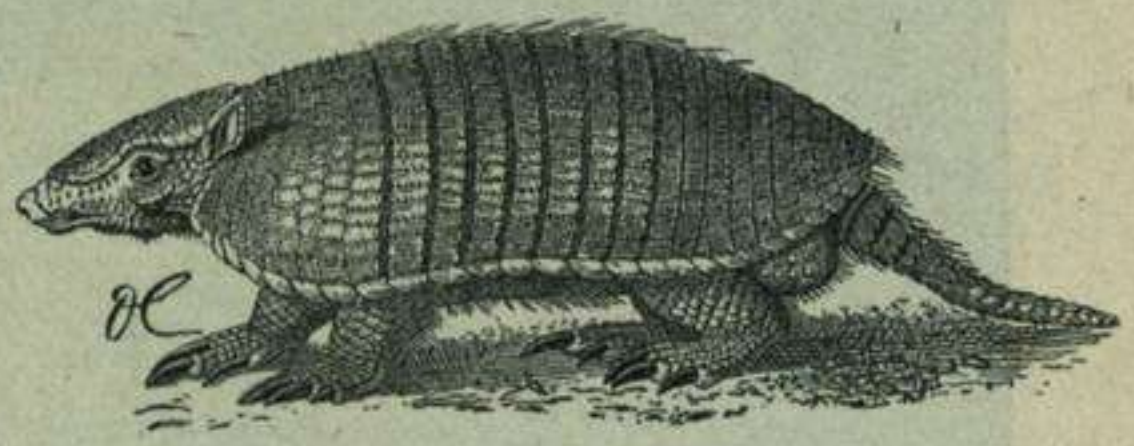


Fig. 239.

También los *Chiton (fig. 238)* y los armadillos *(fig. 239)* pueden enrollarse formando una bola.

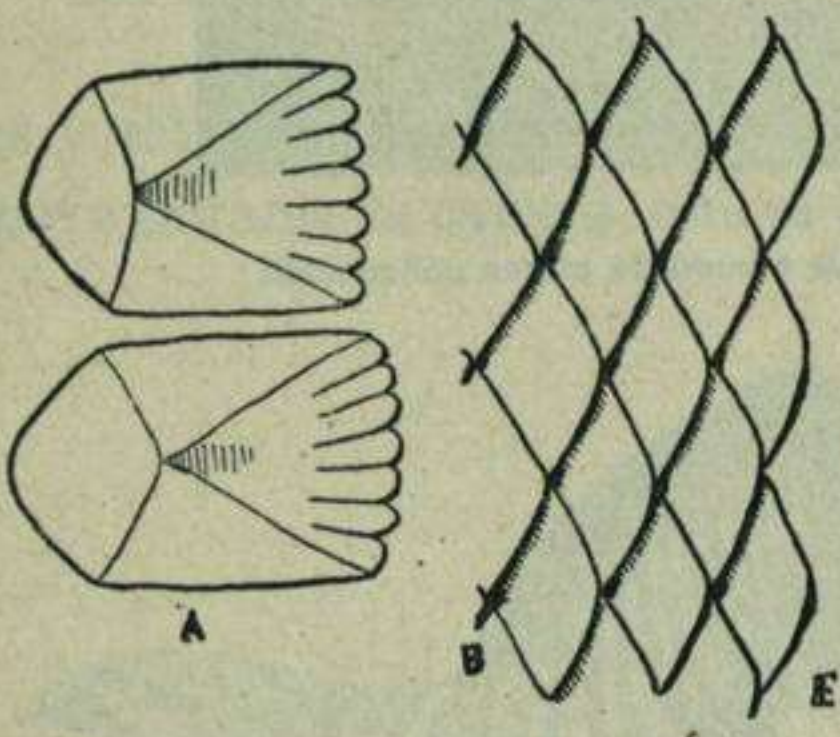


Fig. 240.—A, escamas de un pez: B, disposición que adoptan en el cuerpo del animal.

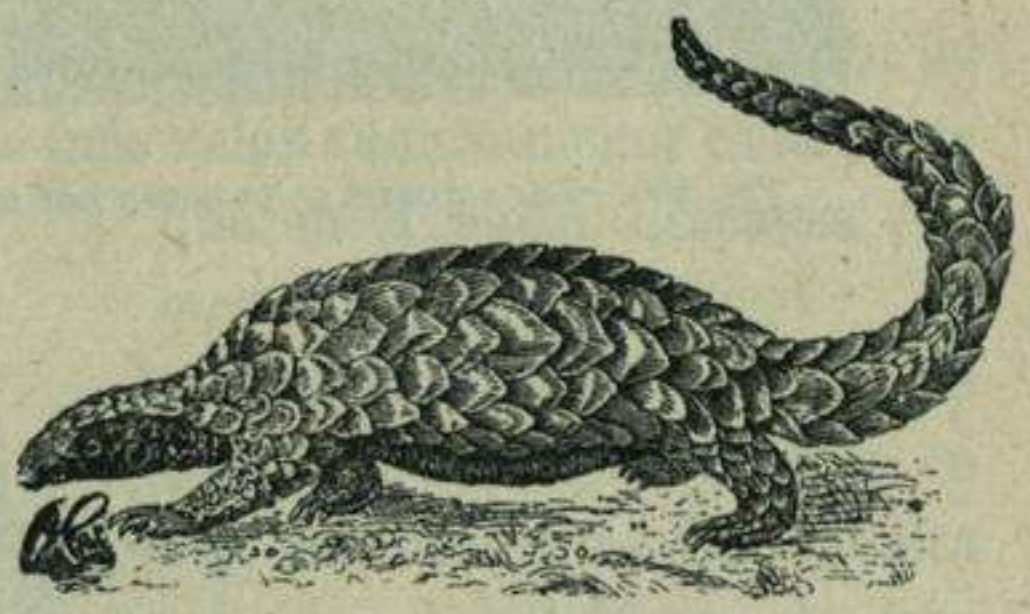


Fig. 241.—Los pangolines tienen el cuerpo recubierto por escamas imbricadas como las de los peces y algunos reptiles.

armadillos entre los Mamíferos *(figs. 238* y *239);* o por escamas como en los peces *(fig. 240),* los saurios y ofidios y los pangolines entre los mamíferos *(fig. 241).*



Fig. 242.—Puerco espín.

Algunos animales están guarnecidos de una cubierta de aceradas púas o espinas. En nuestro país es el erizo el animal más típico que exhibe este género de defensa. El puerco espín y el equidna entre los Mamíferos, el pez erizo

Instituto San Isidro de Madrid 2008

y el erizo de mar *(figs. 242* a *245)*, son otros tantos ejemplos de animales que poseen el mismo medio de defensa.



Fig. 243.

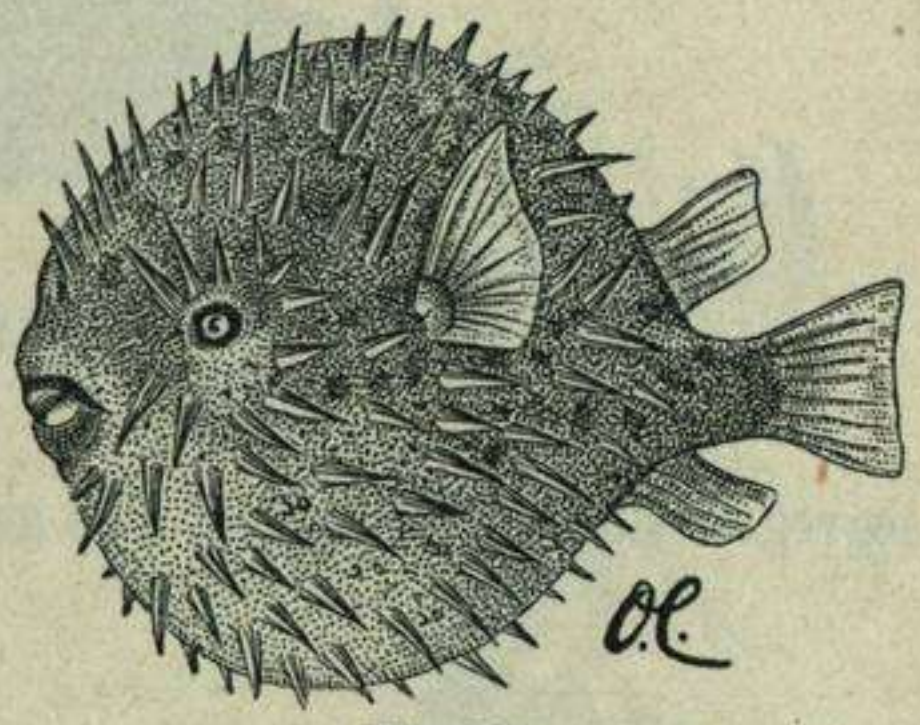


Fig. 244.

El puerco espín *(fig. 242)*, el *Equidna (fig. 243)* y el pez erizo *(fig. 244)* defienden su cuerpo por medio de aceradas púas. La posición de este último cuando está hinchado es, en realidad, con el vientre hacia arriba.

El erizo terrestre emplea simultáneamente el procedimiento de arrollarse en bola que hemos visto en el armadillo y en la cochinilla de humedad *(fig. 246)*.

En algunos casos, las espinas se asocian al veneno: así ocurre en los cabrachos, escorpios o escorpas *(fig. 247)*, tan frecuentes en nuestras costas; en los escorpiones de mar *(Callionymus) (fig. 248)*, en el pez araña *(Trachinus) (fig. 249)* y en ciertas especies de rayas, como las correspondientes al género *Trigon*.

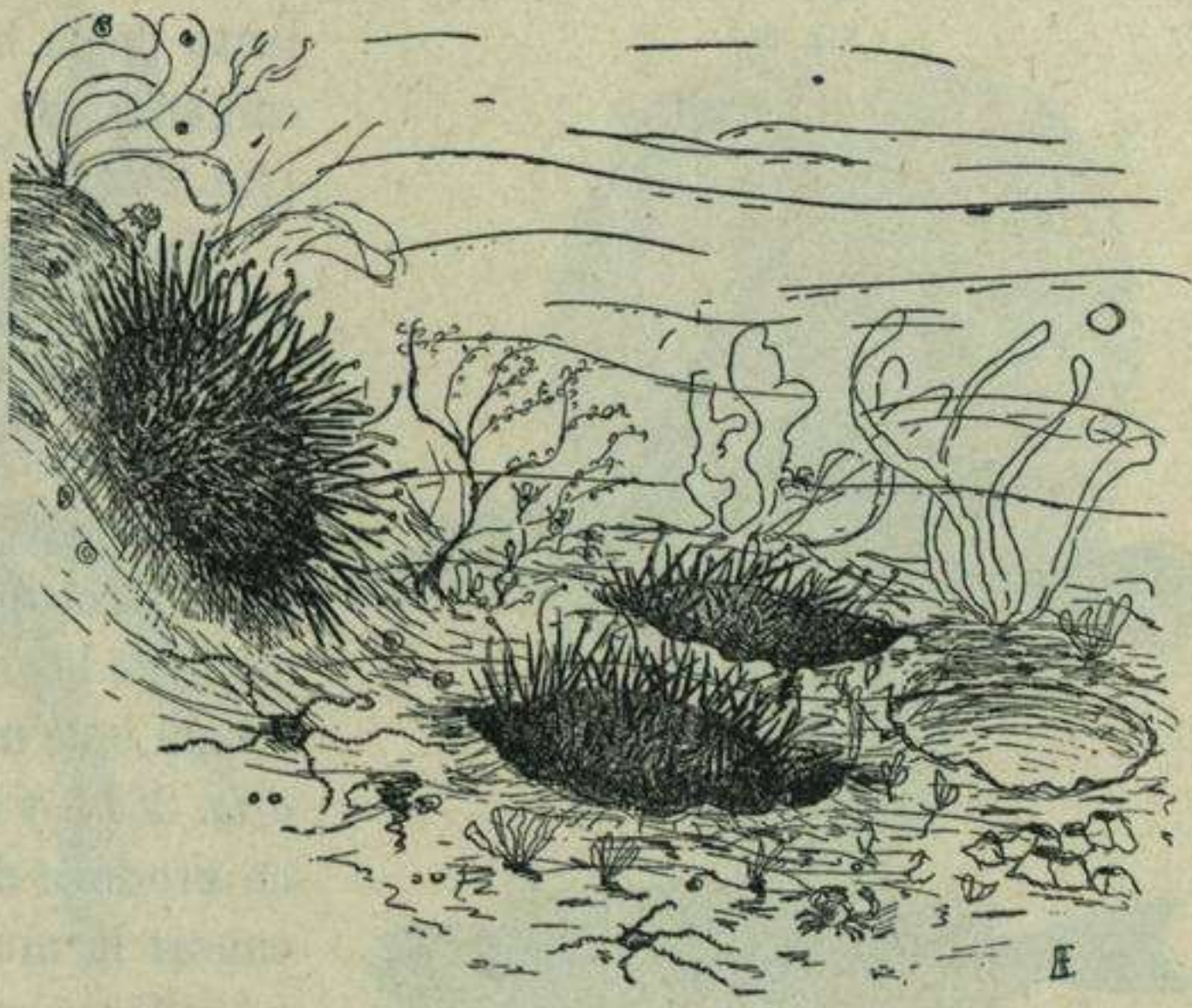


Fig. 245.—Algunos erizos de mar no sólo se defienden por medio de sus espinas, sino que, además, se alojan en cavidades que se hacen en las rocas de la costa.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Existen infinidad de animales venenosos provistos de glándulas que



Fig. 246.—La defensa de las espinas del erizo terrestre es más eficaz, porque puede enrollarse formando una bola.

segregan sustancias tóxicas que generalmente inoculan por medio de diversos aparatos. La víbora, la serpiente de cascabel *(fig. 250)* y otras especies del mismo grupo, poseen dientes venenosos; el escorpión, un aguijón en el extremo de su abdomen *(fig. 251)*; y las arañas, los quelíceros, o sea unos apéndices situados por delante de la boca, que son los encargados de inyectar el veneno *(fig. 252)*.

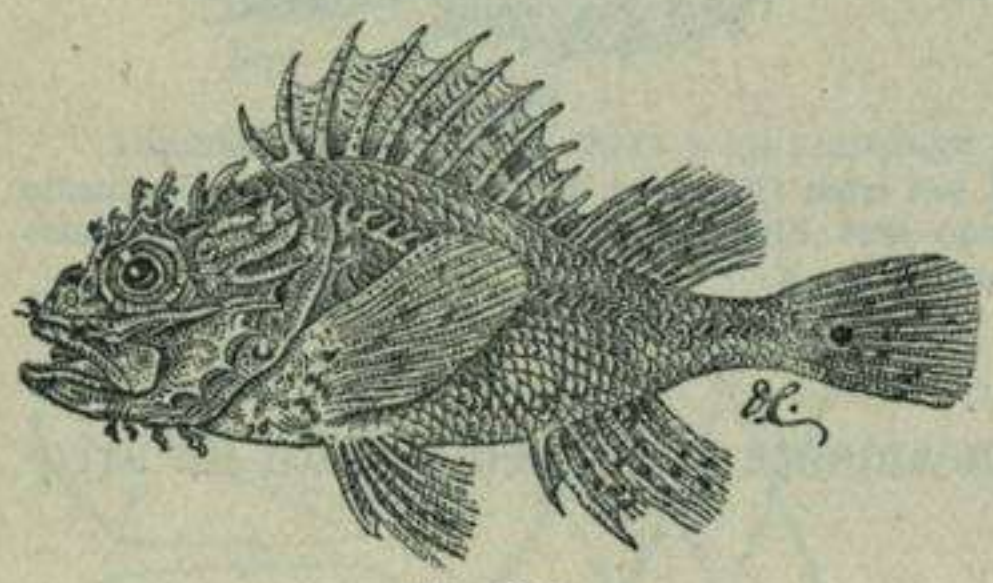


Fig. 247.

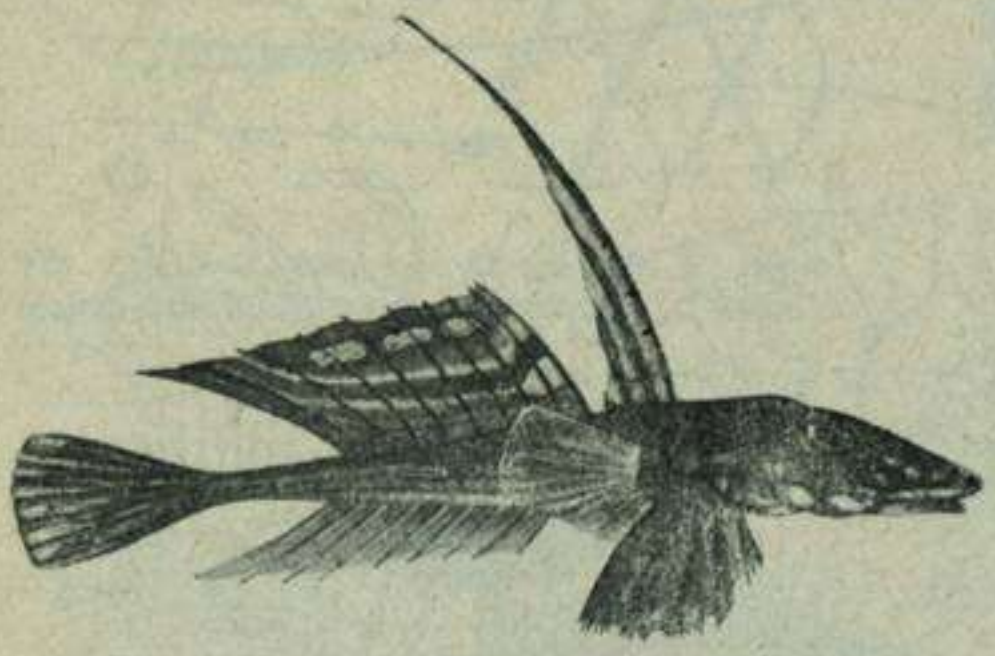


Fig. 248.

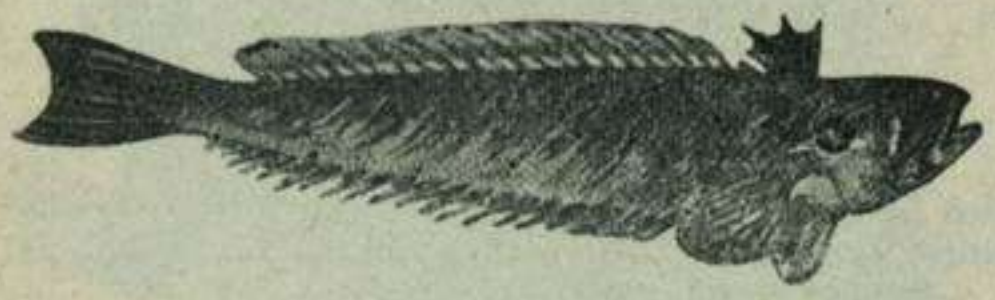


Fig. 249.

Los cabrachos *(Scorpœena) (fig. 247)*, los escorpiones de mar *(Callionymus) (fig. 248)* y los salvareos o peces araña *(Trachinus) (fig. 249)*, se defienden por medio de sus aguzadas y ponzoñosas espinas.

Uno de los casos más curiosos de órganos de defensa es el de los peces eléctricos, como el torpedo o tembladera, que vive en nuestras costas *(fig. 253)*, y la anguila eléctrica *(Gymnotus eléctricus)*, de los ríos de América meridional, que mide más de un metro *(fig. 254)*, y cuyo aparato eléctrico produce descargas que pueden causar la muerte de los grandes mamíferos, como caballos, etc.

COLORACIONES DEFENSIVAS.—HOMOCROMIA Y MIMETISMO.—Las coloraciones de los animales pueden ser también protectoras o de-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fensivas. El lenguado y sus afines *(fig. 255)*, que vive en los lugares arenosos de nuestras costas, siempre permanece apoyado sobre uno de

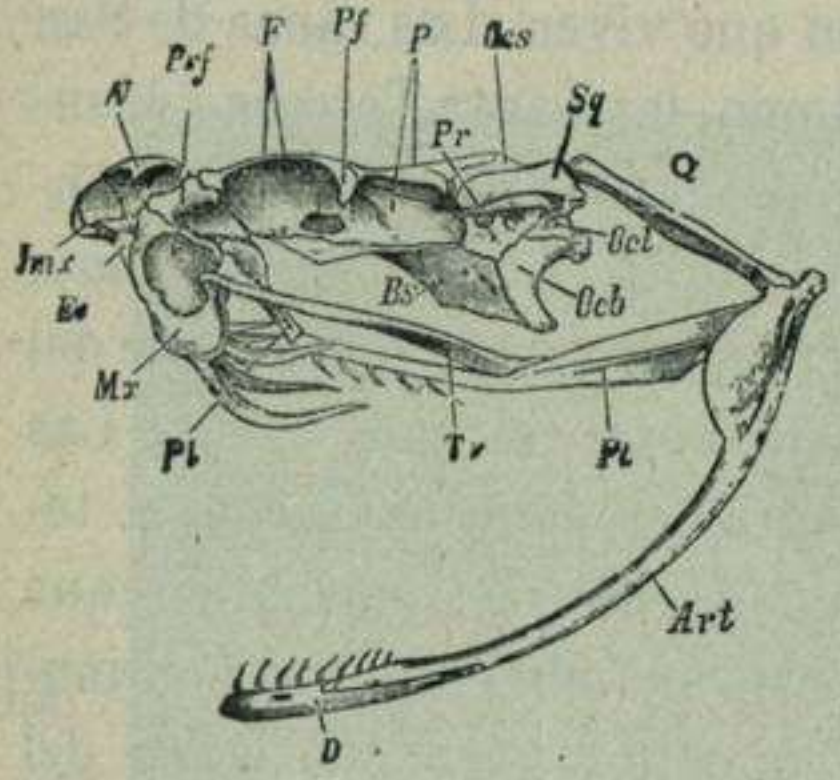


Fig. 250.—Cráneo de serpiente cascabel con los dientes venenosos insertos en *Mx*. Todas las serpientes venenosas tienen los dientes en análoga disposición. (De Claus.)



Fig. 251.—El escorpión tiene un aguijón venenoso en el extremo del abdomen.



Fig. 252.—Una araña *(Mygale)*. Las arañas tienen los aparatos venenosos en apéndices que se hallan cerca de la boca.



Fig. 253.—*Torpédo marmoráta* abierto por su cara dorsal para mostrar los órganos eléctricos *g g'*.

sus costados. El costado inferior, sobre el que descansa y, por consiguiente, está al abrigo de la luz, es blanquecino, en tanto que el otro, que está

Instituto San Isidro de Madrid 2008

expuesto a las miradas de sus enemigos, tiene un color muy semejante al de la arena, por lo que se confunde con ella, pasando así inadvertido.

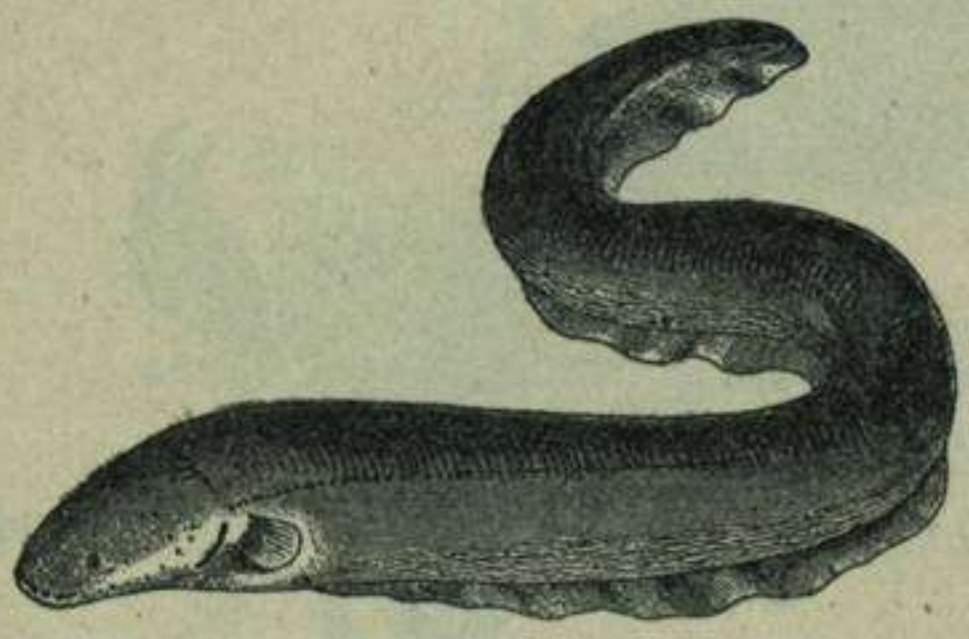


Fig. 254.—*Gymnótus eléctricus* o anguila eléctrica: mide más de 1 m. y produce intensas descargas.

Infinidad de animales terrestres tienen la coloración del paraje en que viven. Las ranas de San Antonio, las Santa Teresas *(Mantis religiosa) (fig. 277)*, la langosta verde *(Locusta viridisima)*, etcétera, tienen el color verde del follaje entre el que viven. Las alondras se confunden con el terreno de los rastrojos en los que buscan su alimento. Los animales que flotan en las aguas del mar *(figs. 256* a *259)* son transparentes o presentan coloraciones azuladas, por lo que es difícil distinguirlos en el medio en que se mueven. Entre algunos ejemplos de los citados, como en la Santa Teresa, se encuentra el curioso fenómeno de existir dos variedades de coloración: una verde y otra amarilla; la primera de ellas vive en los prados verdes, y la segunda, en los agostados y secos.

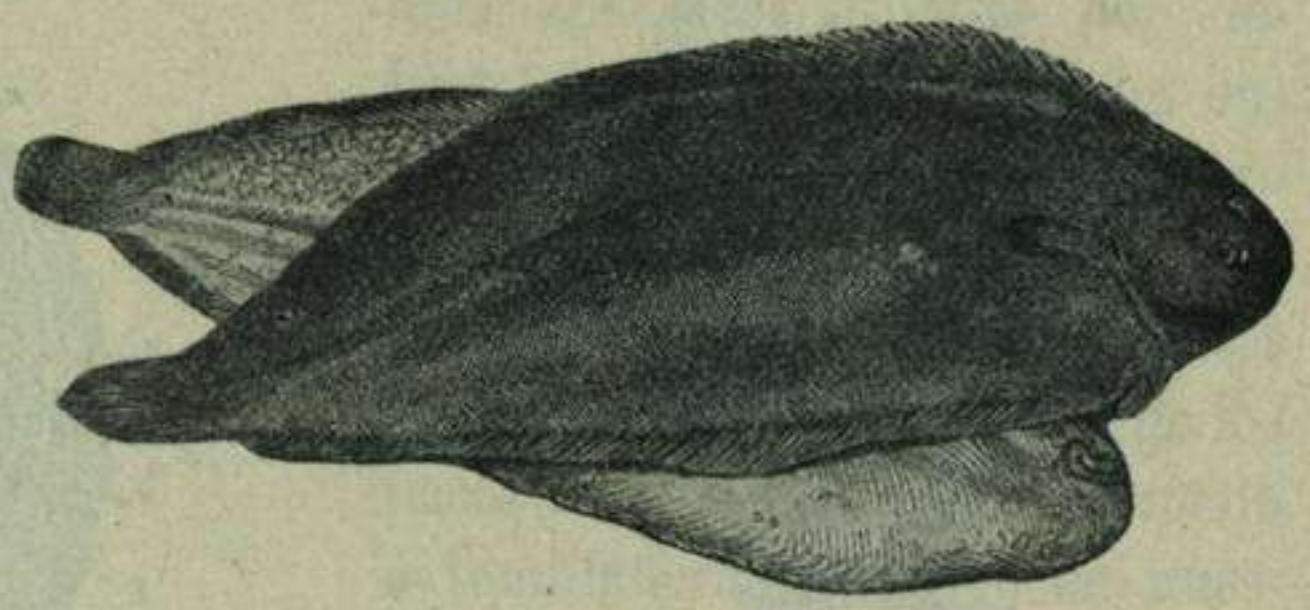


Fig. 255.—Los lenguados y especies análogas tienen coloración oscura por la parte superior y blanquecina por la inferior.

La semejanza del colorido de los seres vivos con el medio en que viven se conoce con el nombre de *homocromia*, siendo un fenómeno de gran importancia en los seres vivos.

No se limitan los seres vivos a imitar el color de los objetos sobre los que viven o del medio que les rodea. En muchos casos, la ficción es mucho más perfecta, y su semejanza no queda reducida a una igualdad de colorido, sino que tratan de copiar el aspecto y aun la forma. Animales que viven entre vegetales se pueden confundir con las hojas; otros con las ramas secas y hasta, en algunos casos, con sus flores. Es tal el poder

Instituto San Isidro de Madrid 2008

imitativo, que en muchas ocasiones es difícil distinguirlos, aunque se posea la vista habituada y sagaz del naturalista.

Entre las algas marinas viven seres que imitan en la forma y en el colorido a estos vegetales. Entre los más frecuentes habremos de mencio-

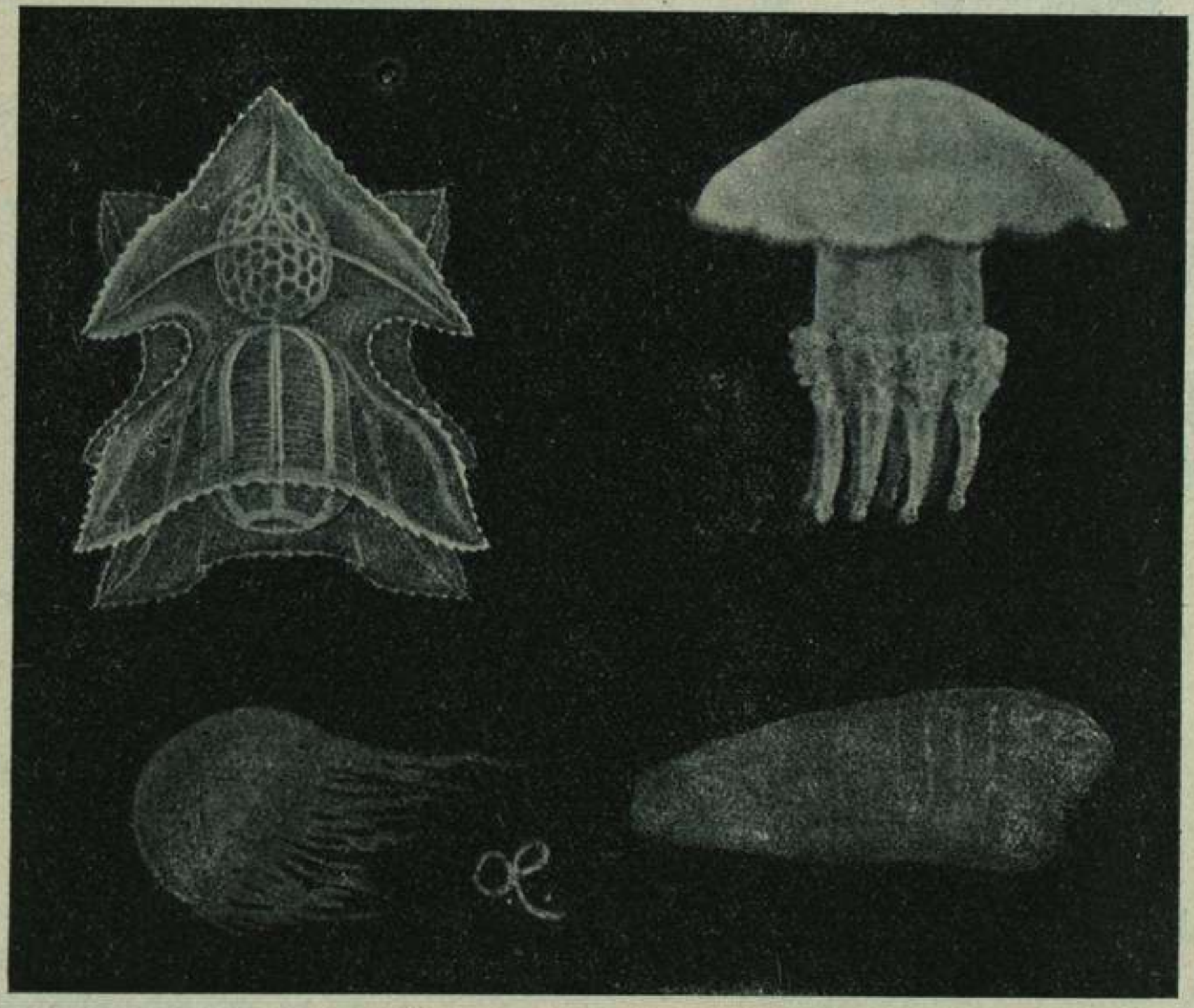


Fig. 256.

Fig. 257.

Fig. 258.

Fig. 259.

Los Sifonóforos *(fig. 256)*, los *Rhizostoma (fig. 257)*, las medusas *(fig. 258)*, las *Salpas (fig. 259)* y otros muchos animales que viven flotando en el mar, son transparentes o de tonos azulados.

nar los Crustáceos del género *Caprella (fig. 260)* y los pececillos llamados agujas *(Sygnatus* y *Nerophis)*, que son alargados y flexibles, con sus aletas sumamente reducidas *(fig. 261)*.

El caso tal vez más sorprendente de imitación en estos pobladores de las algas es el de un caballito de mar *(Phyllopterix)* que vive en el mar de los Sargazos y entre las algas de los mares tropicales *(fig. 262)*.

En los animales terrestres, este fenómeno se presenta con no menos perfección. Entre los casos más notables está el de ciertas mariposas exóticas como las *Kallima (fig. 263, 1* y *2)*. Estos insectos, durante el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vuelo, no ofrecen nada de particular, ya que entonces les es fácil escapar de sus enemigos; pero durante el reposo, sus alas plegadas tienen la to-



Fig. 260.

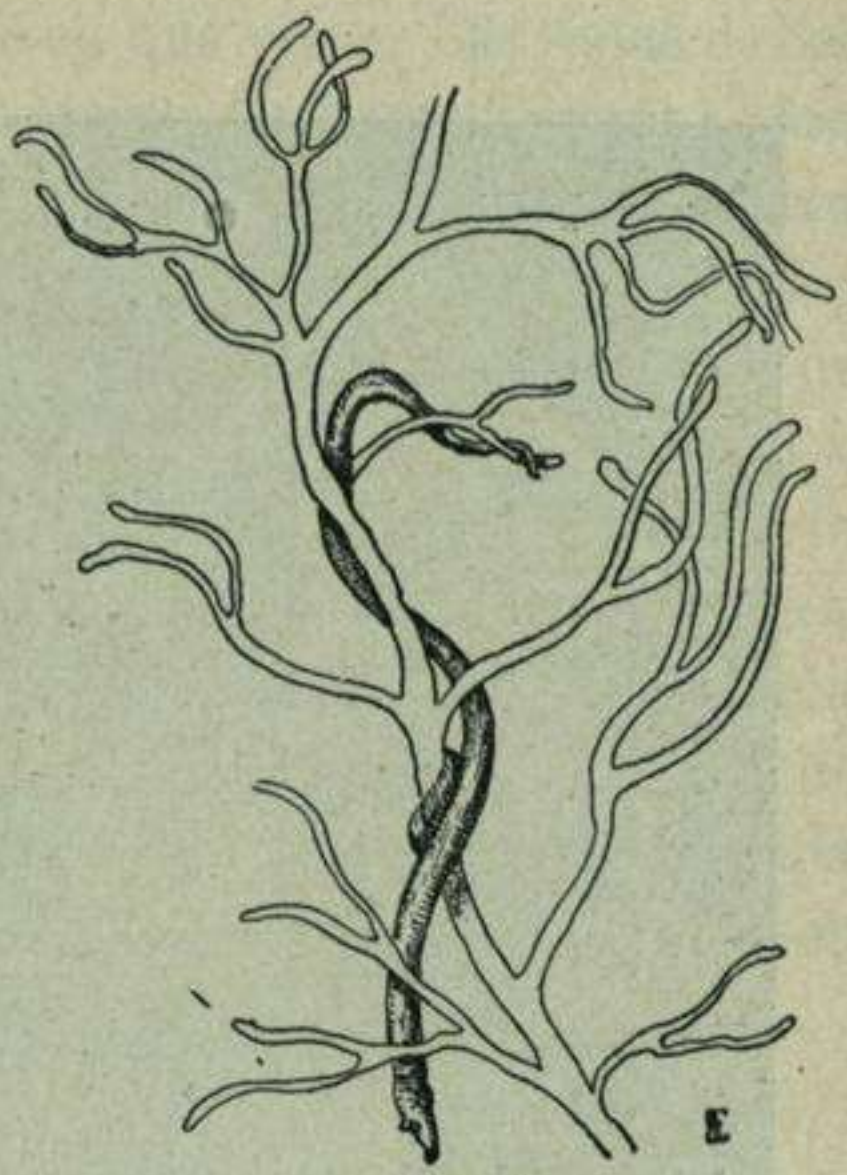


Fig. 261

Las *Caprella (fig. 260)* son unos Crustáceos y los *Nerophis (fig. 261)* unos peces que se confunden con las algas entre las que viven.

nalidad de las hojas secas; no es sólo en el color en lo que imita a las hojas, sino también en su forma, pues su parte posterior simula el pecíolo y su dibujo copia la nerviación. Algunas veces tienen hasta pequeñas manchitas semejantes a las que los hongos parásitos producen sobre las verdaderas hojas *(fig. 263, 2)*. También viven en muchos países tropicales unos rarísimos saltamontes *(Phyllium)* que parecen hojas verdes u hojas secas, y hasta hay casos en que sus alas copian las mordeduras producidas por los insectos o los deterioros que haya podido originar la descomposición



Fig. 262.—El *Phyllopteríx eques* es el más extraño caballito de mar: se le representa unido a un alga.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(fig. 264). Entre los animales de nuestra fauna se dan también ejemplos notables. Entre los más característicos es-

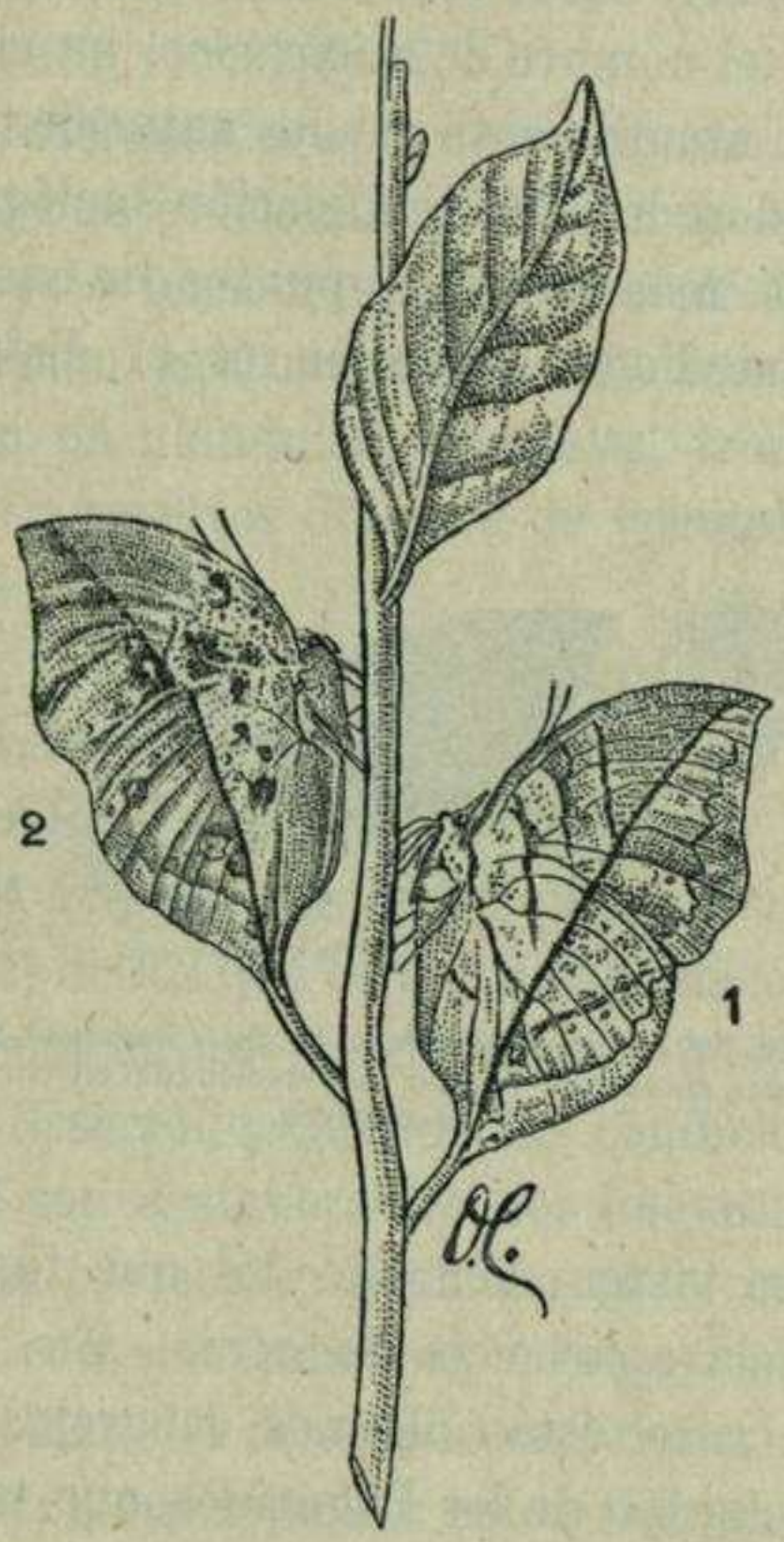


Fig. 263.—1 y 2, *Kallima*, el Lepidóptero que parece una hoja: se advierte que las mariposas se colocan siempre con la cabeza hacia abajo.



Fig. 264.—*Phyllium siccifólium*, el Ortóptero que parece una hoja.

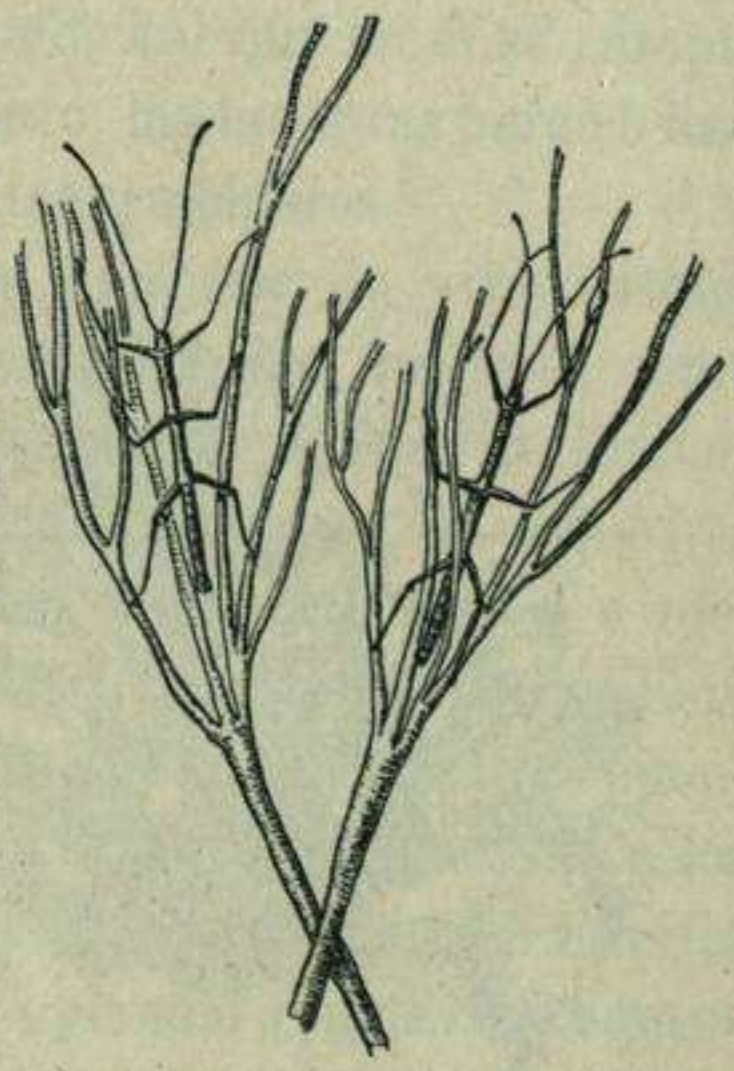


Fig. 265.—Los *Bacillus* son Ortópteros de formas alargadas, que parecen ramas.

tán los ortópteros del género *Bacillus*, cuyos cuerpos tienen la forma de pequeños bastoncillos y un color que ofrece todos los matices del verde y del pardo, por lo que es díficil distinguirlos, ya que parecen una ramita más *(fig. 265)*.

Entre los casos más curiosos de imitación están los de algunos insectos que copian la forma y el colorido de otras especies. En los jóvenes de un insecto del género *Nabis*, que pertenece al

Instituto San Isidro de Madrid 2008

grupo de los Hemípteros, este fenómeno ofrece rara perfección. Este animal semeja enteramente a una hormiga *(fig. 266)*. Este fenómeno, que se conoce con el nombre de *mimetismo*, ha sido estudiado atentamente por los naturalistas, discutiéndose hoy su significación biológica desde los más diversos puntos de vista.



Fig. 266.—Los Hemípteros jóvenes, del género *Nabis*, tienen una forma muy parecida a la de las hormigas

Otro medio de imitación es el disfraz



Fig. 267.—Los ermitaños o brujas *(Pagurus)* protegen su blando cuerpo introduciéndolo en caracoles marinos.

que adoptan algunos animales, que se visten de modo tal que toman la apariencia de otros. En este caso están algunos cangrejos del grupo de los Pagúridos, que se les conoce con el nombre expresivo de ermitaños o brujas, los cuales se protegen en una concha de un caracol marino, con lo que toma apariencia de tal *(fig. 267)*.



Fig. 268.—Centolla o cámbara *(Maja squinado)* protegida con algas marinas.

La centolla o cámbara es otro de los pobladores del mar que utilizan tal medio de defensa. Este Crustáceo *(fig. 268)* tiene sobre el dorso una infinidad de pequeños garfios o ganchitos, en los que va colocando, con rara habilidad, ramas, trozos y briznas de algas u otras plantas marinas, que entrelaza hasta formar como una

Instituto San Isidro de Madrid 2008

especie de mata artificial. De este modo, dada la lentitud de sus movimientos, parece uno de tantos manojos de vegetales acuáticos, entre los que precisamente vive *(fig. 268)*.

Algunas orugas de mariposas ofrecen también este fenómeno. Las orugas del género *Psyche* forman una especie de canutito que forman aglutinando, con la seda que producen en glándulas especiales, trozos de hojas y fragmentos diversos de vegetales secos *(figura 269)*.

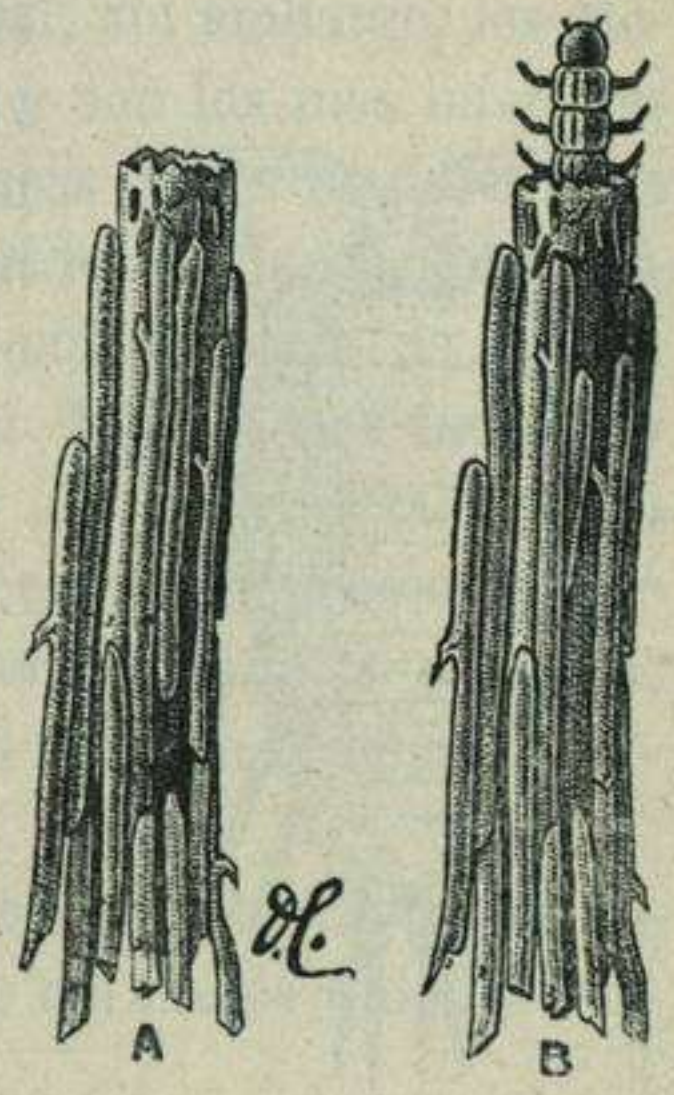


Fig. 269.—Canuto de una oruga del género *Psyche (Fumea)*.—A, con la oruga dentro; B, con el comienzo del cuerpo fuera.

Ecología de la reproducción.—El viviparismo en la escala animal.—La inmensa mayoría de los animales son *ovíparos*, es decir, que depositan huevecillos, de los que con el tiempo nacen los pequeñuelos en un estado más o menos avanzado de desarrollo. Cuando las condiciones exteriores son desfavorables, los huevecillos encuentran protección y abrigo en el cuerpo materno (en una cavidad conocida con el nombre de útero o matriz), de modo tal que en él se cumple el plazo del desarrollo embrionario, y, por tanto, las hembras paren o dan a luz a sus hijuelos: estos animales se denominan *vivíparos*.

En los invertebrados marinos son raros los casos de viviparismo, existiendo, sin embargo, algunos ejemplos dentro de los Anélidos, como sucede con el *Syllis vivipar*. Lo que es más frecuente es que los huevos se desarrollen en cámaras incubatrices especiales, aunque sin adherirse a sus paredes, en las que los embriones pasan una parte mayor o menor de su desarrollo; a dichos animales se les llama *ovovivíparos*. Esto sucede en muchos Crustáceos del grupo de los Isópodos, de que es ejemplo la *Lygia oceánica (fig. 270)*, tan frecuentes en nuestras costas. En los Anélidos del género *Spirorbis* los huevos se desarrollan en el interior de una especie de cámara que se forma en el opérculo *(fig. 271)*, órgano a modo de tapadera que el gusano utiliza para cerrar el tubo en el que se aloja.

Entre los Artrópodos terrestres existen casos aislados de viviparismo. Los Onicóforos, entre los que los *Peripatus* son los más conocidos,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los escorpiones y varios Ácaros, y entre los insectos muchos pulgones (Afídidos) y algunos Crisomélidos, son vivíparos. En algunos casos, como en los *Pupíparos* dentro de los Dípteros, las larvas se desarrollan en el interior de la madre de modo tal que éstos, al poco de nacer, se transforman ya en pupas o ninfas. Los Moluscos son ovíparos en su inmensa mayoría, pudiéndose citar sólo algunas excepciones de viviparismo, como la *Paludina vivípara*, que vive en las aguas dulces.

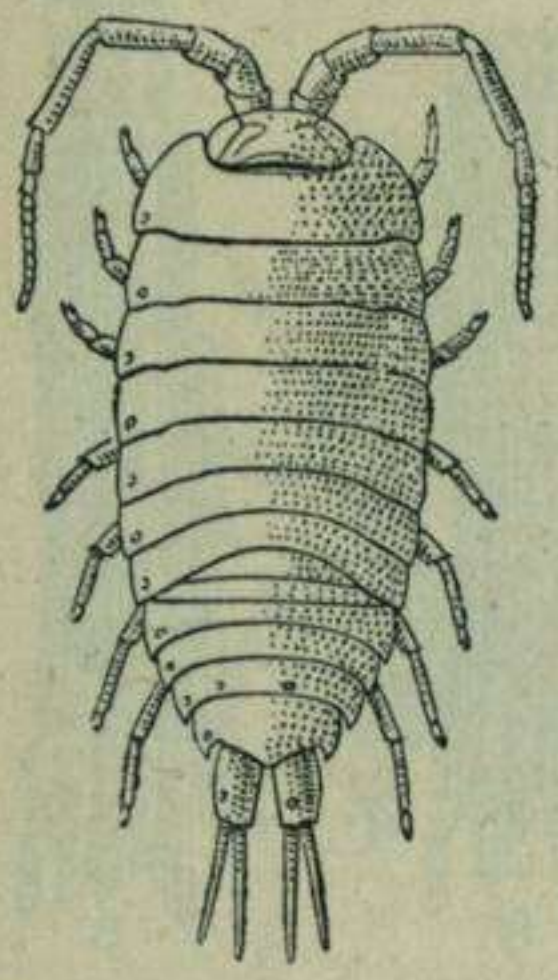


Fig. 270.—*Lygia oceánica* cuyos huevos se desarrollan en cámaras incubatrices. (Aumentada 2 veces)

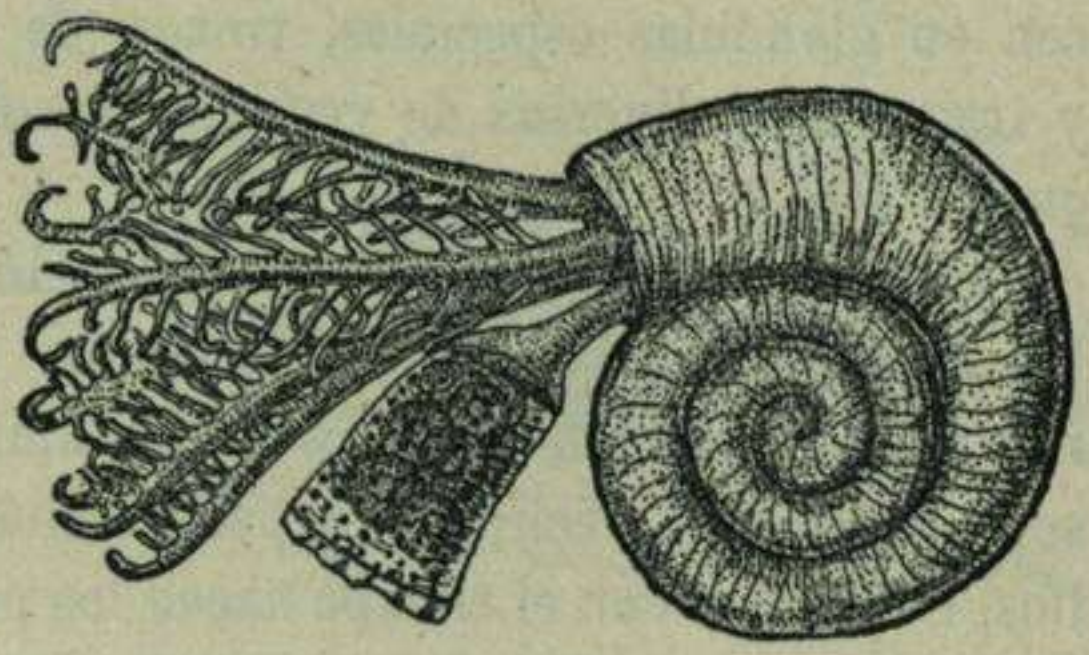


Fig. 271.—*Spirorbis* dentro de su tubo con e penacho branquial y el opérculo incubador extendidos. (De Rioja, *La Vida en el Mar*).

En los vertebrados se observa un oviparismo primitivo, pues el viviparismo es condición secundaria que aparece accidentalmente en casos aislados o en algunas de sus Clases, como sucede en la de los Mamíferos, que representa el caso más perfecto, por causas especiales de este modo de desarrollo.

Entre los peces que son ovíparos y que, por tanto, en la mayoría de los casos abandonan los huevecillos a su suerte, existen algunas especies de rayas y tiburones que son vivíparos. En ellos, los embriones se nutren de las sustancias de la madre mediante un órgano que recuerda la placenta de los mamíferos. En los reptiles, en los que el oviparismo es la regla, se dan casos de viviparismo en ciertas especies, como la *Lacerta vivípara*, que por vivir en latitudes muy septentrionales defiende de este modo a sus hijuelos, no exponiéndolos a los rigores del clima. Ciertas especies de Vipéridos, algunas grandes culebras afines a las boas y la serpiente de vidrio *(Anguis fragilis)*, tan frecuente en nuestro país, son también vivíparos. Entre los Anfibios son vivíparos algunas especies de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Salamandra, quizá por una adaptación a condiciones climatológicas rigurosas.

En los Mamíferos, el viviparismo es lo general; sin embargo, los Monotremas *(Ornithorhynchus)*, que ponen huevos y son los más inferiores del grupo, nos indican a las claras la descendencia de los mamíferos de animales ovíparos que secundariamente han sufrido la adaptación al viviparismo. El viviparismo de los mamíferos es consecuencia de que su óvulo es pobre en sustancia nutritiva (véase pág. 188), y, por tanto, incapaz de proporcionar al embrión los productos nutritivos durante todo el tiempo que el desarrollo dura; el embrión en estos animales establece conexiones con el cuerpo de la madre por intermedio de la placenta, órgano embrionario a través del cual se pone en relación el aparato circulatorio de ambos.

El viviparismo parece que en algunos casos está influenciado por las condiciones exteriores, tales como la composición del medio o de las sustancias alimenticias.

En un Nematode del género *Rhabditis*, estudiado por Conte, consiguió este biólogo generaciones ovíparas manteniendo al gusano en una solución de peptona, y vivíparas alimentándolos con patata.

El instinto maternal: sus manifestaciones.—Puesta, cuidado y nutrición de la prole.—En las formas más inferiores del reino animal no existe protección ninguna por parte de los padres a su descendencia, dejándola, en general, sometida a las duras condiciones del medio.

La naturaleza parece como preocupada de que todos sus pobladores sobrevivan, a fin de mantener entre ellos el equilibrio, que nace de la lucha por la existencia de ellos entre sí y contra las circunstancias desfavorables que les rodean.

El procedimiento más sencillo de defender y asegurar la prole es el multiplicar considerablemente el número de huevecillos de modo tal que, aunque muchos perezcan, siempre sobrevivirán un crecido número. Entre los seres más fecundos que se conocen están los peces que forman los grandes bancos de pescado, como la sardina, el arenque y el bacalao, cuyo número no decrece, no obstante la guerra implacable que se les hace por parte de los pescadores de muchos países.

En muchos animales, en vez de dejar sus huevecillos completamente abandonados, los reúnen a otros, constituyendo en su conjunto lo que

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se denomina la puesta, que tiene forma diversa, según los animales de que se trate. En algunos caracoles del litoral, los huevecillos están alojados en el interior de unas especies de botellitas coriáceas *(figura 272)*, en tanto que otros moluscos marinos, como los nudibranquios, forman cordones o cintas gelatinosas *(figs. 273* y *274)*. La puesta en algunos insectos afecta formas muy curiosas; así en las cucarachas, en las que más bien reciben el nombre de *ootecas*, tie e as-pecto de un portamoneda, dentro del cual están dispuestos los huevos en dos series *(figura 275)*: la de un canuto, en la langosta común *(figura 276)*, y la de una especie de pequeño pastel de hojaldre en el *Mantis religiosa* o Santa Teresa *(fig. 277)*.



Fig. 272.—Un caracol del litoral *(Purpura lapillus)* con su puesta en forma de botellitas.

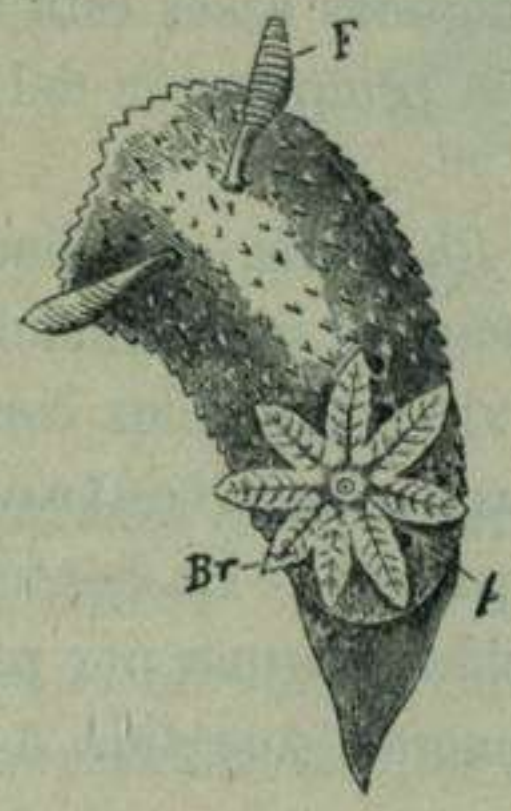


Fig. 273.



Fig. 274.

Un nudibranquio *(Doris)* *(fig. 273)* y su puesta *(fig. 274)*. (Según Claus y Woodward.)

No se limitan a esto las atenciones que los progenitores dedican a su descendencia. Los cuidados de la prole y los instintos admirables a que ellos dan lugar es uno de los capítulos más interesantes de la Zoología.

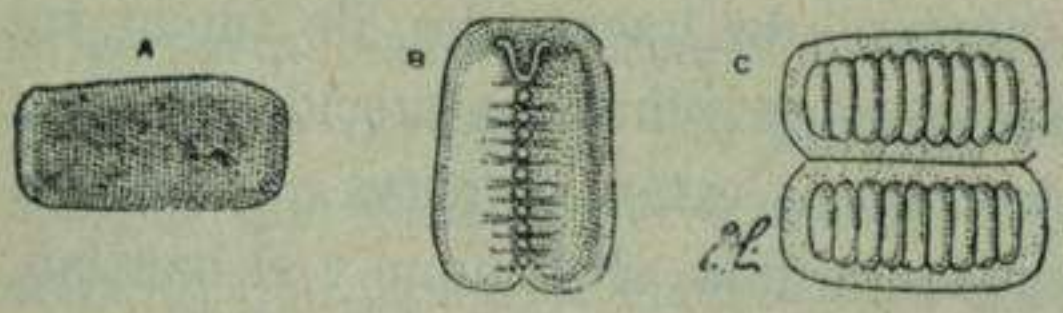


Fig. 275.—Ooteca de cucaracha *(Blatta orientalis)*; A, de perfil; B, por su cara superior; C, abierta y con los huevos.

Unas veces se limitan a retener los huevos y los embriones durante

Instituto San Isidro de Madrid 2008

el tiempo de su desarrollo. En los Crustáceos, como los cangrejos, quisquillas y langosta de mar, la puesta es transportada por los apéndices del pleon (porción posterior del cuerpo), en los que están sometidos a las corrientes continuas del agua que el animal produce mediante el movimiento incesante de aquéllos *(figura 278)*.

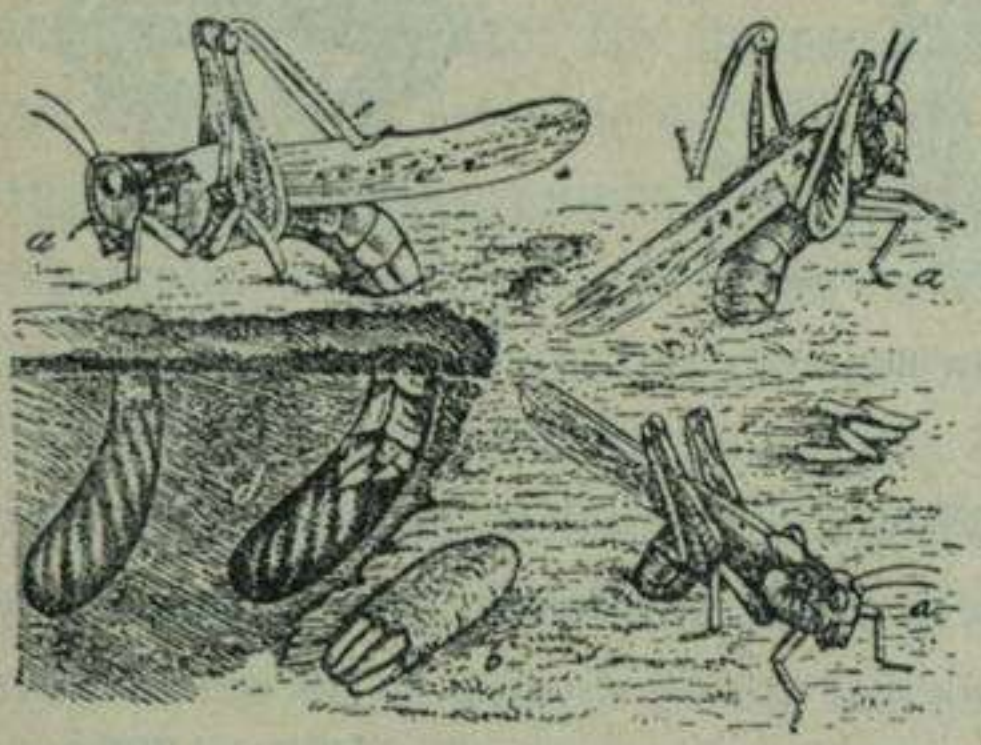


Fig. 276.—Langosta común *(Stauronótus maroccanus)* verificando la puesta. (De Bolívar).

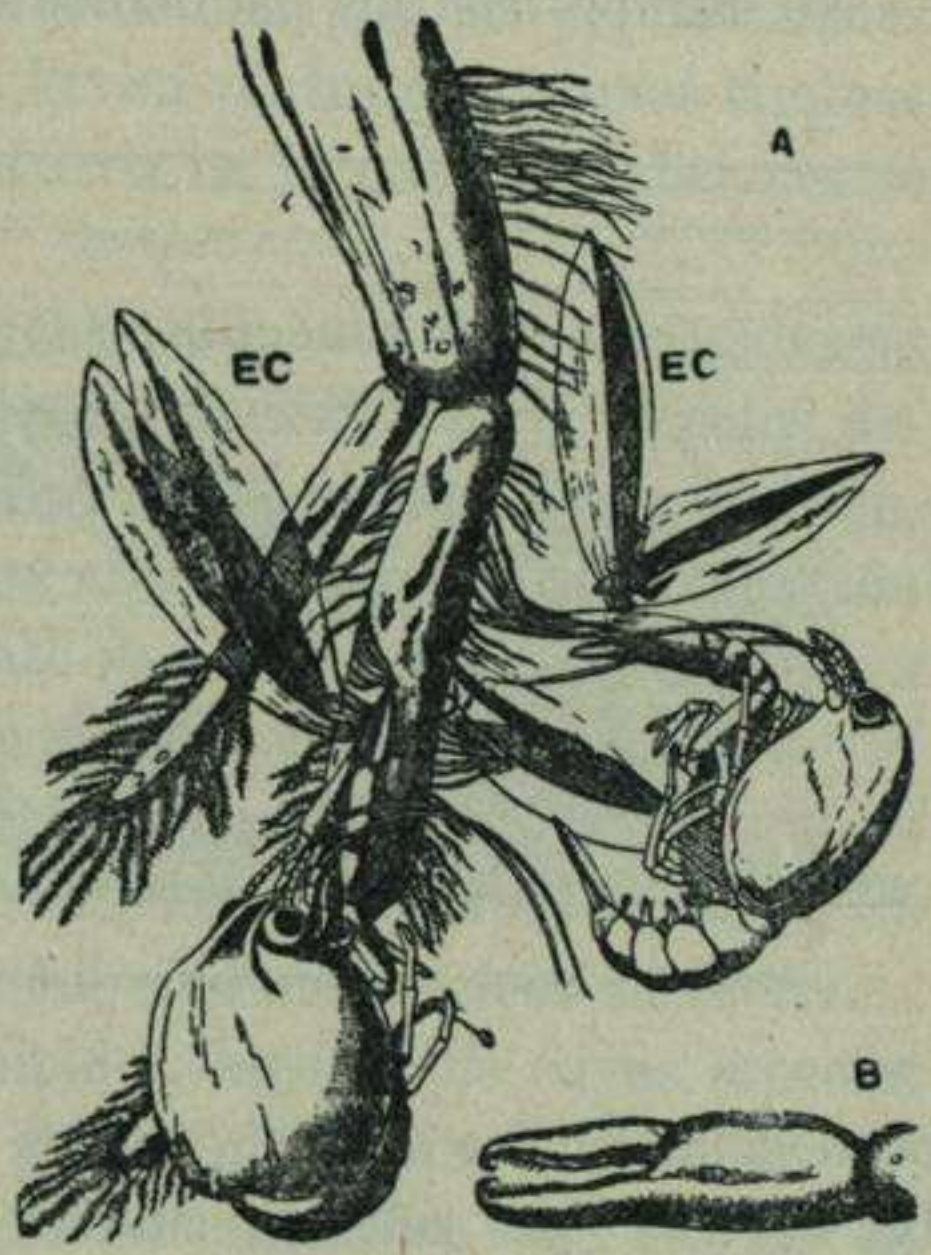


Fig. 278.—Dos cangrejos recién salidos del huevo y agarrados a un apéndice A del pleon de la madre; EC, cubierta o cáscara de los huevos; B, pinza ganchuda del cangrejo recién nacido. (Según Huxley).

No siempre es la hembra la que cuida de la descendencia; en un pez de género *Gasterosterus*, es el macho el que atiende a los huevecillos du-

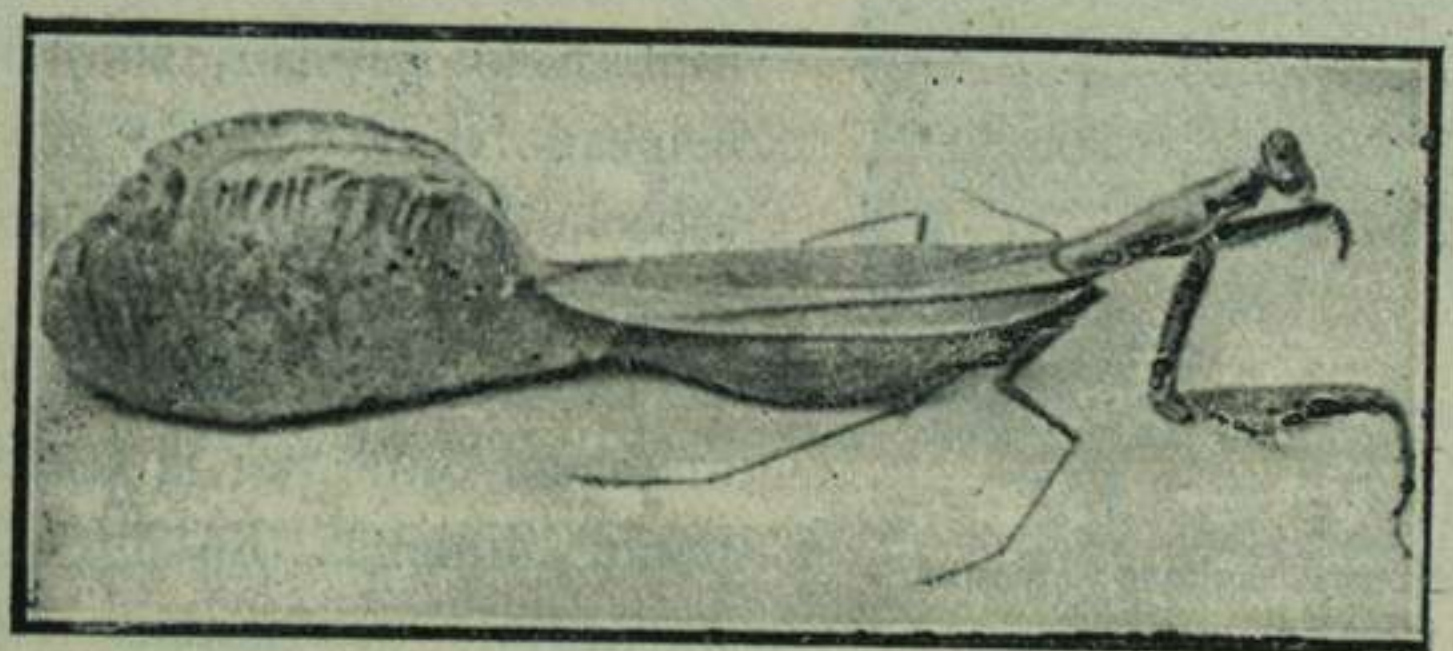


Fig. 277.—*Mantis* terminando su ooteca (según Fabre).

rante su desarrollo, construyendo hasta una especie de nido *(fig. 279)* Entre los Anfibios tenemos ejemplo del mismo fenómeno en el sapo par-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tero *(Alytes obstetricans) (fig. 280)*, que transporta los huevos en las patas posteriores.

No siempre son los padres los encargados de los cuidados de la des-

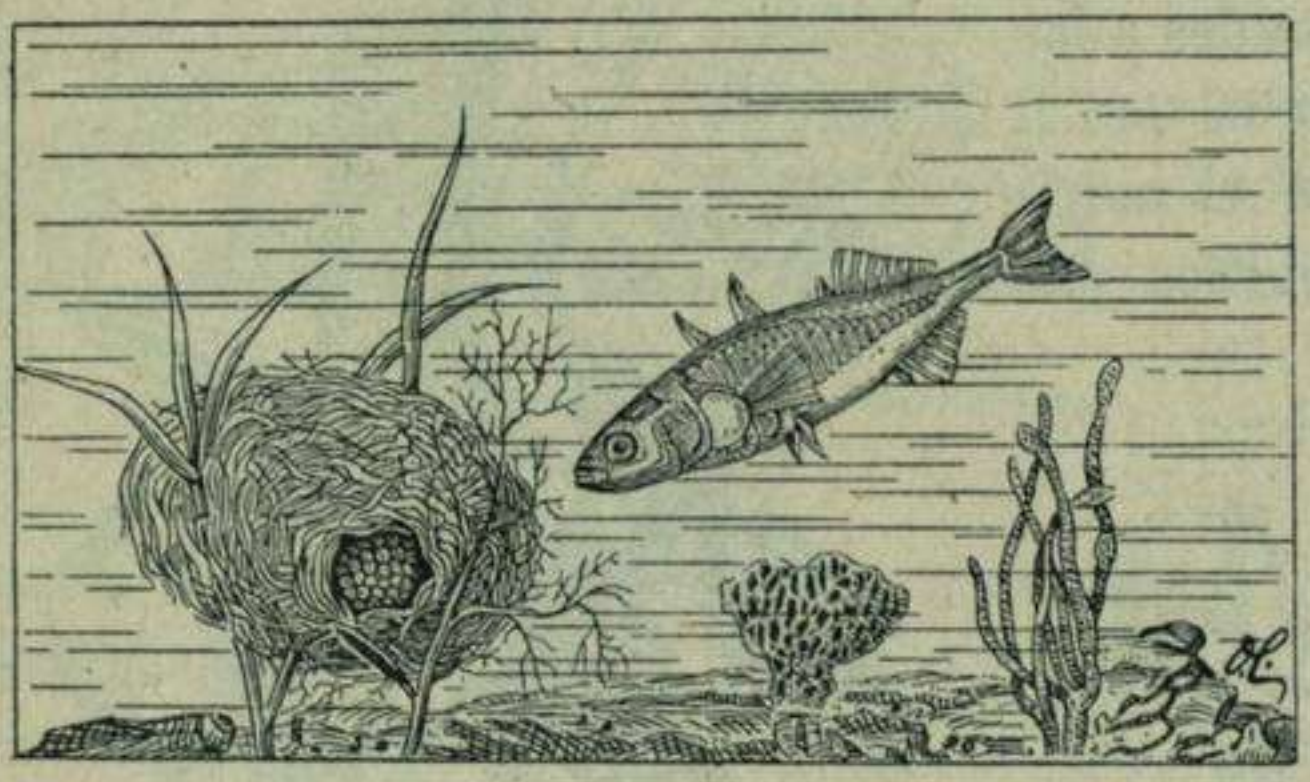


Fig. 279.—Macho de *Gasterosteus aculeatus* y su nido.



Fig. 280.—*Alytes obstetricans* o sapo partero.

cendencia. En las abejas y en las hormigas atienden a estos menesteres las obreras, que solícitas cuidan de la prole de las hembras fecundas o reinas.

Los embriones primero, y los pequeñuelos después, pueden ser transportados sobre sus propios padres en cámaras o cavidades que se producen en su cuerpo a este fin. Uno de los ejemplos más notables es el de la rana de Surinam o cururú *(Pipa americana)*, cuya hembra lleva en su espalda los hijuelos, cuidadosamente colocado cada uno de ellos en una especie de cámara o depresión *(figura 281)*.

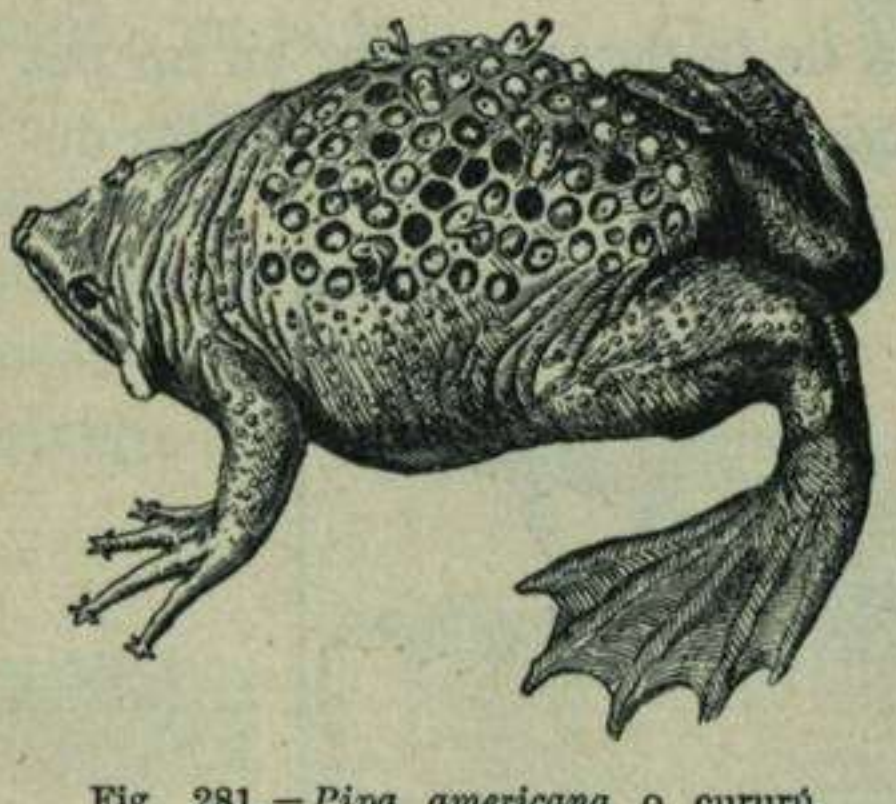


Fig. 281.—*Pipa americana* o cururú.

Un caso muy notable es el estudiado en Chile por el naturalista español Jiménez de la Espada en un Anfibio denominado *Rhinoderma Darwini*. Los machos de este animal transportan a su boca los huevos fecundados, los cuales pasan al saco vocal que de ordinario le sirve para la emisión del sonido. Dicho saco vocal está muy desarrollado y se extiende por la región ventral, hasta el punto que los primeros observadores

Instituto San Isidro de Madrid 2008

le confundieron con la cavidad abdominal, creyendo que esta rana era vivípara.

En nuestros mares viven los caballitos de mar *(fig. 627)* y sus afines (Lofobranquios), en los que los machos llevan ventralmente unas láminas cutáneas que forman una cámara incubatriz en la que los embriones se desarrollan.

El instinto maternal para proporcionar alimento a la descendencia es realmente admirable. Como es sab do, las moscas y otros insectos depositan sus huevos sobre las carnes y otras sustancias en descomposición, lo cual tiene la ventaja de que las larvas al nacer tienen a su disposición abundante alimento. Lo curioso del caso es que los padres no verán a sus hijos y que éstos no conocerán a sus padres, ya que la vida de éstos, una vez hecha la puesta, es probablemente de menor duración que el desarrollo de aquéllos. Muchos insectos depositan sus huevos, no sobre las sustancias muertas en descomposición, sino sobre otros seres vivos. Ejemplo de esto lo tenemos en los Cinípidos, algunas de cuyas especies dejan los huevos en las hojas y tallos jóvenes del roble, en las que forman agallas muy características, y en los Icneumónidos, que introducen sus huevos en el cuerpo de las larvas o de las orugas de mariposas *(figuras 282 a 284)*. También es curioso en extremo el caso de otros Himenópteros, los Esféngidos, que clavan su aguijón, con instinto certero, en determinados ganglios de larvas o insectos adultos, que de esta manera quedan inmóviles, aunque vivos, sirviendo así de alimento a las larvas del insecto atacante.



Fig. 282.—Un Cynips depositando sus huevos en el pecíolo de la hoja de un roble (aumentado).



Fig. 283.—Envés de una hoja de roble con dos agallas.



Fig. 284.—Hembra de un *Ichnéumon* introduciendo sus huevos en el cuerpo de la oruga o larva de una mariposa.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La alimentación de la prole corre a cargo, otras veces, de los padres, que de continuo suministran materiales nutritivos a su descendencia. El ejemplo más típico es el de las aves, muchas de cuyas especies forman el nido, al que transportan los manjares que más agradan a los polluelos. Se dice que en algunas especies los padres son víctimas de la voracidad de los polluelos, que no les dejan tregua ni punto de reposo para la busca de su sustento. En las aves, en general laboran en estas tareas ambos progenitores.

Otras veces la nutrición se realiza mediante sustancias segregadas por los progenitores. En las palomas, el buche produce un líquido lechoso que sirve para la nutrición de los pichones. En los mamíferos es donde este fenómeno se presenta con mayor claridad, poseyendo las hembras glándulas mamarias, situadas diversamente, en las que se produce la leche, exclusivo alimento de los recién nacidos.

En los seres de mayor complejidad del grupo de los vertebrados, como las aves y los mamíferos, que tienen ya su desarrollo psicológico muy avanzado, el instinto maternal ofrece múltiples y variadas manifestaciones imposibles de reseñar brevemente.

Asociaciones de animales de la misma especie.—Los seres vivos jamás se presentan solos y aislados en la naturaleza; su vida en estas condiciones sería imposible, como sería imposible la de un hombre en análogas circunstancias. La sociabilidad, o por lo menos el principio de asociación, es algo inherente a los seres animados.

Los animales viven en bandadas, en rebaños, en tropeles o formando sociedades tan admirables como las de las hormigas, los termes y las abejas. Aunque no siempre sean tan sociables y puedan vivir aislados, se los encuentra, en general, aun en este caso, emparejados y en compañía de su descendencia, hasta que ésta adquiere el desarrollo y el vigor suficientes para vivir por cuenta propia y más tarde constituir nuevas parejas y originar nueva progenie.

Las ventajas que la asociación reporta a los animales son innumerables, y gracias a ellas la vida de los asociados es más grata y menos penosa.

Entre las más características asociaciones de animales de la misma especie estudiaremos la *colonia*, la *agrupación o asociación propiamente dicha*, y la *sociedad*. El *parasitismo*, el *comensalismo* y la *simbiosis*, que ya han sido estudiados (pág. 200 y siguientes), son también asociaciones biológicas que tienen lugar entre individuos de distintas especies.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En la *colonia*, los distintos individuos asociados están en íntima relación anatómica, cosa que nunca sucede en la agrupación ni en la sociedad, en las que los asociados sólo están unidos por lazos funcionales e instintivos.

Las colonias son frecuentes dentro de los Celentéreos, en los Briozoos y en los Procordados.

Las colonias tienen su origen en un individuo fundador, que procede directamente del huevo, por lo que recibe el nombre de oozoito; éste, a su vez, produce por gemmación otro u otros, los cuales se reproducen asexualmente de la misma forma. Estos individuos, que tienen su origen en un proceso de gemmación o blastogénesis, reciben el nombre de blastozoitos, y en vez de quedar libres e independientes unos de otros, permanecen unidos, dando lugar a las colonias.

En las colonias se nota una diferenciación de los distintos individuos que la constituyen, en atención de que cada uno de ellos se especializa en orden a determinadas funciones. Este que pudiéramos llamar polimorfismo colonial, tiene su expresión más perfecta en las colonias de Hidrozoarios. En estos seres se encuentran tres órdenes principales de especialización: especialización nutritiva o trófica, especialización reproductora y especialización defensora. Es sumamente curiosa la coincidencia que se observa entre la especialización de la colonia y la de muchas sociedades de insectos (véase más adelante), en las que la especialización reproductora está representada por los machos y las hembras fecundas; la trófica y nutritiva, en sus más variados aspectos, por las obreras, y la defensora, por los soldados.

Como ejemplo de lo dicho describiremos la colonia de un Hidrozoario correspondiente a la especie *Podocoryne cárnea (fig. 285)*. Sobre una especie de red formada por tejidos vivientes se implantan los pólipos. Los más numerosos de todos ellos son los *gastrozoides (P)*, cuya misión es la de capturar y digerir el alimento, estando provistos de una amplia boca y de numerosos tentáculos. Los *gonozoides (G)*, que desempeñan la función reproductora, tienen un menor número de tentáculos, y sobre ellos se diferencian unas masas *(M)* que con el tiempo constituirán medusas libres (que nadan independientes en las aguas) *(fig. 286)*, que llevan los órganos sexuales (ovarios y testículos), diseminando así los productos reproductores y extendiendo el área de dispersión de la especie.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La defensa está encomendada a los *dactilozoides (fig. 285, S)*, y a los *acantozoides (S K)*.

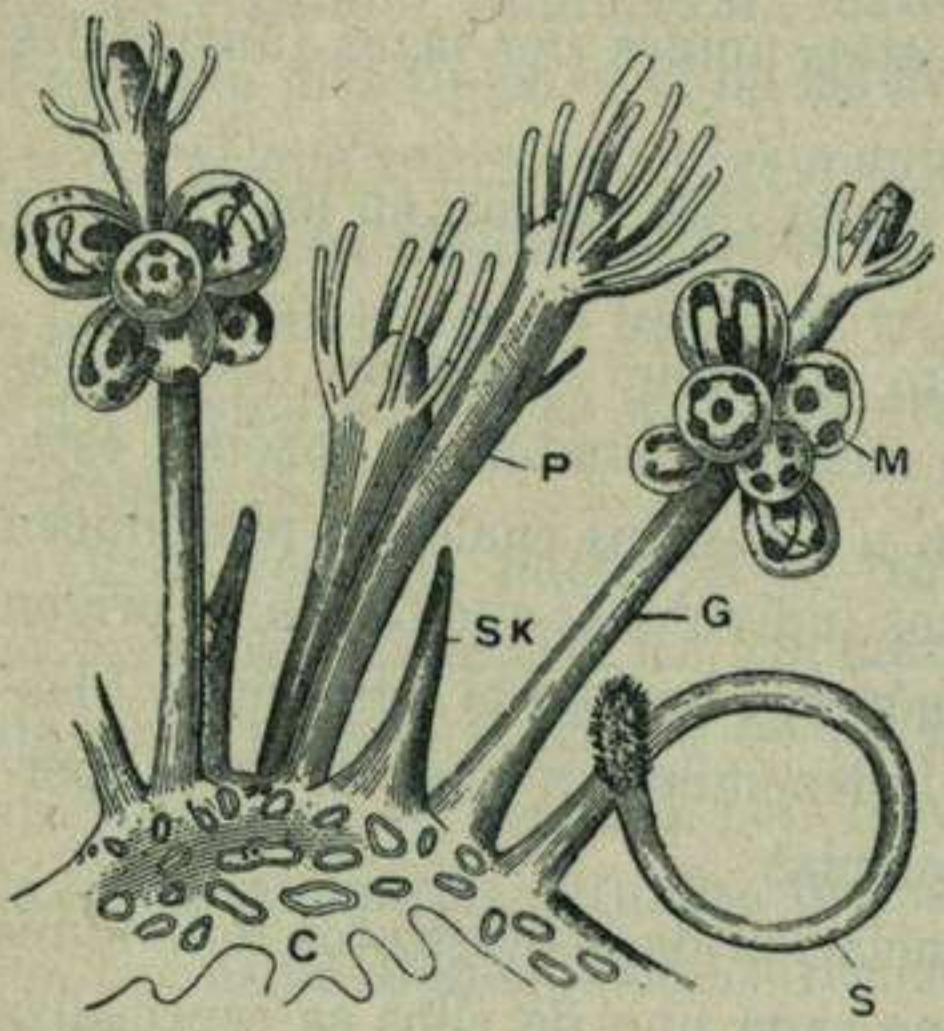


Fig. 285.—*Podocoryne cárnea* como ejemplo de polimorfismo colonial (según Grobben).

En las *agrupaciones*, los animales congregados son independientes unos de otros, pudiendo separarse en un momento dado. En ellas, aun-

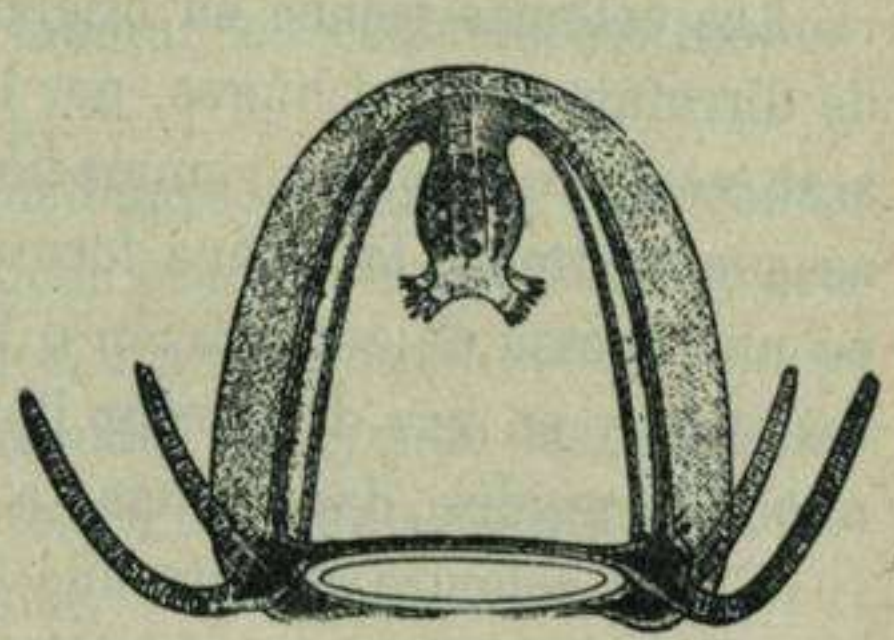


Fig. 286.—Medusa de *Podocoryne cárnea:* los ovarios están en el manubrio o badajo. (Según Claus.)

que mutuamente se auxilien, todos despliegan la misma actividad, sin que exista la especialización y división del trabajo que encontraremos en las sociedades.



Fig. 287.—Leming *(Lemmus lemmus)*. Roedor de Noruega y países próximos. (De Brehm.)

Todos los animales poseen una tendencia decidida a reunirse entre sí; pero en algunos de ellos las costumbres gregarias están desarrolladas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

más intensamente. Tal es el caso de ciertas aves, como las palomas emigrantes de Norteamérica, que, por su número excesivo, llegaron a constituir una verdadera plaga; o el de los lemings, pequeños Roedores, que en el norte de Europa se reproducen de modo tan asombroso, que sus tropeles devastan totalmente los campos por donde pasan *(fig. 287)*.

Pero es entre los insectos donde encontramos las agrupaciones más numerosas de animales terrestres. Basta citar las de la langosta para demostrar lo dicho. Sabido es el temor que en algunas regiones de nuestro país despiertan estos saltamontes, ya que una sola de sus bandadas puede dejar arrasado en pocas horas un campo antes lozano y fértil *(fig. 288)*.

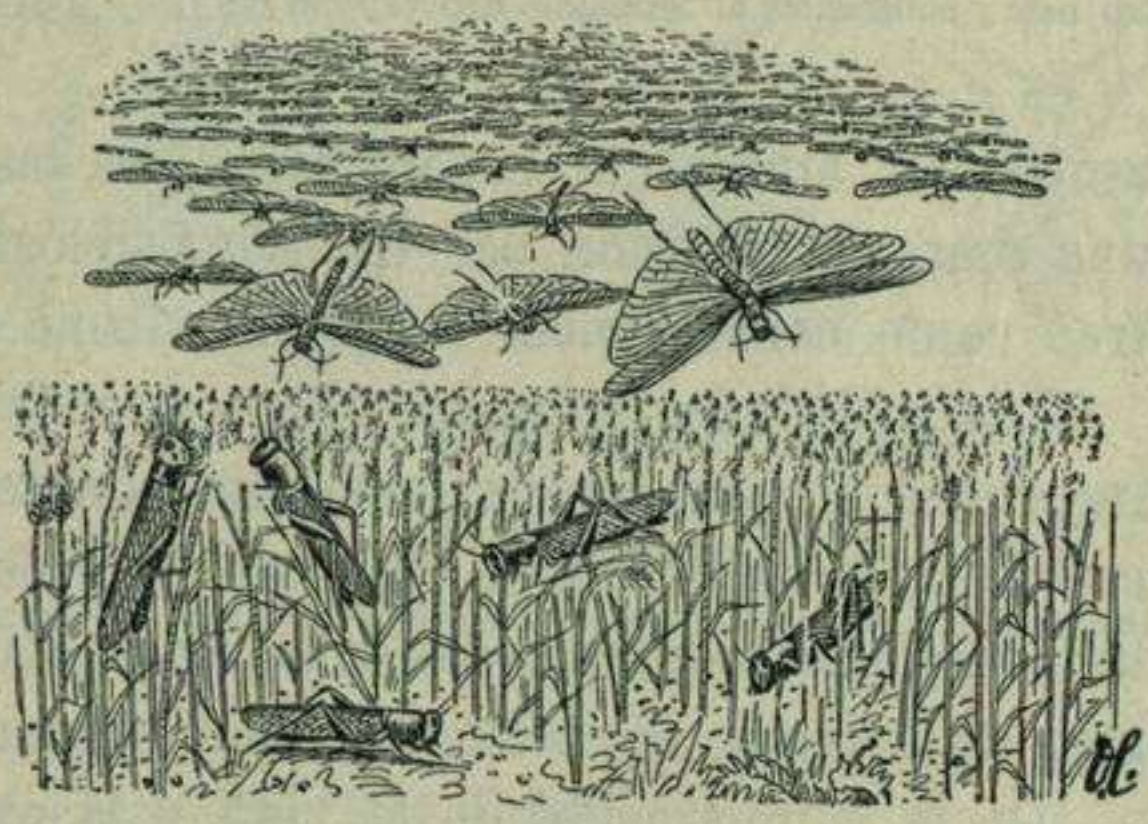


Fig. 288.—Una bandada o nube de langosta. (Esquemático.)

Las agrupaciones de muchos animales son sólo transitorias. Bien conocido es el hecho de que las golondrinas se reúnen poco a poco, antes de emprender su regreso, al finalizar el verano o comenzar el otoño.

A pesar de lo numerosas que son algunas agrupaciones de animales terrestres, como las de las langostas de que acabamos de hablar, nada hay en la tierra que pueda compararse con los bancos de pescado; es realmente incalculable el número de individuos de la misma especie que se reúnen en tales asociaciones de seres marinos.

Los bancos de sardina o de bocartes (boquerones en Andalucía) ocupan, a veces, extensiones enormes; pero, además de esto, son en ocasiones tan densos, que las redes apenas resisten su peso y quedan destrozadas por la propia abundancia de pesca.

Estos enormes bancos pueden formarse gracias a la fecundidad asombrosa de las hembras, cada una de las cuales abandona en las aguas cientos de miles de huevecillos.

Estableciendo el tránsito con las sociedades se observa ya en algunas agrupaciones de animales una diferenciación entre los asociados, siquiera sea de un modo incipiente y rudimentario, con respecto a las fun-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ciones que han de desempeñar. Las garzas y otras aves afines, cuando emigran lo hacen formando dos líneas convergentes *(fig. 289)*, en cuyo vértice, anteriormente situado, va un macho robusto que sirve de guía a los demás compañeros de viaje, el cual es, de cuando en cuando, relevado por otros machos no menos vigorosos.

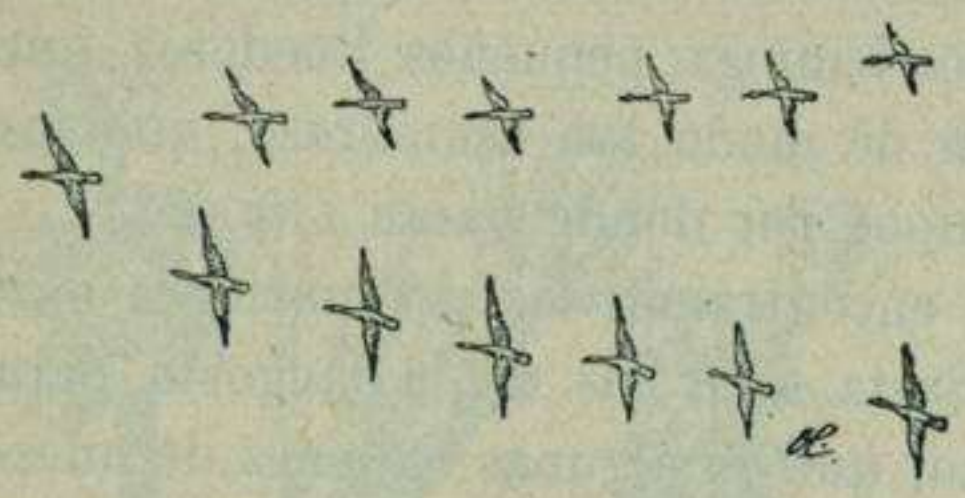


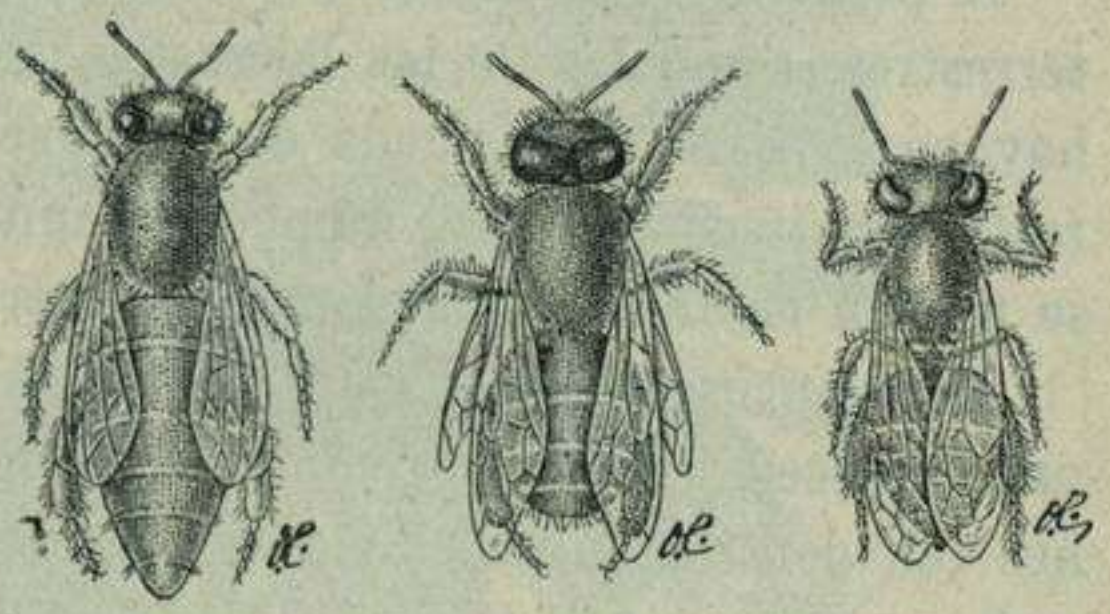
Fig. 289.—Es frecuente que muchas aves, especialmente las del Orden de las Zancudas, lleguen a nuestro país y emigren de él formando una especie de V.

El grado más elevado de la asociación animal lo encontramos en las *sociedades*, en las que existe una marcada división del trabajo fisiológico, que en muchas ocasiones trae como consecuencia un polimorfismo específico muy interesante.

Las sociedades animales obedecen a leyes y principios generales que imprimen a estas asociaciones un carácter común, que se expresa, sin embargo, en cada una de ellas con un peculiar matiz. De aquí que exista una semejanza entre todas ellas, sean sociedades de termes, de hormigas, de avispas, de castores o aun humanas.

De la comparación de la vida y la organización del hormiguero, la colmena y el termitero, brotan reflexiones que nos permiten deducir algunas leyes de carácter general, que son precisamente las que regulan y reglamentan las sociedades animales.

La división del trabajo es el hecho que primero salta a la vista, el más general y típico y, por ende, el que, como hemos dicho, define estas asociaciones. En virtud de este principio no todos los asociados desempeñan la misma misión, y esto, a su vez, es causa de que no todos los individuos sean iguales ni tengan la misma forma, ya que los distintos menesteres se realizan mejor por aquellos cuya organización o cuyas herramientas, valga la



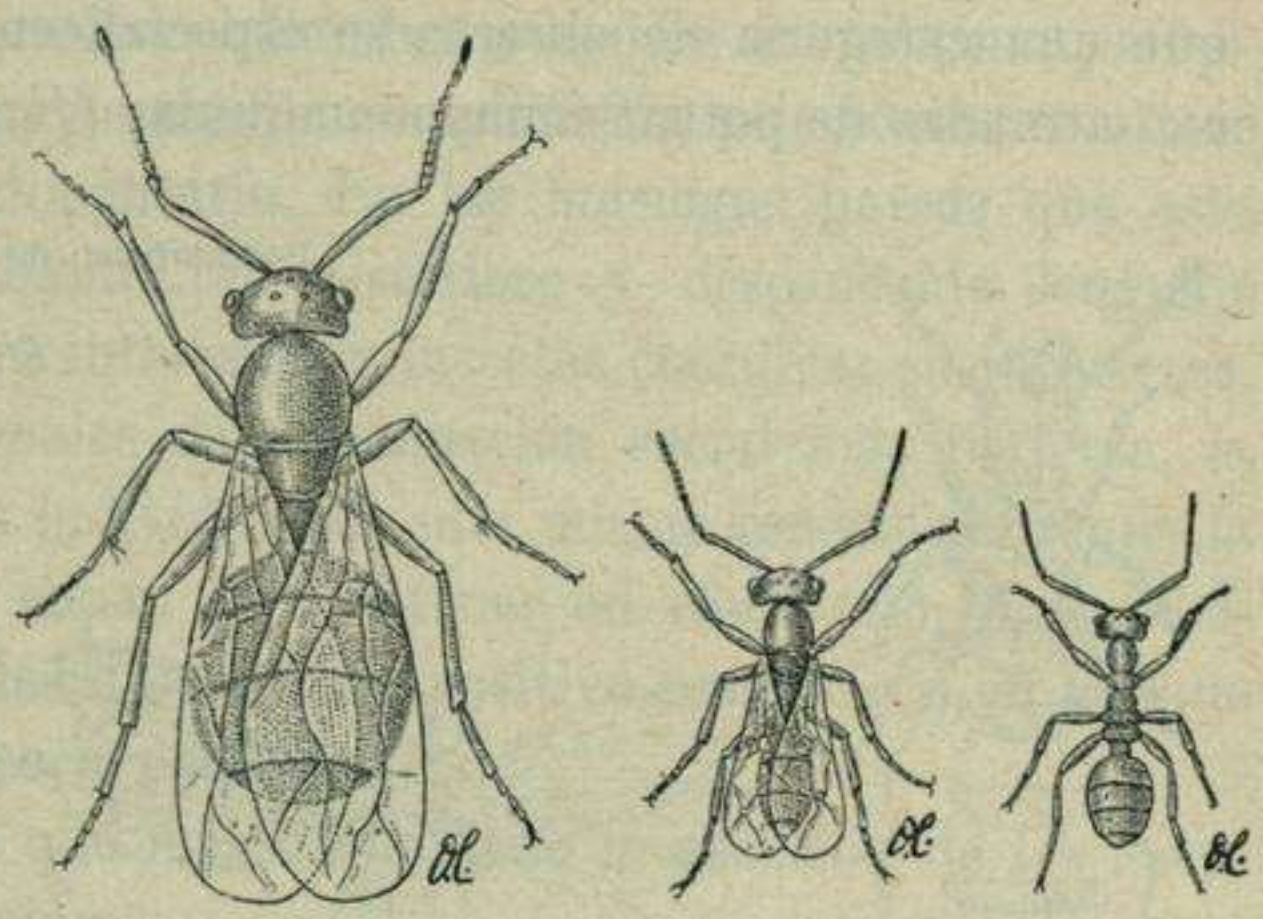
Polimorfismo de las abejas (esquema)

Fig. 290. Reina. Fig. 291. Zángano Fig. 292. Obrera

Obsérvese el tamaño algo mayor y el cuerpo más alargado de la reina. (Imit. Rioja.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

frase, son más adecuados al papel que han de desempeñar. A esto se debe que en las sociedades de insectos mencionadas existan varias clases de individuos especializados en diverso sentido *(figuras 290* a *292)*. Por un lado están en la colmena los individuos sexuados, reinas y zánganos *(figs. 290* y *291)*, y por otro las obreras *(figura 292)*. Los dos primeros son muy diferentes en forma y tamaño, y así vemos que en las hormigas las hembras son muchísimo mayores que los machos. Unos y otros, a su vez, difieren de las obreras por poseer alas, de que carecen éstas *(figs. 293, 294* y *295)*.



Polimorfismo de as hormigas (esquema).

Fig. 293. Reina. Fig. 294. Macho. Fig. 295 Obrera.

Observese el tamaño mucho mayor y el abdomen mas abultado de la reina: las obreras carecen de alas. (Imit. Rioja.)

Las obreras son hembras estériles *(fig. 296)* que se distinguen por su incesante laboriosidad. Su esterilidad, que a primera vista pudiera parecer un mal para la especie, es realmente una ventaja, ya que al quedar redimidas de la función reproductora disponen de todo su tiempo para emplearlo en las mil ocupaciones que la vida social requiere (*).

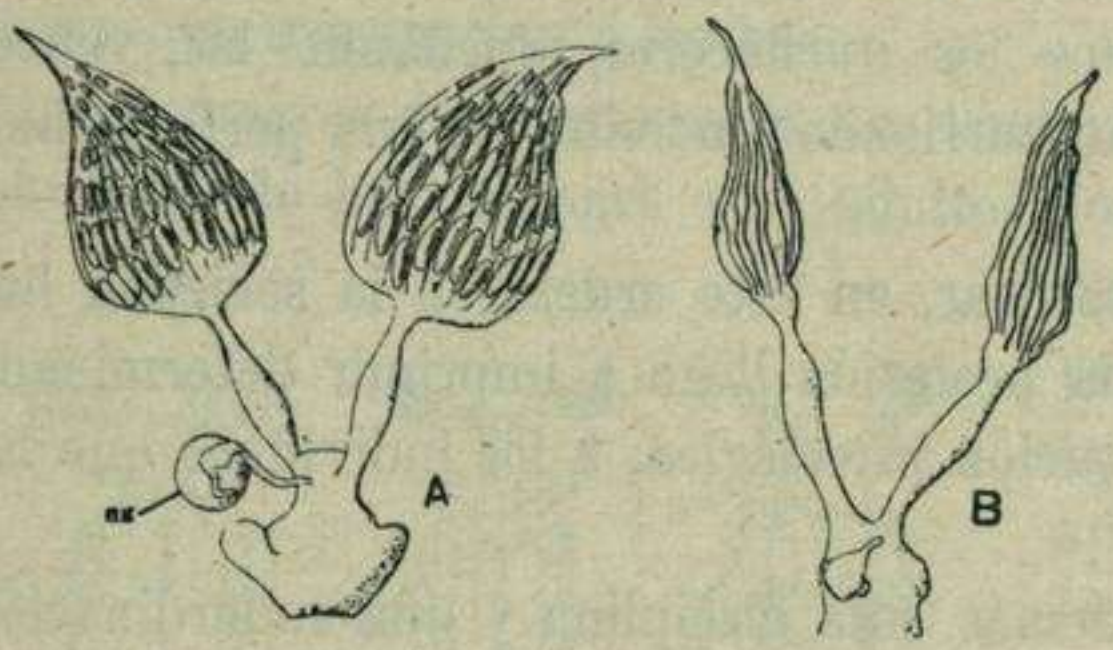


Fig. 296.—A, aparato reproductor de una abeja reina; Re, Receptáculo seminal.—B, Aparato reproductor de una abeja obrera.

No se ocupan únicamente las obreras de la construcción del hormiguero o del panal y de la alimentación y cuidado de la sociedad, es decir, de sus necesidades nu-

(*) Según ha demostrado recientemente Rosch, las abejas realizan las distintas ocupaciones de la colmena en épocas sucesivas de su vida sin que existan categorías de obreras, como antes se creyó, que de continuo, y durante su existencia, desempeñan el mismo oficio.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tritivas o tróficas, sino también de su defensa. Tanto en el termitero como en el hormiguero, sus habitantes han de estar dispuestos a repeler la agresión de los múltiples enemigos que les acechan; de aquí que una categoría de obreras se especialicen en este sentido y aparezcan armadas de potentísimas mandíbulas *(fig. 299)* (*).

Polimorfismo de los *Termes*.

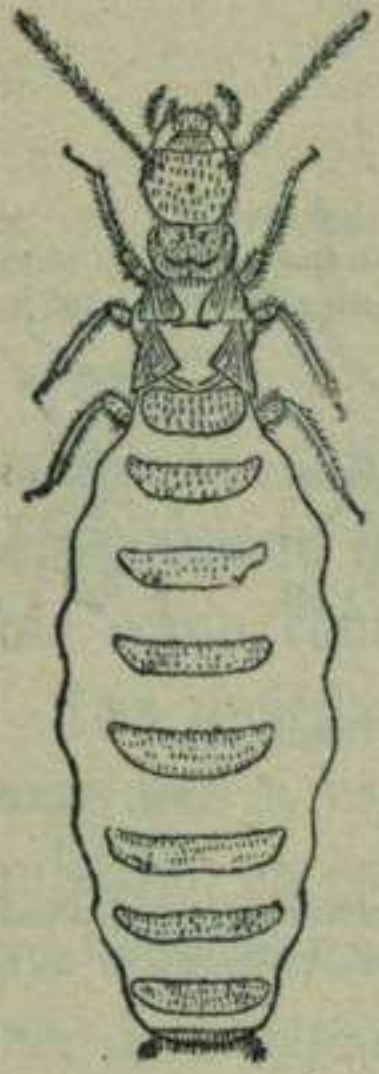


Fig 297.—Hembra fecunda o reina cargada de huevos y con las alas cortadas.



Fig. 298.—Macho fecundo.

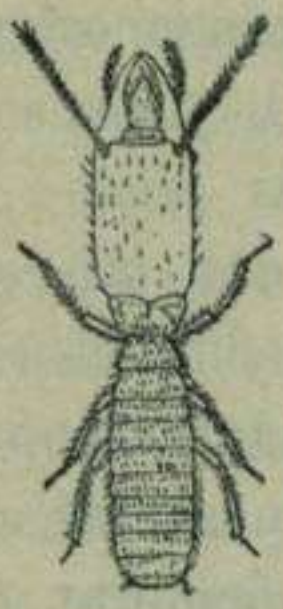


Fig. 299. Soldado.



Fig. 300. Obrera.

Este fenómeno se acentúa en las hormigas, en las que existen muchas especies de costumbres belicosas, que luchan con sus afines a fin de someterlas a esclavitud, encomendando a las especies sometidas y reducidas los trabajos más rudos de la colonia, y aun en absoluto todos los quehaceres, quedando las vencedoras de amas y señoras, transcurriendo su vida en una perfecta holganza.

Algo parecido se puede observar, en este orden, en la sociedad humana, y así cada oficio y cada profesión llega a imprimir determinada fisonomía, y aun cierta constitución psicológica, a los individuos que las desempeñan.

La sociabilidad entraña, además, una disciplina y una subordinación en la que el más débil o más inepto soporta el imperio del más fuerte o del más hábil, que es el que encauza o dirige la labor de los demás. Precisamente a su inutilidad deben los zánganos su suerte adversa, una vez realizada su misión en la reproducción, ya que su falta de habilidad para el trabajo pronto les convertiría en una carga inútil para la colmena.

(*) Entre los termes obreras y soldados son indistintamente hembras o machos estériles, a diferencia de las hormigas, en que obreras y soldados son hembras estériles.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Para que la vida social pueda alcanzar su más perfecta expresión, es indispensable una mutua comunicación entre los asociados, o por lo menos una inteligencia entre ellos. Esta condición tiene su forma más acabada en el lenguaje, que en el hombre adquiere su máxima perfección, y que en los animales de mayor complicación psicológica se ofrece de un modo, tal vez, rudimentario. En las hormigas parece que esta condición se cumple mediante un misterioso y desconocido lenguaje antenal, que permite a estos interesantes insectos coordinar sus esfuerzos.

En las sociedades animales de organización social más perfecta, la sociedad no se limita a los individuos de una misma especie, sino que la principal y dominante es capaz de mantener en cautiverio, domesticidad o cultivo a otras, de las que obtiene positivo beneficio o en las que encuentra motivo de recreo o placer.

Una de las costumbres que más ha llamado la atención de los naturalistas es la desmedida afición de las hormigas por los jugos azucarados que los pulgones segregan. Para atender a esta afición, las hormigas han logrado someter a cautividad a tales insectos, para lo cual hacen gran acopio de sus crías, a las que transportan a las oscuras cámaras del hormiguero, en donde las atienden con solícito cuidado. Cuando los pulgones son adultos los sacan, como si dijéramos, a pacer, transportándolos hasta las yemas tiernas de diversas plantas, para que en ellas sacien su apetito. Una vez realizado esto, los recogen de nuevo en los establos subterráneos del hormiguero. Los pulgones, según frase feliz de un célebre naturalista, son las vacas de leche de las hormigas *(fig. 301)*. No son éstos los únicos seres que las hormigas domestican, ya que mantienen en cautividad varias especies de coleópteros *(fig. 302)*.



Fig. 301.—Una hormiga sacando el jugo azucarado de un pulgón. (Imit. Kræpelin.)

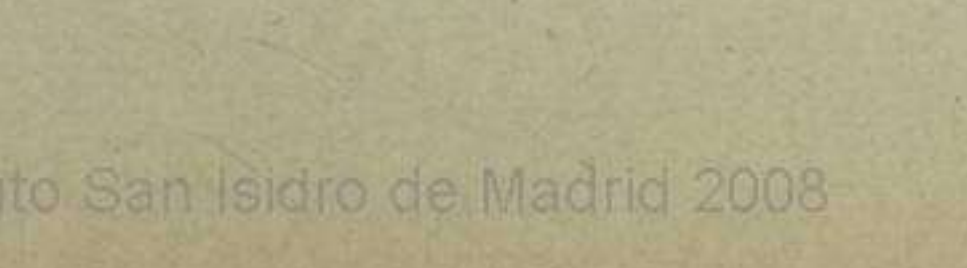


Fig. 302.—Algunas de las especies de pequeños Coleópteros que las hormigas mantienen en cautividad. —A, *Pleuróplerus brevicornis*; B, *Paussus hova*; C, *Lomechusa strumosa*. Todos aumentados. (Según Doflein.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Otro hecho curiosísimo común a los termes y a las hormigas es el que estos insectos son capaces de cultivar hongos, de cuyos micelios se alimentan. Estos cultivos los realizan sobre una pulpa de sustancias vegetales, que las hormigas preparan triturando hojas de árboles y que disponen en parajes adecuados en el interior de sus viviendas.

Observadores atentos relatan cómo estas hormigas cuidan de sus huertos subterráneos con el mismo esmero con que el labriego atiende a su campo de trigo, procurando que sobre el montón de hojas machacadas no se desarrollen más que los hongos que ellos apetecen, para lo cual quitan los gérmenes de aquellos otros que no les gustan.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ANIMALES.--CIRCUNSTANCIAS QUE LA REGULAN

El estudio de la repartición de los seres vivos en la superficie de la Tierra y de sus causas determinantes, constituye una parte de la Biología que recibe el nombre de *Biogeografía*, que a su vez comprende dos ramas: la *Geografía zoológica* o *Zoogeografía* y la *Geografía botánica* o *Fitogeografía*.

Cada especie animal tiene un área de dispersión más o menos extensa, limitada por sus propias condiciones de existencia, tales como el clima, la naturaleza geológica y composición de terreno, sus necesidades nutritivas, sus relaciones biológicas con enemigos y seres que lo parasitizan y su propia distribución en otras épocas geológicas, o la de especies afines de las que directamente pudiera derivar.

Estas condiciones generales no tienen el mismo valor en cada caso particular; y así, mientras en unos influye decisivamente la humedad, la temperatura o la existencia de determinados parásitos que hace imposible su existencia, en otros es la limitación de las plantas o animales que les sirven de alimento.

Tal es el caso interesante de la especie *Leptinotarsa decemlineata (figura 100)*, Crisomélido que vive sobre una especie de *Solanum (Solanum rostratum)*, de la región tropical, que ha sido introducido en el sur de los Estados Unidos, y con él el insecto que la ataca. Hacia mediados del pasado siglo, la *Leptinotarsa* extendió su área hasta alcanzar las zonas de cultivo de la patata, adaptándose a la nueva alimentación que esta especie de planta le ofrecía; el insecto, a consecuencia de esta reciente

Instituto San Isidro de Madrid 2008

adaptación, ha extendido considerablemente su área de dispersión, llegando, en América, hasta el Canadá, y extendiéndose hasta Europa, en la que se la ha encontrado en diversos países *(fig. 303)*.

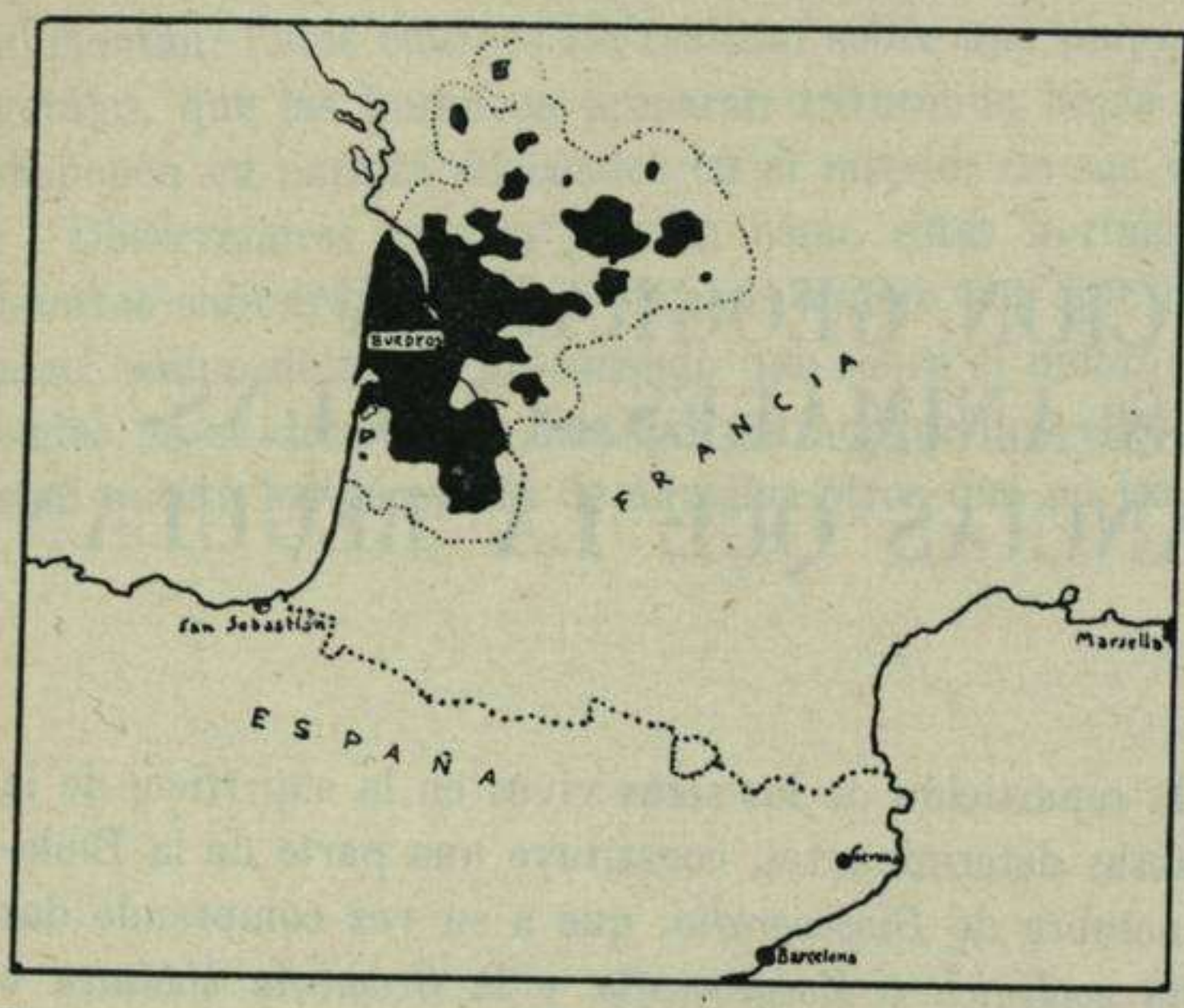


Fig. 303.—La invasión del «escarabajo norteamericano de la patata» en Francia, en la zona próxima a Burdeos, a fines de 1927.
En negro las zonas contaminadas. La línea de puntos limita la zona de protección.
(Según Cañizo, en el *Bol. de Patología vegetal y Entomología agrícola.)*

Una de las circunstancias que limitan algunas veces de un modo violento las áreas de dispersión específica, son las barreras naturales, aunque pudieran encontrar, traspasadas éstas, excelentes condiciones de vida.

Las diversas especies están dotadas de una tendencia a extender su área de dispersión. Su repartición sobre la superficie del Globo es la consecuencia del equilibrio entre esta fuerza innata de expansión y las circunstancias desfavorables del medio, que de continuo la restringen y limitan.

Diseminación de los animales.—Las emigraciones.—Muchas son las causas que determinan la diseminación de los seres vivos, los cuales pueden ser a veces transportados por los agentes más variados a lugares sumamente alejados. Las corrientes marinas pueden llevar a distancias considerables larvas y embriones de seres que se establecen en lugares muy apartados de su punto de procedencia. Las tempestades violentas arrastran aves e insectos a distancias de muchos miles de kilómetros. Como ejemplos pudieran citarse algunos animales de estos grupos que desde América del Norte han sido arrastrados hasta las costas europeas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los troncos de árboles arrastrados por el mar, y los grandes acúmulos de vegetales que se forman en la desembocadura de los grandes ríos tropicales, pueden ser el vehículo de insectos xilófagos, moluscos, lombrices de tierra, reptiles, anfibios y hasta algunos micromamíferos. Así se cita el caso de un *Bufo quercinus* transportado desde América del Norte a las islas Sandwich, y los de una *Boa constrictor* que llegó, arrollada a un tronco, a la isla de San Vicente, situada a más de 500 kilómetros de la desembocadura del Orinoco.

Las aves de ribera llevan con frecuencia en sus patas fango adherido, en el cual pueden encontrarse larvas o huevecillos de infinidad de especies dulceacuícolas, como Briozoos, pulgas de agua, etcétera. En más de una ocasión se ha observado el transporte de moluscos fijos a las patas de ciertas aves mediante sus dos valvas *(fig. 304)*.



Fig. 304.—Pata de un ave a la que se ha cogido, cerrando sus dos valvas, una concha *(Sphærium corneum)*. (Según Guerne.)

El hombre ha sido el causante del transporte y diseminación de muchas especies de animales entre los productos de comercio o con sus medios de locomoción terrestres o marinos. Un caso muy conocido es el de la *Phylloxera*, insecto americano, que fué introducido en Europa mucho después de descubrirse aquel continente. La cucaracha pequeña y amarilla *(Phyllodromia germanica)*, tan frecuente en los puertos del Norte, que procede de los países centroeuropeos; la cucaracha americana *(Periplaneta Americana)*, procedente de Suramérica, y la hormiga argentina *(Irydomirmes)*, encontrada en Oporto y en algún otro puerto europeo, y el escarabajo de la patata *(Leptinotarsa decenlineata (fig. 100)* que vive ya en Francia y otros puntos de Europa.

Pero, aparte de esta diseminación pasiva, los animales pueden colonizar países muy lejanos de su lugar de origen por sus propios medios, produciéndose, a veces, emigraciones muy extensas. Las golondrinas se encuentran hasta en Polinesia, así como otras aves emigradoras de vuelo sostenido. En general, se puede afirmar que los animales aéreos, que son independientes del terreno, tienen un área de dispersión considerable. Los Quirópteros, en general, tienen una repartición más amplia que los restantes mamíferos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los insectos emigrantes pueden recorrer distancias considerables: así el *Pachytilus migratorius*, una especie de langosta africana, se encuentra desde las Azores hasta Nueva Zelanda, y la *Schistocerca peregrina*, que proceede de Asia menor, se la encuentra a veces en el litoral mediterráneo de nuestro país.

Caracteres biológicos de los seres acuáticos.—Los seres acuáticos tienen una fisonomía especial, en atención al medio peculiar en que viven. Los rasgos que los definen son independientes de su especial arquitectura orgánica, que está dada por los caracteres del grupo taxonómico al que pertenecen, y aparecen como superpuestos a ellos.

Un ejemplo nos aclarará lo dicho. Los Cetáceos, sin dejar de poseer las características propias de los mamíferos, tienen otros caracteres de adaptación que dependen de su género de vida acuática, como son la presencia de las aletas, de la cola y la forma pisciforme del conjunto.

Las peculiares condiciones del medio acuático y su riqueza en materiales y sustancias nutritivas, permiten una mayor quietud a los animales que pueblan las aguas, hasta el punto de que en ellos pueden existir animales fijos durante toda la vida, privados de todo movimiento de traslación. Una esponja o un coral se conciben perfectamente en el seno de las aguas, ya que su quietud no compromete su nutrición, pues el elemento líquido, especialmente el agua del mar, es excelente disolvente de las materias orgánicas, a más de ser apropiado vivero, en el que los seres microscópicos abundan de un modo extraordinario.

La respiración difiere extraordinariamente en los animales acuáticos y en los terrestres. Dentro de los animales que en las aguas viven hay que distinguir los que realmente son de estirpe acuática, que respiran el oxígeno disuelto en las aguas, de los que son invasores e intrusos del medio líquido, conservando aún la respiración aérea, como sucede a las tortugas marinas, los Cetáceos, los insectos acuáticos y muchos moluscos de agua dulce.

Las branquias u órganos respiratorios de los seres acuáticos no corren el peligro de desecarse ni de que sus partes delicadas se unan a otras y con ello perder su permeabilidad. Esta es la causa de que las branquias se extiendan en las aguas, formando a veces airosos y bellísimos penachos *(figura 305)*. Los animales terrestres, por el contrario, defienden su aparato respiratorio de la desecación, por lo que éste está colocado en cavidades internas que tienen angostas comunicaciones con el exterior.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La mayor densidad del medio hace que los animales que se mueven en el seno de las aguas tengan órganos de propulsión relativamente modestos y de menor superficie en relación total de su volumen, que los que poseen los animales voladores.

Basta comparar la aleta de un pez con el ala de un ave para convencerse de lo dicho. Pero donde este contraste salta a la vista es en las aves acuáticas, que están adaptadas al vuelo y a la natación, y que, por consiguiente, tienen órganos diferentes para ambos medios de locomoción: las alas y las membranas interdigitales. Si comparamos la extensión de unos y otros nos encontraremos que, no obstante tener que transportar igual masa, poseen una superficie muy desigual, siendo las membranas interdigitales mucho menos extensas que las alas.

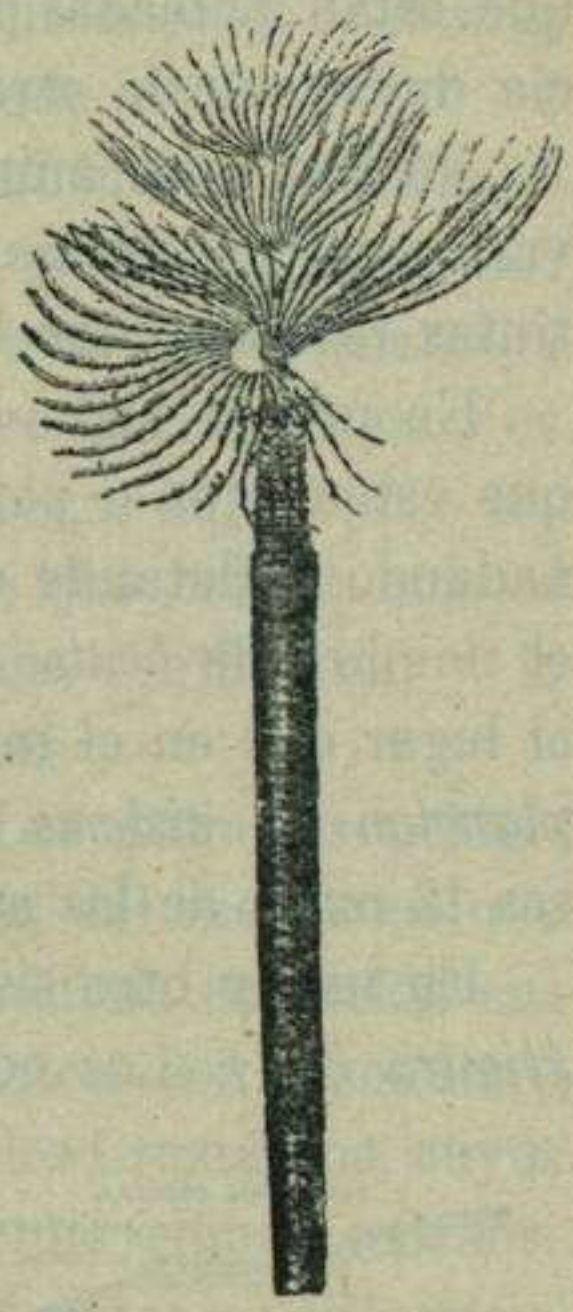


Fig. 305.—Un gusano acuático *(Spirographis Spallanzani)* con su penacho de branquias extendido.

La primera división que podemos establecer en el medio acuático es la de las aguas continentales, en su mayor parte dulces, y la de las aguas marinas, ricas en diversas sales.

La vida animal en el mar.—Las aguas del mar se diferencian esencialmente de las de los lagos y los ríos por su elevada concentración en sales. Esta circunstancia es seguramente una de las que más decisivamente influyen en las diferencias que existen entre los animales marinos y dulceacuícolas. Los animales acuáticos son muy sensibles a los cambios de concentración salina, hasta el punto de que son muy raros los ejemplos que se pueden citar de aquellos que viven indiferentemente en el mar y en las aguas dulces. Esto depende de que la sangre y otros flúidos internos de los animales tienen una concentración salina que guarda estrecha relación con la del medio, con el que se establece un equilibrio osmótico, sin el cual se hace la vida imposible.

No se crea, sin embargo, que entre el medio marino y el de las aguas dulces no existe intercambio biológico. Hay animales dotados de la facultad de soportar cambios grandes de concentración salina; pero, además de esto, entre el mar y las aguas dulces se interponen los estuarios, las albuferas y otras lagunas costeras en comunicación más o menos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

directa con el mar, en las que las aguas marinas se diluyen en las dulces, dando origen a las llamadas aguas salobres, de concentración intermedia, que están pobladas por animales, de origen marino unos y de procedencia dulceacuícola otros.

No todos los animales marinos tienen la misma configuración: ésta varía según el paraje en que habiten. En este respecto se establecen distintas regiones, que las señalaremos brevemente.

En primer lugar existen seres que viven sujetos al fondo, bien porque estén fijos o porque marchen o se arrastren sobre él; otros viven nadando o flotando en las aguas. Los primeros reciben en su conjunto el nombre de *bentos* (de *benthos*, fondo del océano) y *sistema bentónico* el lugar que en el mar ocupa éste, o sea el fondo, y los segundos el de *plancton* y *sistema pelágico* la parte del mar que pueblan, o sea la masa de las aguas.

En uno y otro sistema hay que distinguir distintas zonas o regiones *(figura 306)*. Los continentes, como es sabido, no se hunden brusca-



Fig. 306.—Esquema de las zonas marinas.

mente en el mar, sino que van descendiendo paulatinamente hasta una profundidad media, en la que se produce un brusco desnivel que rápidamente conduce a las profundidades abisales. Este límite aproximado de los 200 metros, que señala el borde de la *plataforma continental*, divide al *sistema betónico* en una zona litoral y una zona abisal, ocupadas, respectivamente, por el *bentos litoral* y por el *abisal*. En una y otra zona conviene distinguir algunos accidentes. En la parte alta de la *zona litoral* existe una región afectada por el continuo trajín de la marea, en la que los seres marinos abundan extraordinariamente, que corresponde a la *plataforma costera*, en la que los biólogos han establecido subdivisiones,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en las que no podemos entrar. En la *zona abisal* existen depresiones, en general alargadas y relativamente próximas a los continentes, que los geólogos han asimilado a los geosinclinales, que son las *fosas oceánicas*, en las que la vida es escasa y de tipo abisal acentuado.

El *sistema pelágico* se puede dividir batimétricamente y superficialmente. En profundidad se toma como frontera la profundidad de 200 metros, hasta donde prácticamente la luz ejerce una acción marcada sobre los seres vivos; la zona superior iluminada se llama *diáfana*, en tanto que a la profunda se le aplican las denominaciones de *afótica* o *batipelágica*. Superficialmente existe la *región nerítica*, que corresponde al sistema pelágico situado por encima de la plataforma continental, y la *región oceánica*, que está situada sobre la parte abisal.

CARACTERES DE LOS ANIMALES PLANCTÓNICOS.—Los animales pelágicos tienen escasa densidad, muy poco superior a la del medio en que viven. Para conseguir esto procuran reducir a su mínima expresión sus caparazones y cubiertas externas. Los moluscos pelágicos son desnudos o tienen conchas sumamente tenues; igual sucede con los Crustáceos, cuyos caparazones se hacen muy delgados, y con los peces, que reducen extraordinariamente el peso de su esqueleto mediante una escasa calcificación.

Con frecuencia recurren a diversos artificios para disminuir su densidad o retardar su caída en el seno

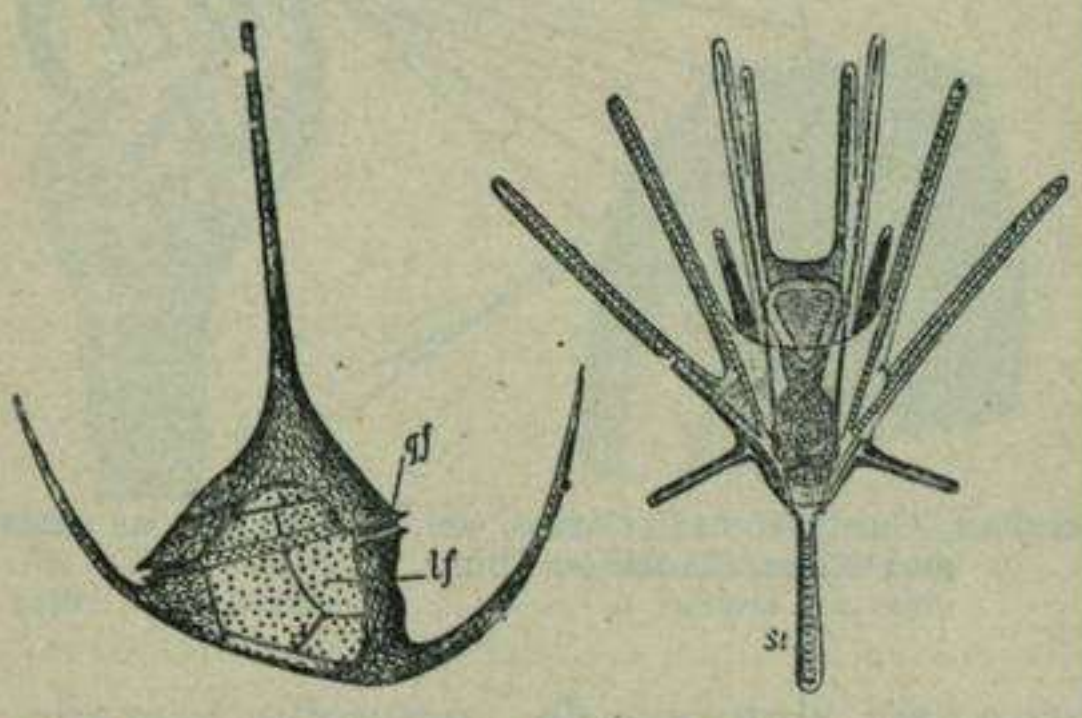


Fig. 307.—*Cerátium tripos*, Protozoo flagelado (según Stein).

Fig. 308.—Plúteo de un Equinodermo (según Müller).

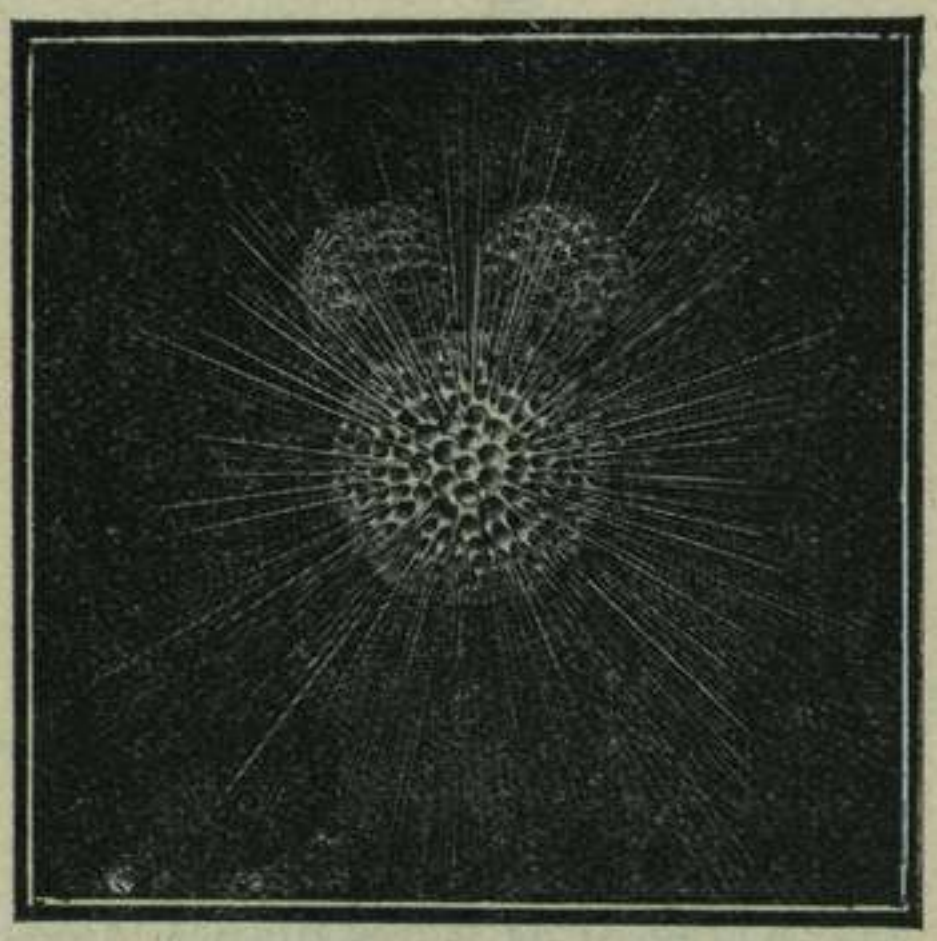


Fig. 309.—*Globigerina bulloides*, Protozoo Foraminífero (s. Haeckel).

Tres seres planctónicos provistos de prolongaciones.

de las aguas. Para conseguir lo primero utilizan flotadores, como los Sifonóforos *(fig. 256)*, o se proveen de una gota de grasa, como se ob-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

serva en los huevos de la sardina y otros Clupeidos, y para conseguir lo segundo llevan apéndices o prolongaciones que aumentan el rozamiento con las aguas *(figs. 307* a *309)*, o toman forma de paracaídas, como se nota en las medusas *(figs. 257* y *258)*.

Un rasgo muy característico de los animales pelágicos es su frecuente transparencia, por lo que es muchas veces difícil distinguirlos en el seno de las aguas.

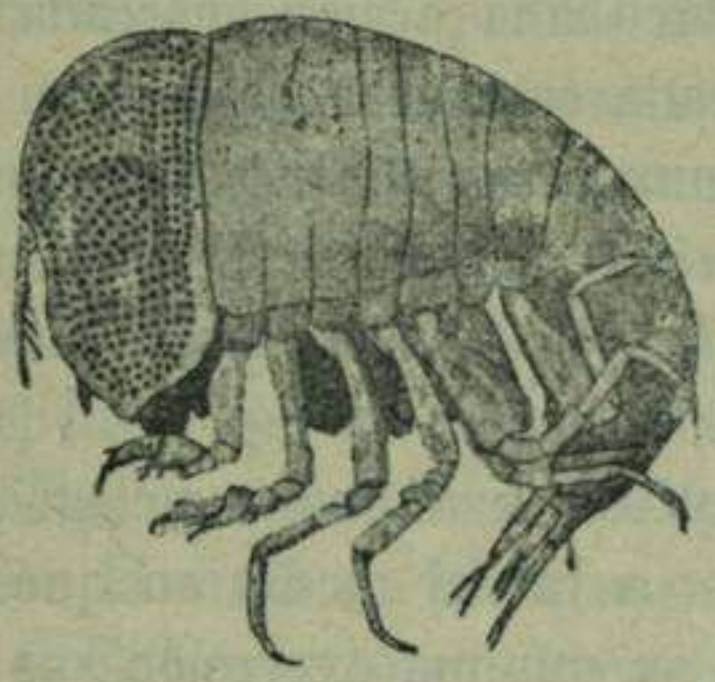


Fig. 310.—*Hyperia schizogeneios*. Crustáceo pelágico de superficie, provisto de enormes ojos. (Según Chevreux.)

Para contribuir a su invisibilidad, los animales pelágicos tienen coloraciones azuladas y violetas que se confunden con la de las aguas. Esta es la razón de la coloración del dorso, fuertemente azulado, de las sardinas y boquerones.

La vida pelágica trae aparejada el desarrollo extraordinario de los órganos sensoriales, táctiles o visuales *(figs. 310* y *311)*. En los animales planctónicos se desarrollan curiosos órganos destinados a dar cuenta al animal de su posición en las aguas; tales órganos, llamados *estatocistos*, contribuyen no poco a la equilibración.

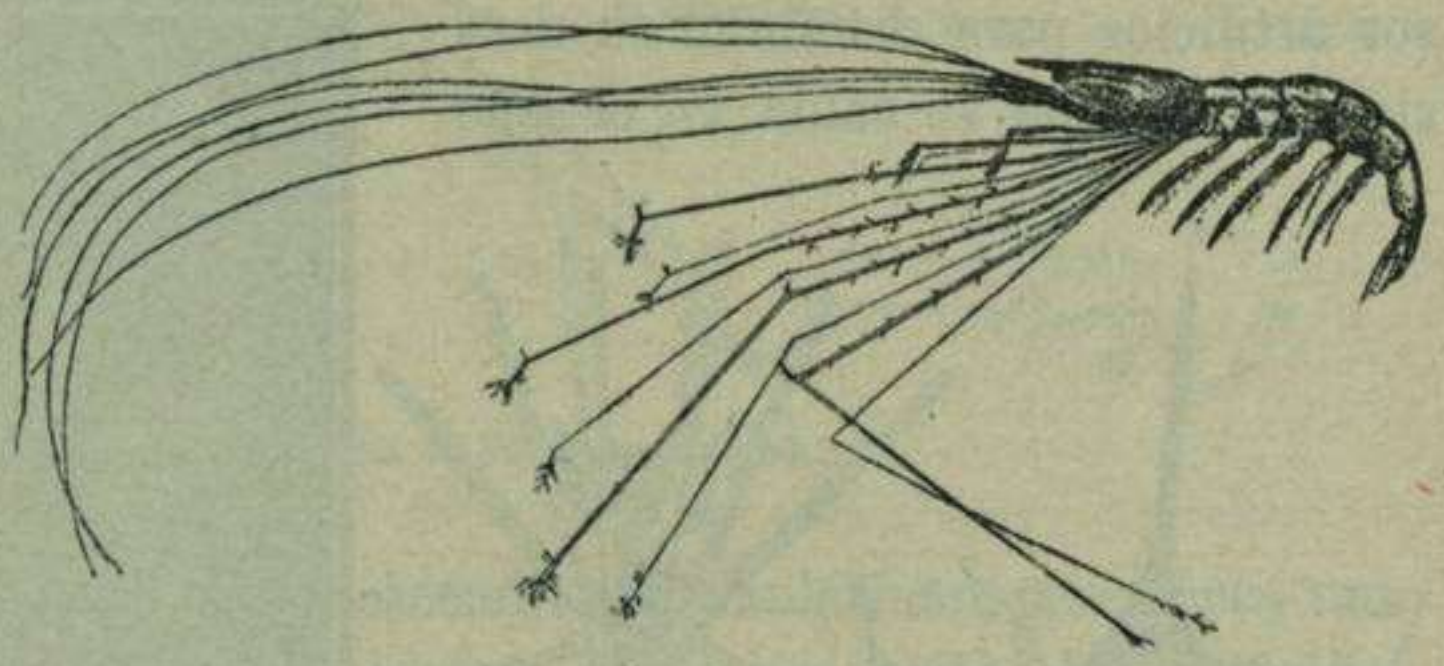


Fig. 311.—*Nematocarcinus*, Crustáceo batipelágico, con las antenas y las patas muy desarrolladas (s. Chun).

El plancton está constituído por animales y por plantas de los grupos de las Bacteriáceas, Cianofíceas y de las Algas. Los seres planctónicos son casi siempre de pequeño tamaño, siendo su abundancia extraordinaria y contribuyendo no poco a proporcionar alimento a los otros pobladores del océano, de mayores dimensiones.

De los animales del plancton, unos poseen medios potentes de locomoción, como los Peces y los Cefalópodos, que pueden contrarrestar la

Instituto San Isidro de Madrid 2008

acción de las mareas y los vientos, en tanto que otros flotan pasivamente en las aguas, sin que les sea dado oponerse a las fuerzas que les arrastran.

Entre los elementos típicos del plancton animal hay que señalar la infinidad de huevecillos, larvas y embriones de seres, muchos de ellos bentónicos, que sólo temporalmente flotan en las aguas.

CARACTERES DE LOS ANIMALES DEL BENTOS LITORAL.—Esta zona está sometida a condiciones muy diversas y de extrema variabilidad. La temperatura oscila extraordinariamente, la salinidad se altera con extrema prontitud por los aportes de aguas continentales o por las intensas evaporaciones en bahías y ensenadas. La agitación de las aguas es incesante; las olas, los vientos y las mareas tienen en continuo trajín a sus pobladores.

Como se comprende por lo dicho, la fauna ha de ofrecer extraordinaria resistencia para soportar todas estas desfavorables condiciones.

El ímpetu del oleaje determina adaptaciones curiosas. Unos animales se fijan mediante pedúnculos y soportes que impiden su arrastre *(figura 312)*, o se protegen con recias cubiertas calizas, como las bellotas de mar *(figura 313)*, o se encierran en tubos calizos protectores *(fig. 314)*, o excavan en las



Fig. 312.—*Pollicipes* o percebe.



Fig. 313.—*Bálanus* o bellota de mar.



Fig. 314.—*Sérpula vermicularis*. Gusano con tubo calizo.

rocas oquedades y galerías, en las que se defienden *(figs. 315 y 316)*.

Muchos de los animales de la parte superior de la zona litoral, que viven en el límite de las mareas, se adaptan a vivir durante muchas horas fuera del agua, como les sucede a las bellotas de mar *(Chthamalus stellatus*, etc.) y a las bien conocidas pulgas de mar de nuestras playas *(Talitrus saltator)*. Esta zona es también invadida por algunos seres te-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rrestres, como Insectos, ciempiés, arañas, Ácaros y Quernetos, que se

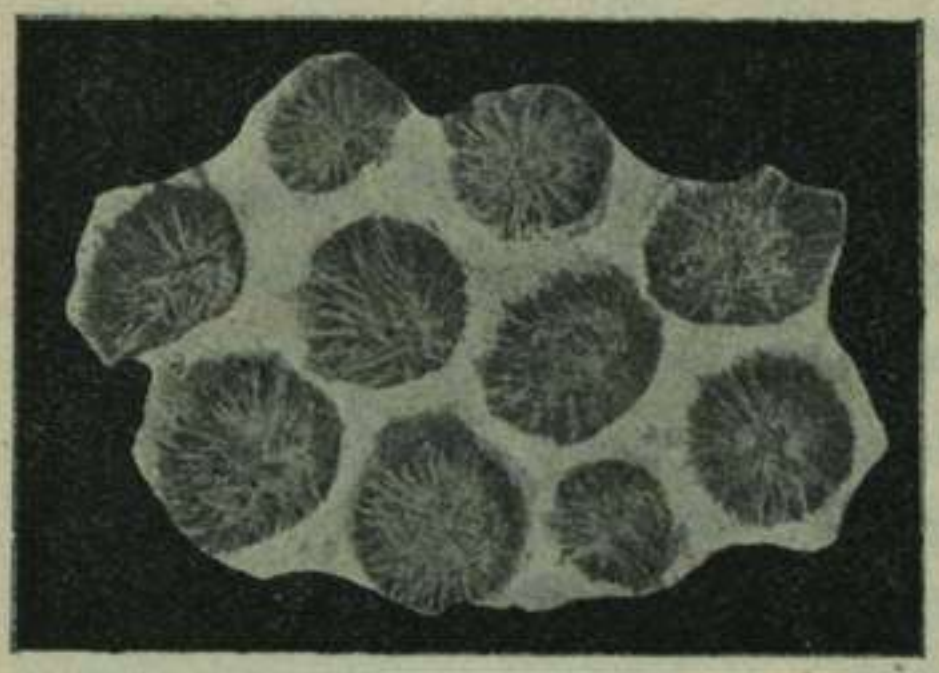


Fig. 315.—Erizos de mar *(Toxopneustes lividus)* alojados en cavidades de una caliza. (Fot. O. Cendrero.)

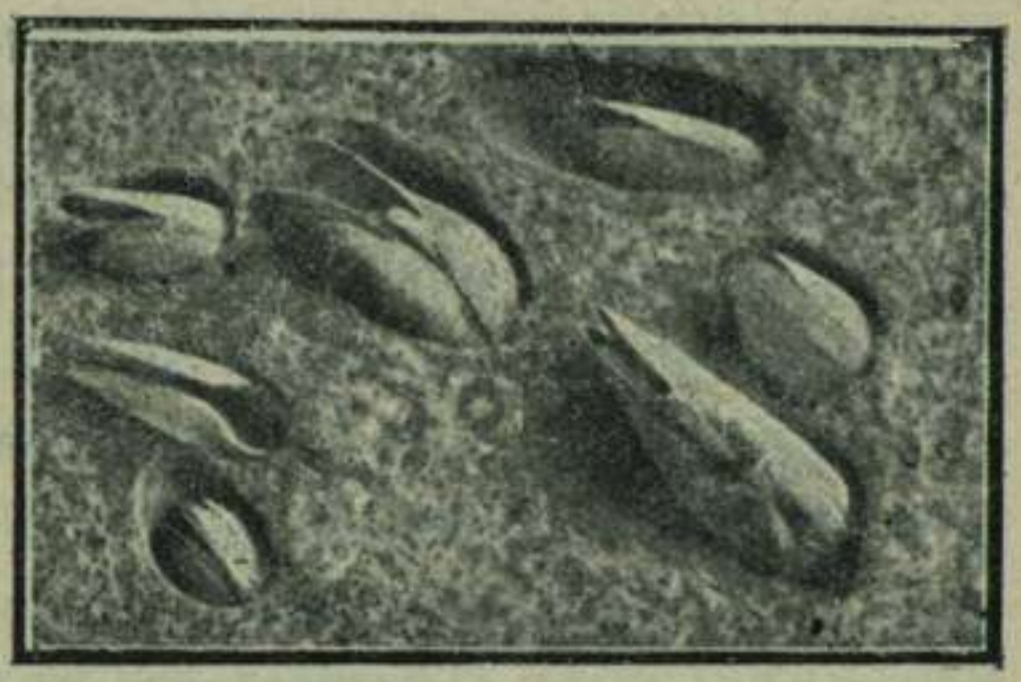


Fig. 316.—Moluscos litófagos *(Phólas dáctylus)* alojados en cavidades de una arenisca.

acomodan a permanecer debajo de las aguas durante un tiempo, a veces considerable *(fig. 317)*.

La zona litoral posee una riquísima y variada fauna, a causa de que su iluminación intensa permite el desarrollo de una flora muy abundante, que suministra alimento adecuado a los más distintos animales. Por otro lado, su falta de uniformidad favorece el establecimiento de animales adaptados a sus variadas circunstancias. Las zonas de roca, las playas, los bosquecillos de vegetales marinos, los fondos fangosos, etc., etc., tienen sus animales típicos y característicos.

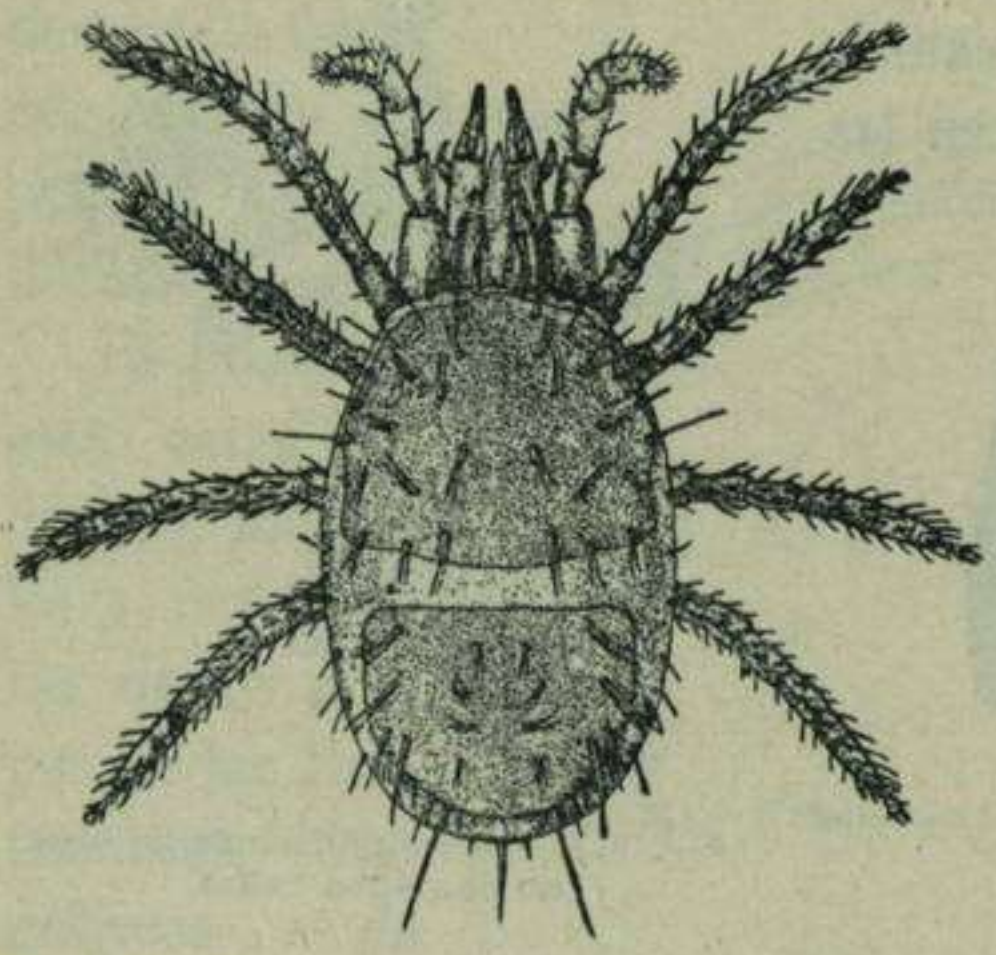


Fig. 317.—Un ácaro muy frecuente en nuestro litoral (muy aumentado, según Rioja, *La vida en el mar*).

La fauna abisal: sus caracteres.—Las zonas profundas del mar tienen una fauna muy especializada y, en general, de gran monotonía, a causa de la uniformidad y tranquilidad de sus aguas, que contrastan con las del litoral, en perpetua agitación y sometidas a cambios sumamente intensos. La uniformidad del suelo y del relieve es casi tan grande como la de las condiciones fisicoquímicas de sus aguas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La presión, que, como se comprende, es considerable, no tiene, sin embargo, la influencia que en un principio se le concedió.

La falta de luz produce curiosas adaptaciones, que justamente han llamado la atención de los exploradores de estos abismos oceánicos. Unos seres son ciegos o, por lo menos, sus órganos visuales experimentan una notable regresión.

Otros seres, por el contrario, ofrecen un desarrollo extraordinario de los órganos visuales. Este hecho sorprendente tiene una explicación, pues si bien es verdad que la luz del sol no penetra en estas profundi-



Fig. 318.—*Saccopharyx (Eurypharynx) pelecanoides*, pez batipelágico y fosforescente (Atlántico, 700 a 3.500 m.).

dades, sus poblaciones tienen la facultad de ser fosforescentes y producir una cierta cantidad de luz. Los órganos fosforecentes están muy desarrollados, estando a veces localizados en verdaderas linternas, con las que ciertos peces se alumbran durante su marcha *(figs. 318* y *319)*.

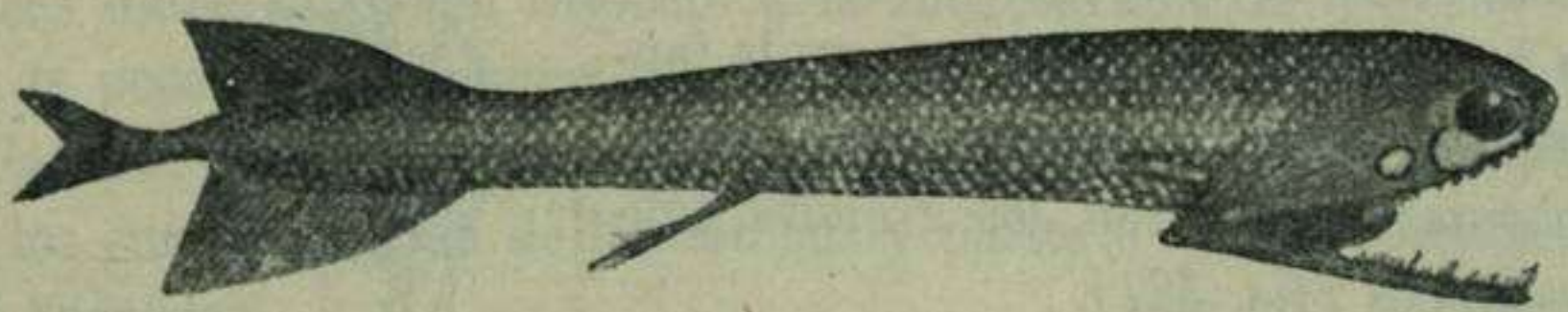


Fig. 319.—*Malacósteus niger*, pez batipelágico y fosforescente (2.000 m.). Los puntos blancos del cuerpo son brillantes: debajo del ojo tiene un órgano fotógeno que da una luz rojiza, y cerca del oído otro que la da verdosa.

En los Cefalópodos, los órganos luminosos están distribuídos por todo el cuerpo, teniendo la facultad de emitir luz de diversos colores.

En las especies abisales existe la tendencia a sustituir las sensacio-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nes visuales por las táctiles, y de aquí que aparezcan en estos seres apéndices táctiles sumamente largos y complicados.

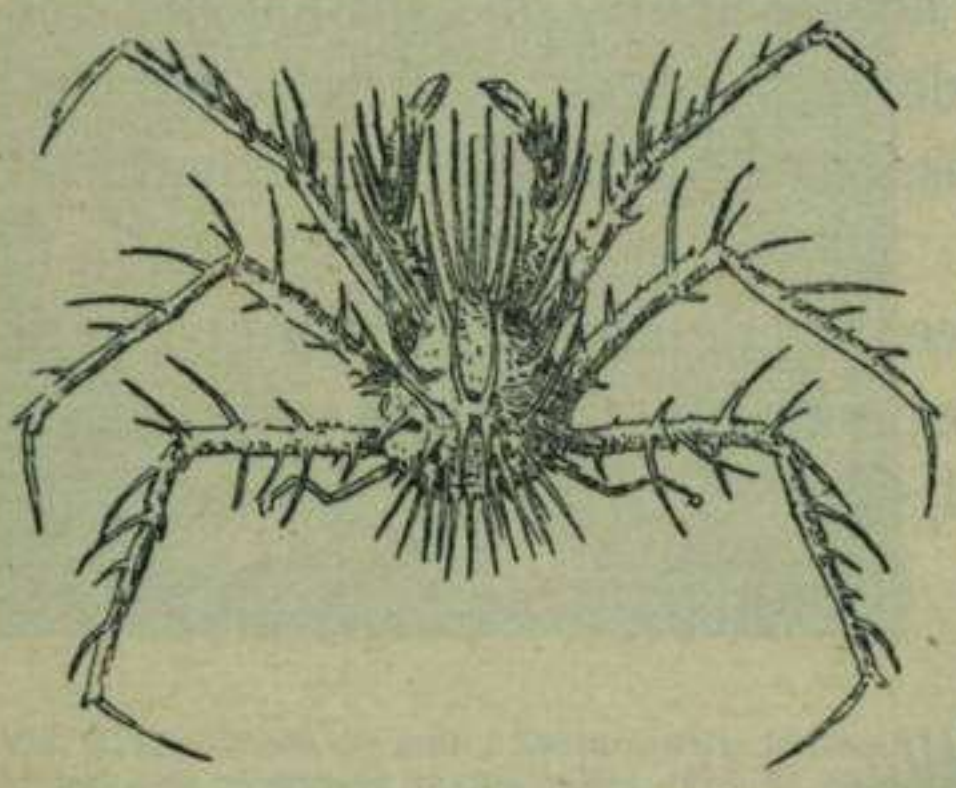


Fig. 320.—Un crustáceo abisal *(Neolithodes Grimaldii)*, provisto de numerosas y aguzadas espinas.

La falta de luz solar impide, en estas profundidades, el establecimiento de la vida vegetal, por lo que los animales profundos son carnívoros o se alimentan de los detritus, que incesantemente caen, de los seres vivientes que pueblan zonas menos profundas.

Como se comprende, estas condiciones precarias de existencia traen aparejada una lucha por la vida sumamente intensa. Los peces están provistos de bocas enormes *(figuras 318* y *319)*, y muchos Crustáceos se proveen de agudas espinas *(fig. 320)*.

La fauna abisal tiene, por último, un cierto aspecto arcaico. En ella se han refugiado los animales más antiguos, buscando en la tranquilidad de sus aguas refugio y defensa contra las formas litorales más evolucionadas. Entre los ejemplos más típicos de este hecho podemos citar el caso curioso de que los Crinoideos del grupo de los *Pentacrinus* se conocían en estado fósil y sólo se reconoció su existencia en la fauna viviente actual cuando las exploraciones marinas registraron los grandes fondos oceánicos *(fig. 321)*.



Fig. 321.—*Pentacrinus cáput-Medúsæ*, Crinoideo abisal (según Müller).

Lo mismo sucedió con unos Crustáceos del grupo de los Eryónidos, cuyos restos fósiles se encuentran en el Terciario.

La vida animal en las aguas dulces.—Las aguas dulces, relativamente a la extensión total del medio acuático, representan una mínima

Instituto San Isidro de Madrid 2008

parte; por esta razón, su fauna no puede, ni con mucho, compararse en riqueza y variedad a la que puebla el océano.

En la fauna dulceacuícola hay que distinguir aquella que habita en los ríos y torrentes, de aquella otra que ocupa las grandes cuencas lacustres, los pequeños lagos, las lagunas, estanques, etc. Esta división está determinada por la velocidad considerable de las aguas en el primer caso, y su quietud y reposo en el segundo. De aquí nacen las denominaciones empleadas por Steinmann de *reófilos* o *reobios* y *reófobos* o *limnófilos (rheos*, corriente; *limne*, lago, pantano, estanque), para designar a los animales que viven en uno o en otro medio.

Uno de los hechos que se destacan al estudiar la fauna dulceacuícola es su gran uniformidad, ya que son muy escasos, y casi siempre los mismos en toda la superficie del Globo, los grupos zoológicos que viven en los ríos y en los lagos.

La vida en los ríos es más pobre aún que en los lagos. Son sus habitantes principales los peces, que pueden vencer o sortear el ímpetu de la corriente, o los moluscos, que viven enterrados o adheridos por su pie, y las larvas de insectos, en muchas de las cuales se observan curiosas adaptaciones para no ser arrastradas por las aguas. Estas adaptaciones consisten en la modificación de sus patas, que tienen la forma de fuertes garfios; en la presencia de ventosas en su parte ventral (Dípteros de la familia de los *Blefarocéridos);* en su forma general achaparrada, para presentar poca resistencia al agua, o en su modo especial de vivir en el interior de tubos sujetos a las piedras. Los pobladores de los cursos de agua son probablemente especies que necesitan para su vida gran cantidad de oxígeno, el cual abunda en las aguas corrientes muy aireadas.

Pocos datos se tienen respecto a la zoogeografía de los ríos. Por su fauna de peces se distinguen los ríos de las regiones montañosas de las de la llanura. Parece que también es posible distinguir por su fauna ictiológica los cursos de agua de las estepas y países áridos, de los de las regiones húmedas.

Con respecto a su fauna, en los lagos se diferencian varias zonas biológicas: la zona litoral, la zona profunda, la pelágica y, a veces, como en el Baikal (1.600 metros), una zona abisal comparable con la marina *(fig. 322)*.

De estas zonas, la litoral es, sin duda, la más poblada, ya que en los vegetales de la orilla encuentran abrigo y cobijo seres que viven fijos sobre

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ellos, como esponjas y Briozoos, o muy sedentarios, como larvas de insectos, moluscos, etc. La abundancia de vida vegetal determina que esta zona sea frecuentada por una porción de animales que encuentran aquí abundante sustento.



Fig. 322.—Esquema de las zonas biológicas en un lago profundo.

La región pelágica está invadida por un placton constituído principalmente por Protozoos nadadores (como los Infusorios y los Flagelados), por Rotíferos, Crustáceos, larvas de insectos (Dípteros especialmente) y otros invertebrados, y por peces. Las características de los animales plactónicos de los lagos son las mismas que hemos señalado en los animales análogos del mar.

La fauna profunda y la abisal son pobres y sólo aparecen en lagos importantes, ya que en la mayoría de ellos, a causa de su escasa profundidad, no tienen más que la zona pelágica y la litoral.

Es un hecho notable, que ha preocupado a los naturalistas, el que en muchos lagos existen animales de estirpe claramente marina. En este caso están las medusas encontradas en el Tanganyka y Victoria Nyanza y otros grandes lagos, las focas del Baikal *(Phoca sibirica*, var. *hispida)*, y algunos Anélidos de la familia de los Sabélidos de este y otros lagos.

Para explicar esta circunstancia, los naturalistas han recurrido a distintas hipótesis: unos han supuesto que estos grandes lagos eran residuos o reliquias de antiguos mares, más extensos, en cuyos recintos han quedado confinados, como supervivientes actuales, algunos de los habitantes de los desaparecidos mares; otros creen más bien en una lenta y progresiva emigración de los animales marinos, a lo largo de los grandes cursos fluviales que unen estos lagos con el mar, en regiones del Globo que reúnen determinadas circunstancias. Por una serie de hechos difíciles de reseñar en poco espacio, esta última hipótesis es la que cuenta en la actualidad con mayor número de partidarios.

Estudio de alto interés, para explicar el origen de la fauna de los lagos, es el de los animales de las aguas salobres, de los estuarios y de las lagunas y albuferas litorales. En ellas penetran animales marinos, como los mules o lisas *(Mugil cephalus)*, las anguilas, el cangrejo de mar

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(Carcinus mænas), el berberecho *(Cardium edule)*; todos ellos de gran resistencia para soportar los cambios de salinidad.

La fauna terrestre; adaptaciones de los animales a la vida terrestre.—La fauna terrestre está integrada por un número de grupos zoológicos relativamente restringido si se compara con los numerosos que viven en el medio acuático. Esto es seguramente debido a la mayor sequedad del medio terrestre, al cual sólo se han adaptado escasos tipos orgánicos, que están en mejores condiciones para soportar estas desfavorables circunstancias. Prueba de ello es que no existe un solo tipo zoológico que no tenga representantes acuáticos, en tanto que hay muchos de ellos, como las esponjas, los Celentéreos, los Equinodermos, los Briozoarios, los Braquiópodos, los Procordados, etc., que son exclusivamente acuáticos.

Son los Artrópodos los representantes más típicos de los animales terrestres, y entre ellos los Insectos los más numerosos y los mejor dotados por la naturaleza para este género de vida; siguen a éstos los Vertebrados y los Moluscos del grupo de los Gasterópodos pulmonados.

En menor grado hay que señalar los Oligoquetos terrícolas, ciertos gusanos terrestres, ciertas Planarias, Nemertes e Hirudínidos y algunos Crustáceos, como las cochinillas de humedad (Isópodos) y los cangrejos terrestres de los países tropicales, como los *Geocarcinus* y el cangrejo de los cocoteros *(Birgus latro)*.

Las adaptaciones a la vida terrestre son consecuencia, en primer término, de la falta de humedad del ambiente.

El aparato respiratorio ha de estar protegido en cavidades interiores, de comunicación difícil con el exterior, a fin de que conserve siempre un grado elevado de humedad, que permita la permeabilidad de sus membranas al oxígeno del aire.

La fecundación es interna, ya que en el medio terrestre es inconcebible que puedan vivir elementos tan delicados, tales como los elementos reproductores, los cuales, en el agua del mar pueden permanecer aptos para la fecundación, en ocasiones mucho tiempo después de haber sido expulsados por los individuos de cualquiera de los dos sexos. Por la misma razón no existen en los seres terrestres formas embrionarias libres, ya que por su delicadeza no podrían soportar este ambiente adverso. Cuando en algún caso el desarrollo no es directo y existen metamorfosis, como acontece en los Batracios, las formas larvarias encuentran

Instituto San Isidro de Madrid 2008

refugio en las aguas, que representan un medio más benigno. Cuando los pequeñuelos nacen en estado muy retrasado se alojan en bolsas o cavidades de la hembra, como es sabido sucede en los Marsupiales, en las que buscan refugio y protección.

Las variaciones bruscas de temperatura y humedad en el medio terrestre obligan a los animales continentales a ofrecer gran resistencia a estos cambios. Los animales de sangre de temperatura constante tienen un mecanismo de autorregulación que les permite hacerse independientes de las variaciones exteriores. Los animales invernantes soportan las bajas temperaturas cayendo en una especie de letargo que disminuye su actividad vital.

En cuanto a la desecación, los animales terrestres se defienden interponiendo entre sus tejidos vivos y el exterior una capa de elementos inertes que impide la muerte de éstos. Unas veces consiguen esto segregando una espesa capa de quitina, como sucede en los Artrópodos, o abundante mucus, como en los Gasterópodos (caracoles y babosas). En otros, como en los Vertebrados, son las células epidérmicas las que mueren y se impregnan de sustancias queratínicas; estos cadáveres celulares queratinizados sacrifican su vida en beneficio de la colonia celular que representa el cuerpo de estos animales.

DIVISIONES BIOLÓGICAS DEL MEDIO TERRESTRE.—La división del medio terrestre en zonas biológicas no está ni tan bien delimitada ni tan bien estudiada como en el medio marino. Estableceremos, sin embargo, algunas de las que más claras aparezcan.



Fig. 323.—*Chyromys madagascariensis* o aye-aye, arborícola con sus extremidades prensiles. (Imitación Wogt y Specht.)

La mayor parte de los animales que puebla los continentes está en dependencia directa con el suelo, constituyendo la *fauna terrícola;* otros, los *aéreos* o *aerícolas*, son capaces de remontarse en los aires. Otros, a su vez, viven en las márgenes de los ríos y los lagos o a las orillas del mar, siendo capaces de penetrar en las aguas y aun permanecer mucho tiempo en ellas; a éstos se les denomina *acuícolas.*

De los animales terrícolas, unos abandonan la superficie introduciéndose en el suelo y dan lugar a los animales *hipogeos*, o penetran en las cavernas y oqueda-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

des del terreno, para constituir una fauna *cavernícola*, muy especializada.

Entre los animales terrestres superficiales, o *epigeos*, como quieren algunos,

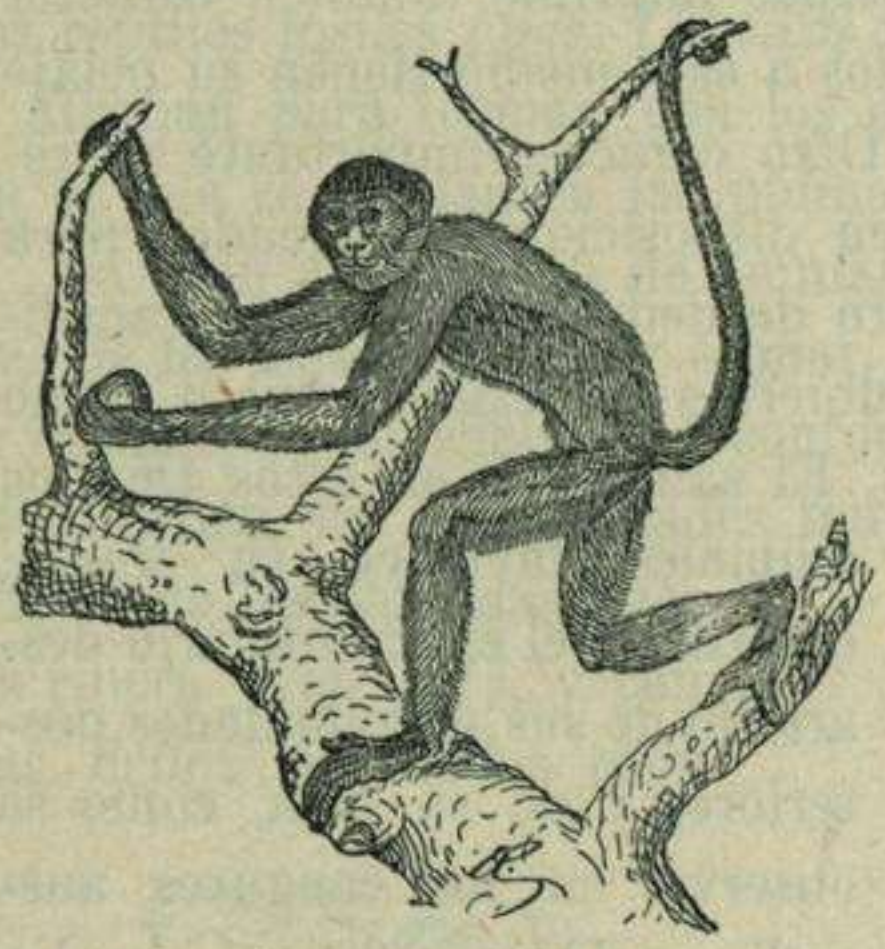


Fig. 324.—*Ateles paniscus* o mono araña, arborícola con sus extremidades y cola prensiles.



Fig. 325.—*Cholœpus didáctylus* o perezoso, arborícola con las uñas grandes y ganchudas.

existen adaptaciones especiales a géneros de vida determinados: así, los animales de los bosques y selvas, con hábitos arborícolas, tienen sus extremidades y su cola prensiles para trepar con mayor facilidad por los troncos y las ramas *(figs. 323* y *324)*, o las extremidades con los dedos en forma de garfios *(figura 325)*. La vida arborícola de-



Fig. 326.



Fig. 327.

La ardilla voladora, taguán o guiguí *(Pteromys petaurista) (fig. 326)* y el caguang *(Galeopithecus volans) (fig. 327)* son arborícolas con expansiones membranosas de la piel.

termina también la formación de expansiones membranosas de la piel, que permiten a ciertos animales dar saltos considerables de unas ramas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

a otras *(figuras 326* y *327)*. En el bosque son frecuentes los insectos xilófagos, que fraguan sus guaridas en la madera de los árboles, los que viven debajo de las cortezas o entre la hojarasca del suelo.

La vida en las llanuras o en las estepas imprime también carácter en los animales. Los mamíferos adaptados a este medio tienen su pelaje que toma las tonalidades del terreno. Otro carácter importante se refiere a sus extremidades, que adquieren disposiciones adecuadas para conseguir una gran velocidad. El número de dedos se reduce extraordinariamente, a uno o a dos, y aparecen cubiertos de pezuña o casco, como sucede en los antílopes y en las cebras. El salto, que en estos tímidos animales favorece su huída, determina el extraordinario desarrollo de sus extremidades posteriores y de su cola, como se observa en los canguros australianos *(fig. 328)* o en los gerbos de los desiertos africanos.



Fig. 328.—*Mácropus gigantéus* o canguro, con recia cola y robustas extremidades posteriores.

Entre las costumbres de los seres esteparios están sus hábitos emigradores, cuando el alimento escasea o cuando las circunstancias climatológicas son desfavorables. En el norte de Europa y de Asia se pueden citar las emigraciones del leming *(figura 287)*. En América eran clásicas las emigraciones de los inmensos rebaños de bisontes, hoy casi desaparecidos.



Fig. 329.—*Vampyrus spéctrum* o falso vampiro, con sus dedos hipertrofiados para sostener la membrana alar.

Los animales aerícolas se proveen de alas, órganos que les permiten surcar los aires. Los Insectos son los genuinos representantes de esta fauna especializada, pues en ellos las alas son órganos constituídos exclusivamente para esta forma de locomoción.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los Vertebrados que han invadido el dominio aéreo, como los Quirópteros, las Aves, y en otros tiempos los Reptiles, sufren la modificación secundaria de las extremidades anteriores, cuyos dedos pueden hipertrofiarse para sostener la membrana alar, como son los murciélagos y los reptiles fósiles *(figs. 119, 329* y *330);* o, por el contrario, se reducen y atrofian para formar, con los otros huesos de la extremidad, un eje en el que se implanten las plumas *(fig. 117)*.

La gran abundancia de animales acuáticos, especialmente en las orillas de los lagos, los ríos y el mar, atrae a estos parajes infinidad de aves y mamíferos especialmente conformados para este género de vida. Las aves tienen sus extremidades muy largas, tomando el aspecto característico de las llamadas aves de ribera *(fig. 331)*, y con sus dedos bordeados muy

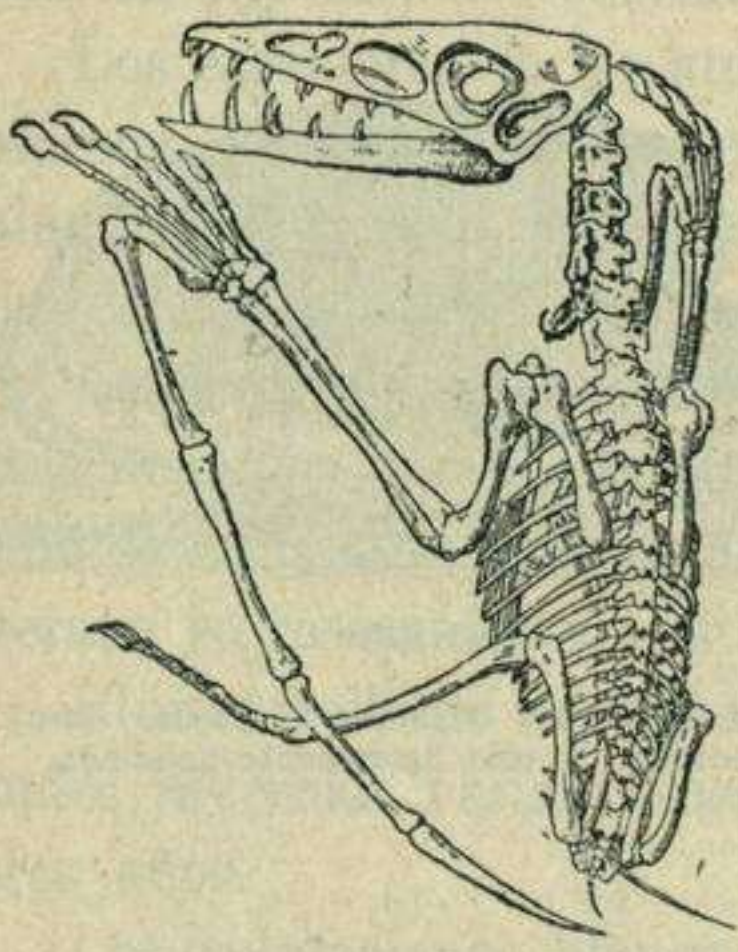


Fig. 330.—Esqueleto de *Pterodáctylus*, Reptil volador de la Era Secundaria, con su dedo externo muy desarrollado, para sostener una membrana alar.

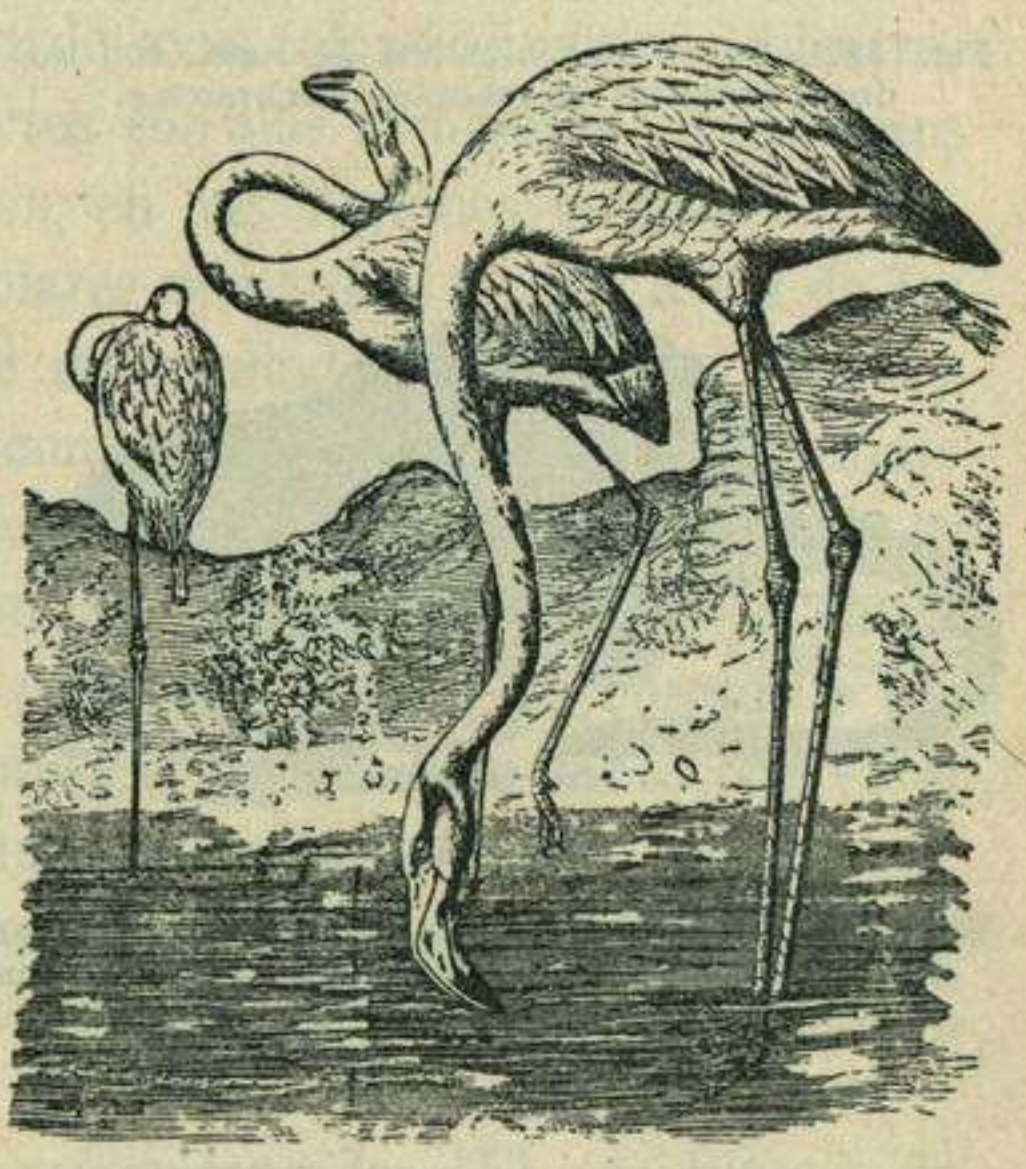


Fig. 331.—Grupo de flamencos *(Phaenicópterus roseus)*. una de las más caracter'sticas aves de ivera

frecuentemente de membranas o de una extraordinaria longitud *(figuras 332* y *333)*. Los mamíferos tienen un espeso pe'aje, extremidades palmeadas y cola larga y aplanada, como se observa en el desmán, la nutria, el castor y el ornitorrinco *(figs. 334* a *337)*, en el que la adaptación a este género de vida es tan intensa que su boca, aplanada en forma de pico, está admirablemente dispuesta para coger los pequeños animalillos que en el fango viven.

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 332.—*Fúlica átra* o gallina de agua, con sus dedos provistos de rebordes membrarosos.



Fig. 333.—*Párra jacána* o gallito, con sus dedos muy largos.

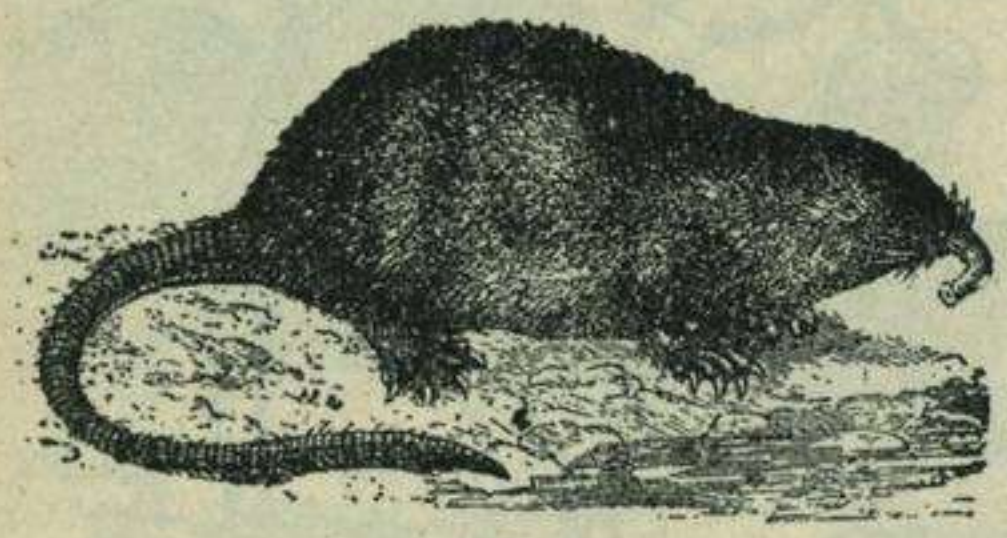


Fig. 334.



Fig. 335.

El desmán o rata almizclada *(Myogale o Galemys pyrenaicus) (fig. 334)* y la nutria *(Lutra lutra) (fig. 335)* son mamíferos acuáticos, con las extremidades palmeadas y la cola ligeramente aplanada.

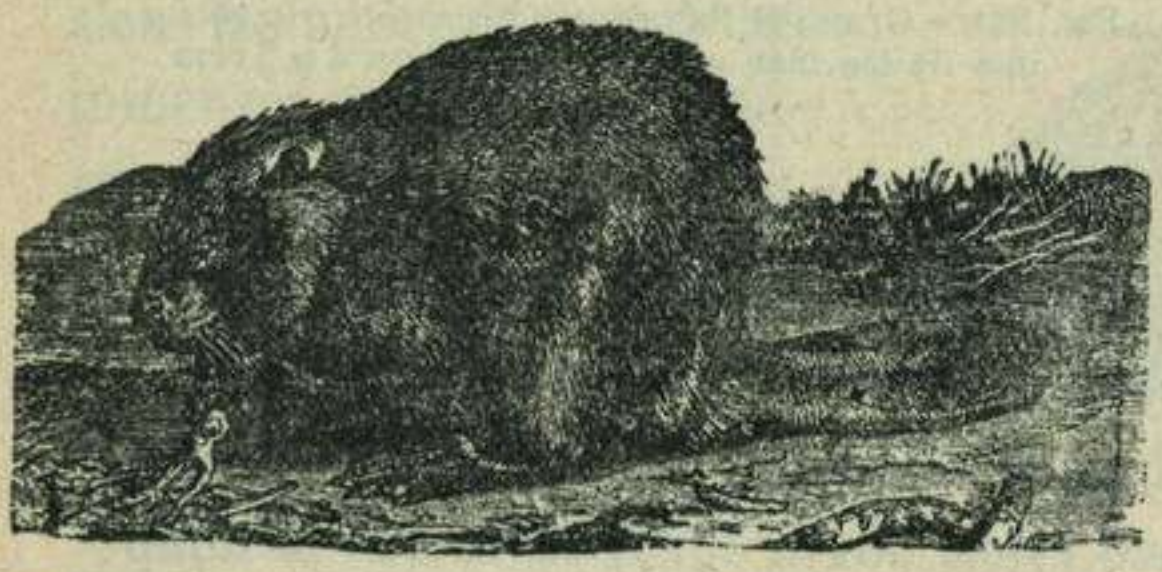


Fig. 336.



F g. 337.

Pero en el castor *(Cástor fiber) (fig. 336)* y en el ornitorrinco *(Ornithorhynchus paradoxus) (fig. 337)* las membranas palmares están aún más desarrolladas y la cola es más plana, por ser más intensa su vida acuática.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los animales alpinos o de las altas montañas están adaptados a la duración e intensidad del frío en las cumbres. Las bajas temperaturas invernales las soportan mediante un pelaje sumamente áspero y mediante emigraciones verticales, a zonas más bajas en la época de los fríos y a las más altas en la época estival. El frío tiene influencia en el ciclo biológico de ciertos seres. La *Rana temporaria*, que en la llanura hace la puesta en febrero o abril, en las cumbres no deposita sus huevos hasta junio; los renacuajos, que tardan en desarrollarse en el llano dos o tres meses, tardan de dos a tres años en las montañas. Los reptiles alpinos se hacen vivíparos, como la *Lacerta vivípara* y la *Vipera berus*, que en Suiza alcanza el límite de las nieves.

La fauna polar es más rica de lo que en un principio se creyó. Los osos blancos, las focas y una porción de aves (alcas, pingüinos, alcatraces y petreles), y hasta algunos insectos con alas atrofiadas descubiertos por las expediciones científicas, viven en las regiones polares.

Los caracteres de los animales polares recuerdan mucho a los de los alpinos. El pelaje está enormemente desarrollado en los osos, el buey almizclado, el reno, etc., y de todos conocido es el espesor del plumaje del eider *(Somateria mollissima)*, que remonta elevadas latitudes.

Las emigraciones son frecuentes en las aves árticas, que van a países más benignos durante la gran noche polar. El reno de los bosques o caribú se refugia en la selva ártica durante el invierno, en tanto que en el verano regresa en busca de los líquenes de la costa rocosa.

El desarrollo de los seres es lento; así ciertas orugas de las altas latitudes invernan varias veces, no crisalidando hasta después de dos o tres años.

Las coloraciones blancas están muy extendidas. El oso blanco, la liebre, la zorra polar, los *Lagopus*, una especie de lechuza polar denominada harfang *(Nyctea nyctea)* y muchas aves, son ejemplo de lo dicho.

Fauna hipogea y cavernícola.—Tanto la fauna hipogea como la cavernícola están sometidas a condiciones muy análogas, ya que el dominio subterráneo tiene un ambiente húmedo, de temperatura casi constante y completamente oscuro o ligeramente iluminado.

Los animales hipogeos son cavadores, con sus extremidades especialmente conformadas para este fin, como se observa en el topo y en el alacrán cebollero o grillo topo *(figs. 338* y *339)*. Uno de los tipos morfoló-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gicos de adaptación a este género de vida es el vermiforme, que se repite en varios grupos: en las lombrices de tierra, dentro de los Anélidos; en



Fig. 338.



Fig. 339.

El topo *(Talpa europœa) (fig. 338)* y el grillo topo *(Gryllotalpa vulgaris) (fig. 339)* son animales hipogeos y cavadores.

los *Typhlops*, dentro de los Ofidios; en las *Amphisbæna* y la serpiente ciega *(Blanus cinereus)*, en los Saurios y en las *Cæcilias* y *Siphonops* en los

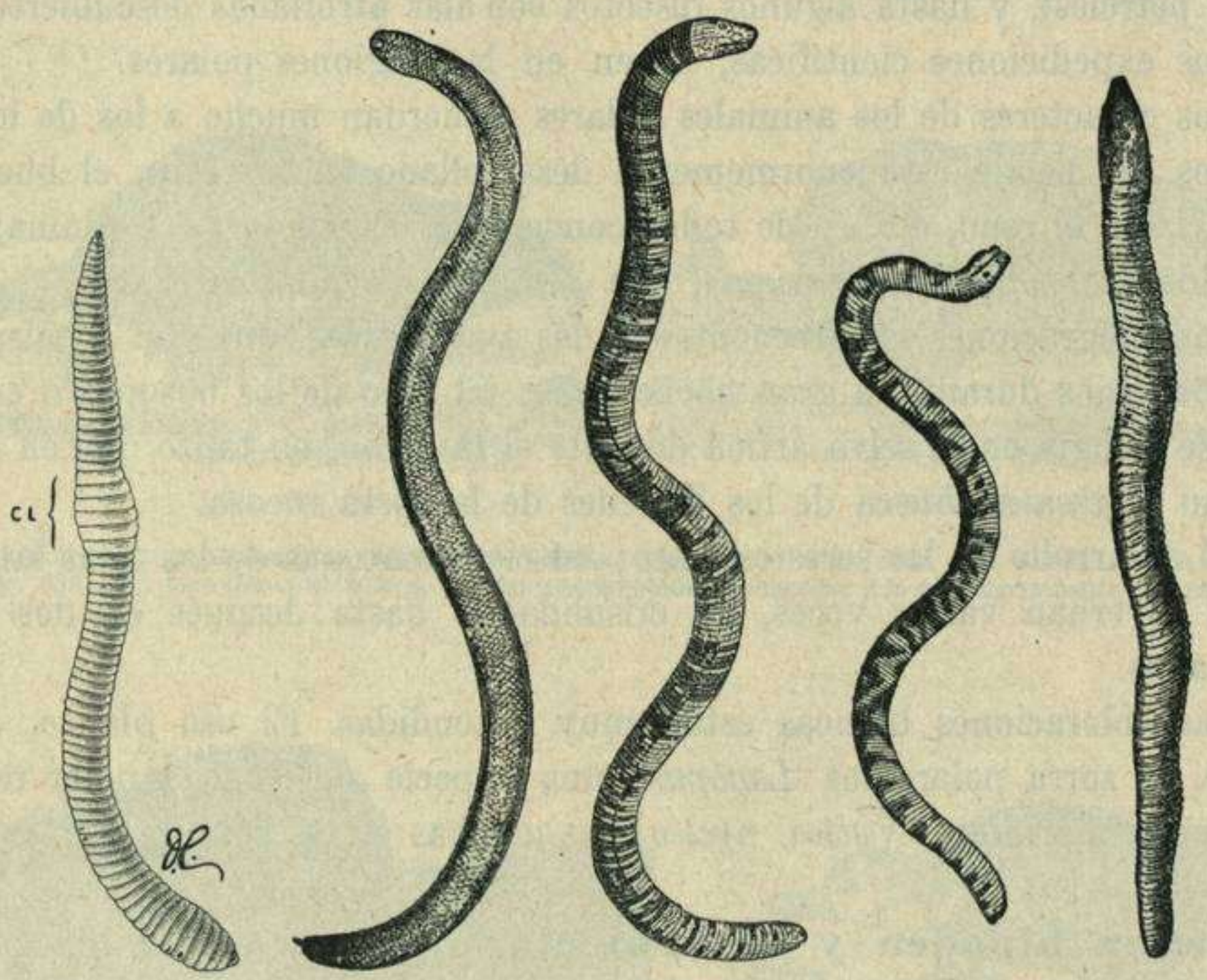


Fig. 340. *Lumbricus rubellus.*

Fig. 341. *Thyphlops lumbricoides.*

Fig. 342. *Amphisbæna fuliginosa.*

Fig. 343. *Cæcilia lumbricoides.*

Fig. 344. *Siphónops mexicana.*

Todos ellos de tipo vermiforme adaptados a la vida hipegea.

Anfibios *(figs. 340* a *344)*, se comprueba claramente lo dicho. Otro rasgo de estos animales es la reducción de los ojos (topo y *Chrysochlorys)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La vida en las cavernas ha sido objeto en estos últimos tiempos de profundos estudios, que han dado lugar a una rama de la Biología denominada *Bioespeleología.*

Los seres cavernícolas pueden dividirse en *troglófilos*, que viven en la entrada y aun en el exterior de las cuevas, y los *troglobios* o genuinos representantes de este medio, que viven en las partes más profundas y menos iluminadas.

Los ojos se atrofian y hasta llegan a faltar, por lo que es frecuente que las patas y las antenas, y en general todos aquellos apéndices que pueden recibir sensaciones táctiles, estén muy desarrollados.

Respecto a sus hábitos, se puede decir, en términos generales, que son *higrófilos* y *lucífugos*, esto es, que buscan preferentemente los sitios húmedos y huyen de la luz; si bien este último hábito tiene algunas curiosas excepciones, que se han comprobado en algunos experimentos de laboratorio.

De un interés considerable son los pobladores de las aguas subterráneas, en los que se superponen los caracteres de los animales cavernícolas a su condición de seres acuáticos. Entre las más interesantes citaremos los *Proteus*, de la Carniola *(fig. 121);* los peces de los géneros *Typhlichthys* y *Amblyopsis*, de Norteamérica; los cangrejos ciegos del género *Cambarus*, también de Norteamérica, y las quisquillas con ojos atrofiados, como los *Troglocaris* de la Carniola.

Un carácter general es su palidez, ya que la falta de luz es causa de la falta de pigmentación de la piel (véase Ecología, pág. 199); así, el *Proteus anguinus* y los *Amblyopsis* y *Typhlychthys* tienen un color blanquecino.

Aunque nada se puede afirmar en este sentido, se cree que los animales cavernícolas son de origen exterior y han ido colonizando las cavernas en virtud de sus hábitos especiales; unos, como los lucífugos, por su hábito de huir de la luz; otros, como los coprófagos, por ir en busca de los excrementos de determinados animales, de los que se alimentan; y, por último, otros, como ciertos animales ciegos, que no obstante de ello viven a plena luz, porque encuentran en la vida cavernícola indudables ventajas para la concurrencia vital y en el combate que otras especies les ofrecen en un medio iluminado.

Entre los ejemplos más notables de animales ciegos que viven a plena luz citaremos el *Typhlogobius californensis* de las costas de California *(fi-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gura 345) y una quisquilla ciega *(Typhlocaris galilea)* del lago del Genezareth. En algunas ocasiones, como en la mosca de frutos *(Drosophila melanogaster)* y en el *Gammarus chevreuxi*, la ceguera se ha observado como una mutación.

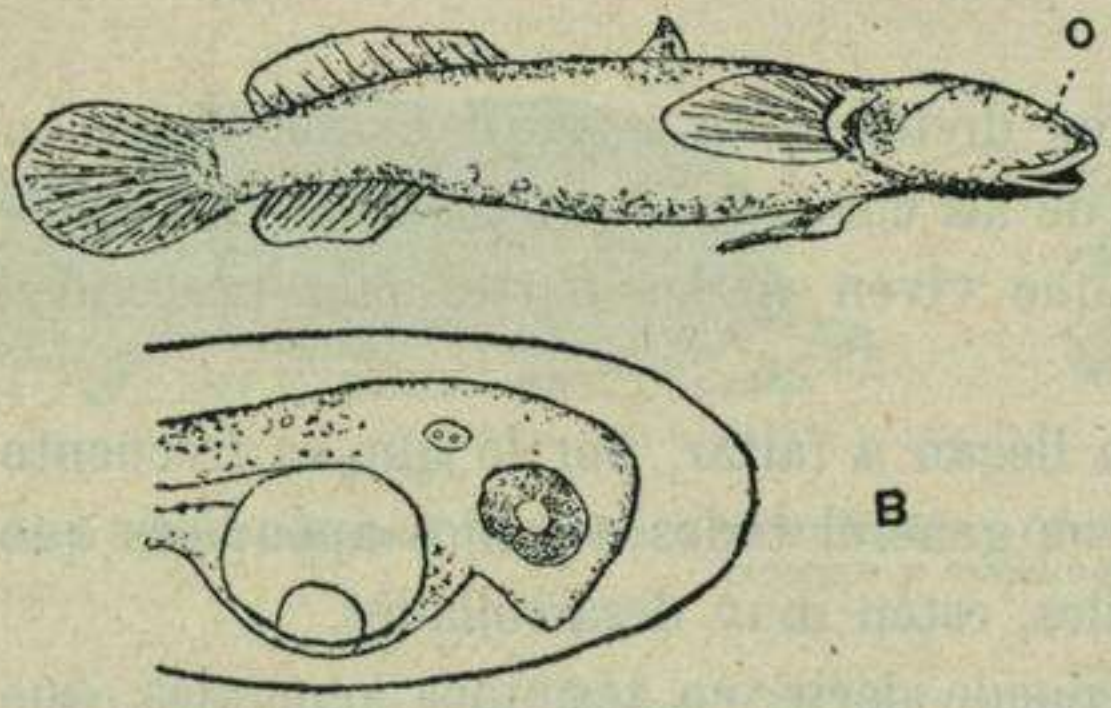


Fig. 345.—*Typhlogobius californensis.*—A, adulto con O, lugar aproximado del ojo, que está oculto por la piel; B, embrión en el huevo, con el ojo bien desarrollado (según Eigenmann).

Origen de los animales terrestres.—El origen de los animales terrestres es uno de los más oscuros problemas que al biólogo se le ofrecen. En el momento presente existen sobre el particular algunas hipótesis que tienen en su favor el apoyo de algunos hechos aislados.

Es opinión muy generalizada que la fauna terrestre tiene su origen en la que puebla las aguas y aun, de un modo más concreto, en los animales marinos. Esta idea tiene su fundamento en varios hechos. En primer término, es indudable que en el medio acuático se conservan todos los tipos fundamentales de organización, de los que se destacan grupos subordinados que invaden la tierra. Los Ciclóstomos y los Peces son evidentemente los Vertebrados más sencillos, antecesores de los Vertebrados terrestres, del mismo modo que los Crustáceos son los antepasados de los Artrópodos aéreos provistos de antenas. También es un indicio del origen marino de los animales continentales el que en las aguas se conserven los tipos más arcaicos y primitivos, en tanto que los seres terrestres ofrecen caracteres que indican una marcada y evidente especialización. Tomando como ejemplo los Moluscos, se nota que los Gasterópodos pulmonados, los caracoles y babosas de nuestros campos, ofrecen un grado superior de evolución que contrasta con la sencillez arcaica de las lapas *(Patella)* o los bígaros (Tróquidos) que habitan en el litoral.

Hubo un tiempo en que se dió gran importancia, como dato que confirmaba estas teorías, a las analogías de composición de las aguas del mar con la del plasma sanguíneo de los animales terrestres. Quinton, principal defensor de estas ideas, supone que los animales terrestres tienen en su medio interno una salinidad de seis a ocho gramos por litro, análoga a la que soportarían sus ancestrales en los mares primitivos, de menor salinidad que los actuales; su suero sangíneo representaría, para este naturalista, una reliquia de los antiguos mares.

Entre los animales acuáticos aparecen aisladamente disposiciones especiales que les permiten una mayor permanencia al aire, y hasta llevar una vida semiterrestre. En animales análogos a éstos hay que buscar los posibles pobladores de la tierra, ya que la presencia de estas preadaptaciones les permiten abandonar su medio originario.

Los pulmones (véase pág. 172), cuya presencia es indispensable para la vida terres-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tre, aparecen ya en ciertos peces, en algunos de los cuales no son más que el resultado de la transformación de la vejiga natatoria, cuya primitiva función es exclusivamente hidrostática. Existen, además, peces que llevan una vida casi terrestre. En África viven los *Periophthalmus*, cuyo aparato respiratorio ofrece una disposición tal que conserva la humedad durante mucho tiempo en su estancia fuera del agua, lo que les permite trepar en los manglares y arrastrarse sobre el fango y el suelo en busca de su alimento *(fig. 346)*.

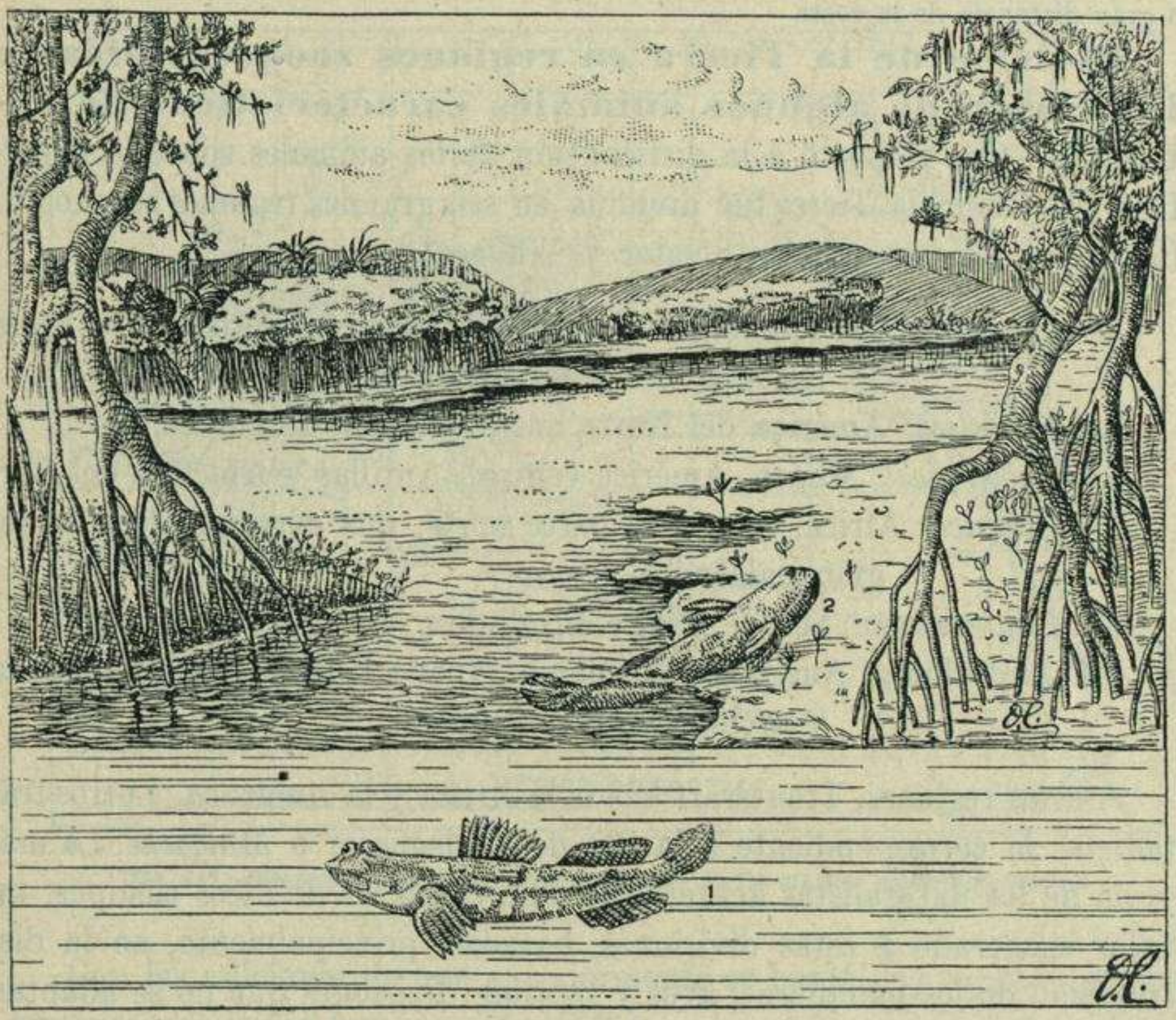


Fig. 346.—*Periophthalmus Kœlreutheri* nadando (1) y saliendo al fango (2).—El resto de la figura representa: en segundo término, el aspecto característico de los manglares en conjunto; en primer término, plantas de mangle *(Rhizophora Mangle* o *Avicenia Rhizophoras)* con sus raíces adventicias introducidas en el fango, las plantitas que han nacido en las ramas *por germinación de las semillas en el mismo fruto*, y las plantitas que se desprendieron ya del árbol e introdujeron sus raíces en el fango. Los *Periophthalmus*, cuya longitud es de unos 15 cm., se han representado muy desproporcionados con relación a los mangles.

En los países tropicales viven los cangrejos terrestres, que permanecen durante mucho tiempo alejados del borde del mar. Entre ellos es notable el *Cardisoma guanhumi*, del Brasil, el cual se aloja en cavidades que él se fragua en terrenos completamente secos, y sólo vuelve al mar en la época de la reproducción.

La fecundación interna aparece ya en algunos tiburones y peces óseos, y en ciertas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

especies de *Tritón*. En los Batracios se nota una tendencia a la simplificación de sus metamorfosis, que quedan totalmente suprimidas en la *Salamandra atra* y en el *Spelerpes fuscus*, especies ambas de la fauna europea (véase pág. 259).

En los moluscos litorales se observa una tendencia decidida a la vida terrestre. Muchos de ellos viven en los lugares que sólo reciben los chapuzones del oleaje y algunos se les encuentra en las praderas y en los árboles de la orilla.

Las pulgas de mar *(Talitrus)* y las especies del género *Orchestia*, ambas del grupo de los Anfípodos, dan lugar a especies dulceacuícolas y aun terrestres que se encuentran a gran distancia de la costa.

División de la Tierra en regiones zoogeográficas e indicación de algunos animales característicos de éstas (*).—Con respecto a la distribución de los animales sobre la superficie del Globo, la Tierra fué dividida en seis grandes regiones zoogeográficas, por los naturalistas Sclater y Wallace:

1.ª *Paleártica:* Europa, el norte de África, Asia, exceptuando la India y las islas del archipiélago malayo.
2.ª *Neoártica:* América del Norte hasta el norte de Méjico.
3.ª *Neotropical:* Méjico, América central, Antillas y América del Sur.
4.ª *Etiópica:* Africa, menos la parte norte, que corresponde a la región paleártica.
5.ª *Indo-malaya:* Sur de Asia e Insulindia.
6.ª *Australiana:* Australia, Tasmania, Nueva Guinea, Nueva Zelanda y archipiélagos próximos.

A estas regiones, Trouessart añade la *Ártica* y la *Antártica*, y otros tratadistas la correspondiente a la isla de Madagascar o *Malgache*. La mayoría de los naturalistas actuales no dan, como los de otros tiempos, un valor exagerado a estas divisiones, basadas, principalmente, en la distribución de los mamíferos, aves y reptiles, divisiones que no se adaptan a los grupos de invertebrados.

Estas regiones coinciden en sus grandes rasgos con los continentes del terciario, época en que se dibujan los grupos y las familias actuales de los vertebrados señalados. La distribución de los invertebrados es anterior a esta época y de aquí la falta de coincidencia con las regiones establecidas para aquellos grupos.

Las dos primeras regiones tienen grandes analogías por sus conti-

(*) En esta parte el lector tendrá en cuenta los caracteres y posición taxonómica de los grupos que se mencionan, que encontrará, casi siempre, en la parte de esta obra dedicada a la Zoología especial.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nuas y constantes relaciones en todas las épocas geológicas por la zona del estrecho de Behring, por lo que su fauna de mamíferos es muy semejante. A esta causa se debe que varios autores las reúnan en una sola entidad zoogeográfica, denominada *Región Holoártica*, caracterizada por la ausencia de los grandes mamíferos y por la falta de Monotremas y Marsupiales.

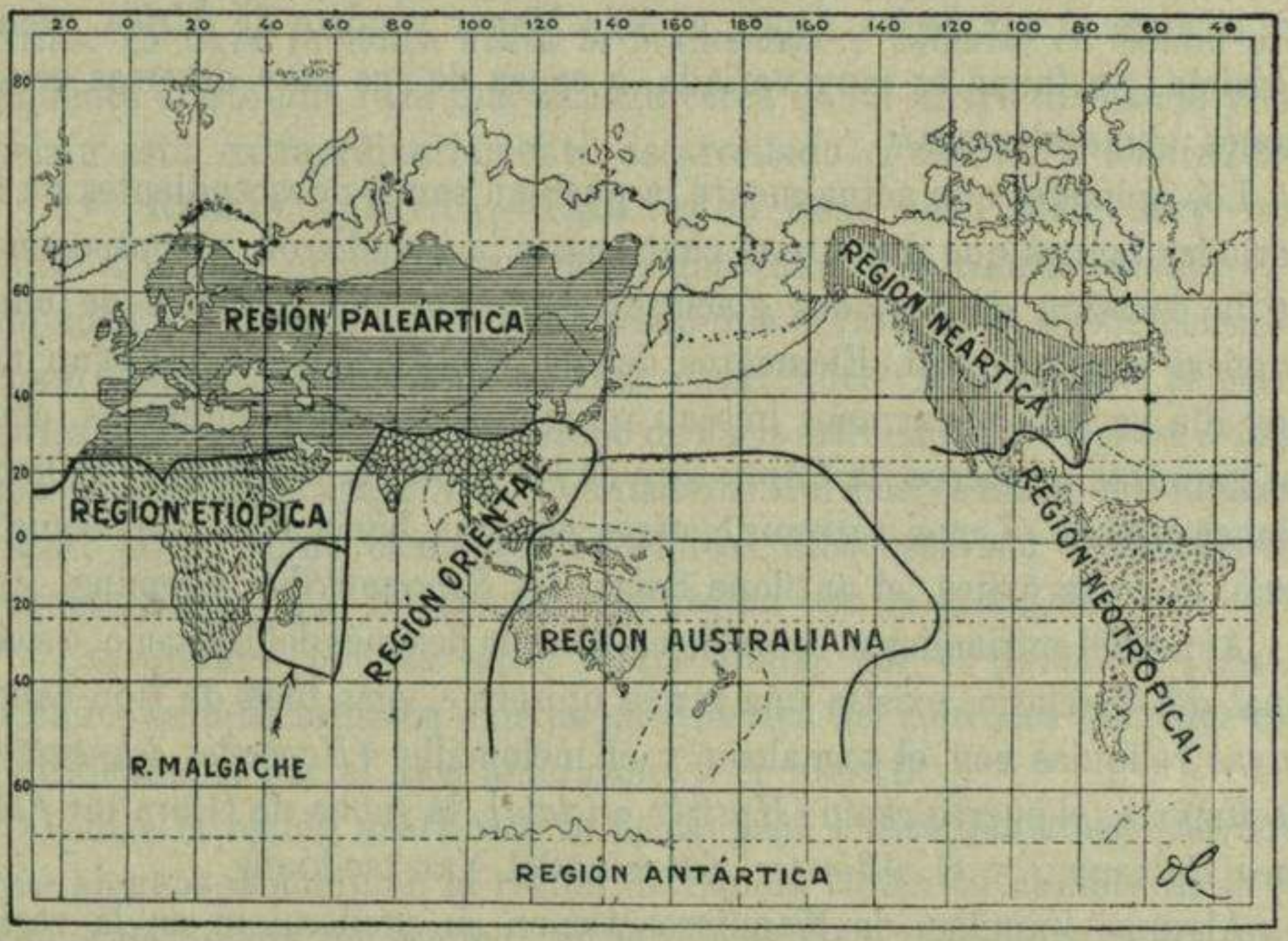


Fig. 347.—Esquema de la distribución geográfica de las grandes regiones zoológicas.

Con las adiciones de que anteriormente se habló, las regiones corrientemente admitidas hoy, son (*fig. 347*):

1.ª Paleártica.
2.ª Neoártica.
3.ª Neotropical.
4.ª Etiópica.
5.ª Malgache.
6.ª Indo-malaya.
7.ª Australiana.
8.ª Antártica.
9.ª Ártica.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

1.ª Región paleártica.—La región paleártica es de enorme extensión, limitando con otras regiones zoológicas (Etiópica e Indo-malaya). Consta de cuatro subregiones: 1.ª *La europea*, que se extiende desde el círculo polar ártico hasta la cadena de montañas meridionales (Pirineos, Alpes, Cárpatos y Balcanes). 2.ª La *siberiana*. 3.ª La *manchuriana* o *mongólica*, que comprende el noroeste de China, desde el Amur al Yan-tse-kiang, y 4.ª la *mediterránea*, que comprende la parte de Europa situada al sur de los Alpes, el Asia Menor y norte de África, menos Abisinia. Su fauna es muy variada, a causa de sus muy diversas condiciones climatológicas.

Los animales que actualmente la pueblan son los descendientes de las variadas faunas que durante el cuaternario la invadieron, a consecuencia de la sucesión de períodos glaciares separados por períodos de clima tropical o subtropical. Elementos del período glaciar se conservan aún hoy día en esta zona; unos buscan refugio en las altas montañas, como as gamuzas o rebecos, la *Capra íbex* de los Alpes, la marmota y la liebre blanca alpina *(Lepus varronis);* otros emigran hacia el Norte, como el reno, la zorra ártica, el antílope Saiga, los *Spermophilus y* leming.

Antes del enfriamiento ocurrido en Eurasia después del Plioceno, o sea al final del Terciario, existía una fauna uniforme, más bien de tipo cálido, cuyas reliquias son el camaleón y el meloncillo *(Herpestes ichneumon)* de España, el puerco espín *(Hystrix cristate)*, la mona de Gibraltar *(Macaca Sylvanus)* y el *Alligator sinensis*, del Yan-tse-kiang.

Algunas Familias de Mamíferos tienen su predominio en la región paleártica; en este caso están los Cérvidos, como el alce o gran bestia, el ciervo, el gamo, el corzo y el almizclero; los Bóvidos, con el yack del Tibet, el uro o toro primitivo *(Bos primigenius)*, desaparecido en la Edad Media, y, sobre todo, las cabras y sus afines. Entre los Reptiles y los Anfibios son característicos los Lacértidos y las salamandras.

No es la mona de Gibraltar el único Primate de la región Paleártica, no obstante de que vulgarmente se cree que estos Mamíferos están confinados a las zonas intertropicales. En la vertiente oriental de la meseta tibetana, hacia la Manchuria, se encuentran tres especies del género *Macaca* y dos del *Rhinopithecus*. En la parte occidental del Himalaya habita una especie de *Semnopithecus* que se defiende del clima con un espeso pelaje, y en el Japón existe el *Macaca speciosa*.

En las altas montañas de esta región existen diferentes especies de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

osos. Las Mustélidas están representadas por muchas especies, como el tejón, la marta, la garduña, la comadreja, el turón, la nutria y la nutria marina. Los Vivérridos, de origen africano, están representados por la jineta, que se extiende principalmente por el sur de España.

Otro error frecuente es el que las grandes Félidas, como el tigre y el león, no existen en esta Región. El león ha desaparecido de Grecia y de los Balcanes en la época histórica; en época muy reciente ha desaparecido de Argelia, y persiste aún en algunas zonas de Marruecos en el Atlas. El tigre remonta hasta la Manchuria y Siberia, en donde precisamente existe una raza que alcanza cerca de un metro de alzada y cuyo pelaje está extraordinariamente desarrollado (*Felix tigris longipilis*).

2.ª Región neártica.—Esta región tiene una fauna muy semejante a la de Eurasia en sus facies generales. Las cabras salvajes y los Bóvidos son escasos, sobre todo desde que el bisonte se puede considerar como desaparecido. Los antilocapras o berrendos (*Antilocapra*), el perrillo de las praderas *(Cynomys)* y el topo de nariz estrellada *(Condylura cristata)* son típicos de esta región. Los verdaderos Murinos, es decir, los ratones y ratas, faltan como elementos endémicos. Los osos son elementos muy característicos, que relacionan esta región con la anterior.

Las grandes Félidas están representadas por el puma, el jaguar y ocelote, aunque también existen en América del Sur. Los Cérvidos están representados por el alce americano y el wapitti.

Entre la región neártica y la neotropical existe una zona de tránsito que algunos denominan la región de Sonora (toma su nombre de la provincia de Sonora, en Méjico), en la que existen algunos seres que proceden del Sur, como el *Procyon*, las zarigueyas, un armadillo y los Troquílidos (colibrís o pájaros mosca), algunas de cuyas especies remontan hasta Alaska.

Los Anfibios son muy típicos, viviendo en América del Norte géneros tan notables como *Anfiuma y Siren.*

3.ª Región neotropical.—La región neotropical es una de las más características, tal vez por su gran abundancia en formas arcaicas y primitivas, lo cual se debe a su aislamiento durante el Cretácico y Terciario, por lo que su fauna es en extremo especializada.

Durante el Cuaternario se desarrolló, con gran riqueza de formas, el curioso grupo de los Desdentados, de los que aun persisten los armadillos, el oso hormiguero y los perezosos. Uno de los rasgos de la fauna

Instituto San Isidro de Madrid 2008

suramericana son los marsupiales del grupo de los Didélfidos y el *Cœnolestes* del Ecuador y Colombia, que se aproxima a formas australianas. Los monos platirrinos o del Nuevo Mundo, con cola prensil *(Cébidos y Hapálidos)*, el jaguar y el puma *(Panthera onça* y *Puma concolor)*, el llama *(Auchénia llama o Llama huanacus)*, los Prociónidos (coatí, mapache, kinkajous), el agutí, el carpincho, el conejillo de Indias, los pecaris y el tapir, que es el mayor ungulado indígena de América del Sur, son Mamíferos característicos de esta región. En el Amazonas vive el delfín *(Platanista amazónica)* y el manatí *(Manatus triunguis)*. Entre las aves citaremos los colibrís, los tucanes, los Palamedéidos, los Tanágridos y los nandús *(Rhea americana)*. Faltan casi en absoluto los Insectívoros, los antílopes y los Bóvidos. Entre los Reptiles citaremos las *Iguana*, las grandes culebras del género *Boa* y las serpientes de cascabel *(Crotalus)*. Entre los Batracios, los Apodos están representados por ocho géneros. Peces típicos de esta región son el gimnoto y el *Lepidosiren*, éste del grupo de los Dipnoos.

4.ª Región etiópica.—La región etiópica posee muchos grupos que le son propios y característicos, como los hipopótamos, varias especies de rinocerontes, con dos cuernos todos ellos, y las jirafas, el *Okapi*, las hienas y las viverras, los *Orycteropus*, las cebras, el elefante africano, etc. Entre los monos antropomorfos están el gorila y el chimpacé, y entre los restantes monos, los Cercopitécidos. Abundan extraordinariamente los antílopes; pero, en cambio, faltan los Cérvidos y las cabras. También están ausentes los Úrsidos, los Tapíridos y los verdaderos topos, que están reemplazados por el *Chrysochloris*. Entre las aves son típicas los avestruces y el serpentario. Es característico de esta región el Dipnoo *Protopterus anectes*.

5.ª Región malgache.—La fauna de Madagascar es tan típica que, no obstante la escasa extensión de esta isla, se la considera como una región independiente de la etiópica. Entre los insectívoros están los Centétidos, que son propios de esta isla, así como los Roedores, los cuales todos pertenecen al grupo de los Nerominos. Pero lo que realmente es típico de Madagascar es la abundancia de Lemúridos, de los que se cuentan hasta 47 especies, en tanto que en el continente africano sólo hay una. Faltan, en cambio, los verdaderos Simios, los grandes Carnívoros, los Cánidos, los elefantes y los rinocerontes.

6.ª Región indo-malaya u oriental.—La región indo-malaya po-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

see una fauna extraordinariamente rica y característica. Entre las especies y grupos característicos habremos de mencionar el orangután y los gibones, los Lemúridos de la familia de los Társidos y los Galeopitécidos, el elefante índico, el tapir, los rinocerontes de un solo cuerno y de dos cuernos, el tigre, los *Tragulus*, los pangolines (que comparten con la región etiópica), las ardillas voladoras *(Pteromys)*, el *tapir;* entre los Bóvidos, el Cebú y otros varios, y numerosas aves, entre las que hay que citar las grandes Fasiánidas, como el *Gallus*, por ejemplo.

Esta región está separada de la australiana por una línea de grandes fondos submarinos que pasa entre las islas de Filipinas, Borneo y Célebes, por un lado, y las Molucas, Temimber y Nueva Guinea, del otro.

7.ª REGIÓN AUSTRALIANA.—La posición geográfica de esta región, aislada de las demás, desde el Terciario por lo menos, es la causa de que los mamíferos más arcaicos son los únicos que existen en su territorio. Los Monotremas y Marsupiales son los elementos exclusivos de esta fauna, ya que los Placentarios, originados después de su separación, no han podido abordar este continente. Los Marsupiales, que en Eurasia desaparecieron, quizá por la competencia y persecución de que eran objeto por los Placentarios, quedaron relegados a Australia y América del Sur, donde aun persisten. En cambio, en Australia faltan los Placentarios, a excepción de los Cetáceos, los Pinípedos y los murciélagos, para los que el océano no es una barrera infranqueable. También existen algunos pequeños roedores, que pueden haber alcanzado las costas sobre objetos flotantes. Dos mamíferos de mayor talla, como el *Sus papuanus* de Nueva Guinea y el dingo o perro salvaje australiano *(Canis dingo)*, han penetrado probablemente en compañía del hombre cuando pobló esta región del Globo. Otra particularidad de la fauna australiana está en los mamíferos ovíparos (Monotremas), como el *Echidna* y el *Ornithorhynchus*, y entre las aves, las aves del paraíso, especialmente de Nueva Guinea, el casuar, el ave lira *(Menura superba)*, el kivi *(Apterix australis)* de Nueva Zelanda; entre los Reptiles, el *Sphenodon* de Nueva Zelanda, y entre los peces es muy característico el barramunda, del grupo de los Dipnoos *(Neoceratodus Forsteri)*.

8.ª REGIÓN ANTÁRTICA.—La región antártica está aislada del resto de las masas continentales por mares profundos. Dicha región está casi deshabitada: sólo posee como población terrestre varias especies de focas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

otarios, y pájaros bobos y otras aves acuáticas, y algunos raros y escasos invertebrados.

9.ª Región Ártica.—Los carnívoros están representados por el oso blanco, la zorra azul, el glotón *(Gulo luscus);* los Roedores por el lemming y la liebre polar *(Lepus Groenlandicus);* los rumiantes por el reno y el buey almizclado. Entre los Pinípedos citaremos las morsas y varias especies de focas, y entre los Cetáceos el narval *(Monodon monoceros)*, la beluga o delfín blanco y la ballena ártica *(Balæna mysticetus)*. Entre las aves están los *Lagopus*, pingüinos, alcas, el eider, el harfang *(Nyctea nyctea)* y algunos petreles y golondrinas de mar.

Algunas especies de Reptiles remontan hasta Laponia, como la *Vipera berus* y la *Lacerta vivípara*.

Regiones zoogeográficas marinas.—Es este uno de los problemas más oscuros de la biogeografía, habiéndose ocupado de él Günther, teniendo en cuenta la distribución de los peces; Woodward, la de los moluscos, y Ortmann, la de los Crustáceos Decápodos. Por esto, todos ellos pecan de abordar el asunto desde un punto de vista excesivamente particular. A título de información damos una breve reseña de las zonas zoogeográficas establecidas por Günther, por ser las más generalmente aceptadas.

I.—Zona del Océano Ártico.

II.—Zona templada del Norte
- Subregión Nordatlántica...
  - Distrito Británico.
  - » Mediterráneo.
  - » Nord-Americano.
- » Nordpacífica....
  - Distrito de Kamtchatka.
  - » Japonés.
  - » Californiano.

III.—Zona ecuatorial...
- Atlántico tropical.
- Indopacífico tropical.
- Costas pacíficas de América tropical.....
  - Distrito de América central.
  - » de Perú.
  - » de las islas de los Galápagos.

IV.—Zona templada del Sur.....
- Distrito del Cabo de Buena Esperanza.
- Distrito de Australia.
- Distrito de Chile y Patagonia.

V.—Zona del Océano Antártico.

Por no hacer una enojosa lista de las especies o los grupos que viven en cada una de estas zonas, prescindiremos de señalar los animales característicos de cada una de ellas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Características de la fauna ibérica.—Resumiremos aquí lo que respecto al particular ha escrito Dantín Cereceda en su libro *Resumen Fisiográfico de la Península Ibérica.*

La fauna peninsular está integrada por fauna de la zona mediterránea, constituída por elementos entremezclados de origen septentrional unos y meridional otros, y por fauna de la zona templada de los bosques, que se extiende por la parte septentrional cantábrica. Además de estas faunas fundamentales y básicas, en las altas cumbres, de violentas variaciones térmicas e invierno prolongado, existen islotes de fauna alpina *(fig. 348)*,



Fig. 348.—Islotes de fauna alpina.

integrados por micromamíferos, rebaños de cabras y rebecos, el oso, y aves rapaces, entre las que destacan las águilas y los buitres.

La posición geográfica de la Península, tan sólo separada de África por el estrecho de Gibraltar, separación que no parece remontarse a muy lejanos períodos geológicos, determina una marcada influencia africana en nuestra fauna. Infinidad de aves son las mismas que habitan el norte de Marruecos. Entre los Reptiles y los Anfibios, viven en ambas orillas del estrecho de Gibraltar el camaleón y el gallipato; entre las aves, el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

alimoche *(Neophron pernopterus)*, el *Turnix sylvaticus*, el *Otogyps auricularis* y otras muchas, son de tipo africano, y entre los mamíferos, las jinetas de Andalucía, el meloncillo, de probable importación árabe, y la interesantísima mona de Gibraltar *(Macaca sylvanus)*, que sólo vive en el Peñón de Gibraltar, son especies de la fauna del continente vecino.

En el inmenso grupo de los Insectos, las relaciones con la fauna africana son más numerosas aún, existiendo muchas especies y muchos géneros comunes.

Para Dantín se pueden establecer las siguientes regiones faunísticas: 1.ª Región pirenaica; 2.ª Región cantábrica; 3.ª Depresión del Ebro; 4.ª Región central; 5.ª Región oriental; 6.ª Región bética; 7.ª Región suroriental; 8.ª Región galaica, y 9.ª Región Penibética *(fig. 349)*.

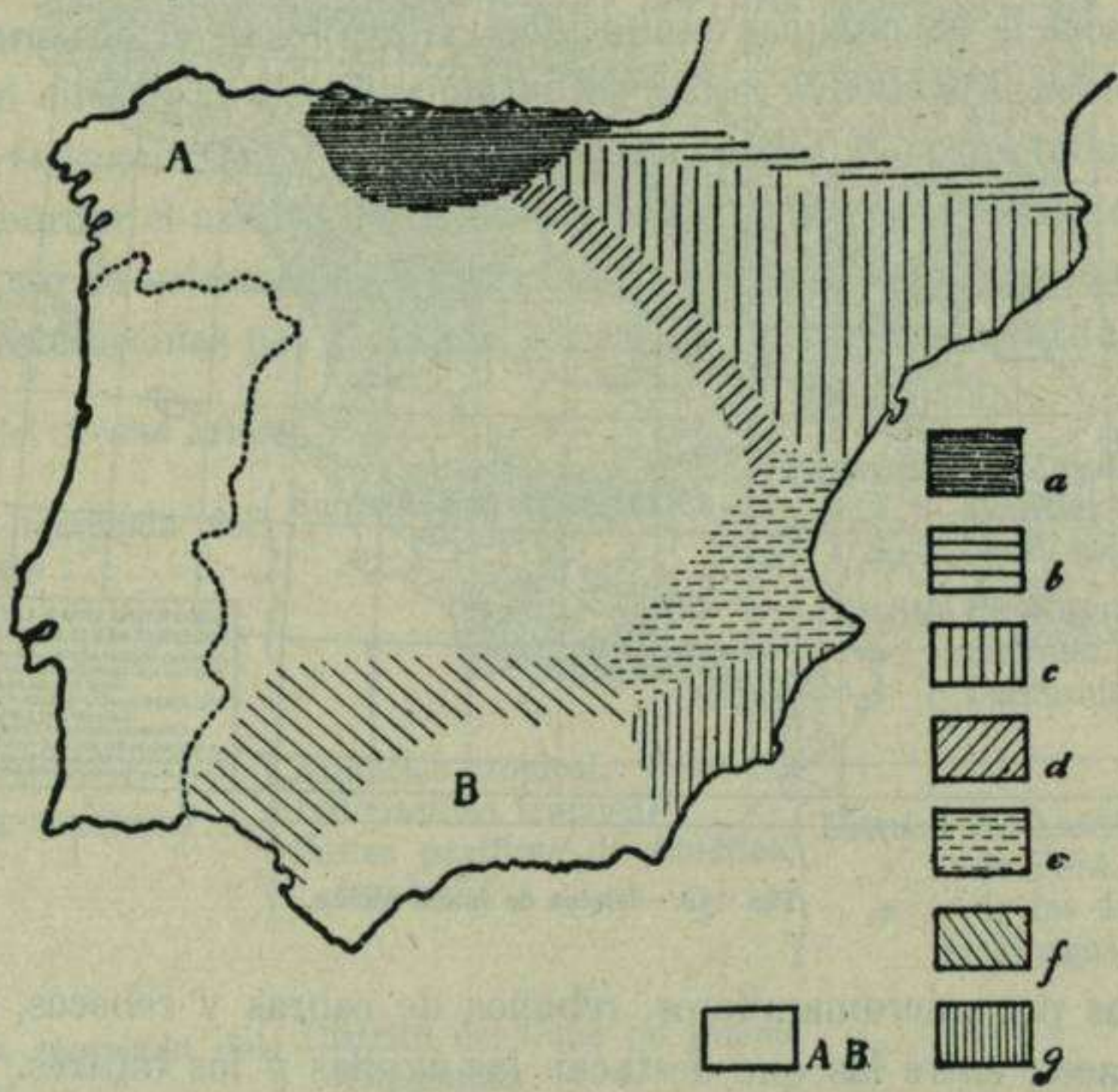


Fig. 349.—Regiones zoogeográficas de España.—*a*, región cantábrica; *b*, región pirenaica; *c*, depresión del Ebro; *d*, región central, en la que sólo se han representado los límites NE., dejando el resto en blanco sin rayar; *e*, región oriental; *f*, región bética; *g*, región suroriental; A, región galaica, en conexiones con la central; B, región penibética (s. Dantín).

Los Pirineos constituyen una región muy natural, que llega hasta la depresión del Ebro. Entre los mamíferos existen muchas formas típicas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de esta zona, como la almizclera *(Galemys pyrenaicus)* (*). Las especies de aves son muy numerosas, a causa de la diversidad de condiciones físicas que esta cadena montañosa ofrece en su largo trayecto; de todas ellas son los *Picus*, con sus numerosas especies, y el gallo silvestre *(Tetrao urogallus)*, los que le dan su sello característico.

En los reptiles existen elementos centroeuropeos, como la *Vipera berus*. Esta zona es la más semejante al resto de Europa, teniendo infinidad de especies comunes con Francia.

La región cantábrica u orla montañosa cantábrica, se extiende a todo lo largo de las Montañas Cantábricas y se prolonga por el arranque del sistema Ibérico. Como la anterior, tiene un marcado sello europeo. Entre las formas típicas están una especie de musaraña *(Crocidura cántabra)* y el rebeco de los Picos de Europa.

La región central comprende toda la meseta, la cual está perfectamente definida por sus peculiares condiciones climatológicas, muy extremadas. Entre las formas típicas se puede señalar una forma geográfica de lobo *(Canis lupus signatus)*, la cabra de la sierra de Gredos, a más de varias especies de Roedores e Insectívoros.

La región oriental o mediterránea se encuentra en la confluencia del sistema Ibérico con el Penibético. Entre otros rasgos faunísticos está la falta de ardillas y la presencia de otros pequeños Roedores, como el *Pitymys ibericus fuscus*. Su fauna de aves es muy rica; pobre en Rapaces, pero muy rica en Zancudas y Palmípedas, que abundan en la Albufera de Valencia, sobre todo.

Entre el Pirineo, el sistema Ibérico y las regiones cantábrica y oriental, se extiende la depresión del Ebro, en la que hay que distinguir una fauna pobre de estepa y otra más rica, correspondiente a la cadena costera catalana, de clima suave y de vegetación de tipo mediterráneo.

La región suroriental corresponde a la parte NE. del sistema Penibético, que se extiende entre la Sagra y el cabo de la Nao. Posee algunas formas propias, como una ardilla característica *(Sciurus vulgaris seguræ)*, una raza de lobo más pequeña que las del resto de la Península *(Camis lupus deitanus)*. Las Rapaces son más abundantes que en la región oriental. Las Zancudas y Palmípedas de Mar Menor son muy variadas.

La depresión del Guadalquivir o bética tiene un marcado carácter

(*) Una especie próxima a ésta es el desmán *(Desmana moschata)*, que vive en Rusia.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

africano, que se señala ya en la región suroriental. Las distinciones que algunos hacen entre la región bética y la penibética están mal definidas, ya que entre ellas hay un intercambio intenso porque las escasas elevaciones de Sierra Morena no constituyen un obstáculo infranqueable.

Por último, la región galaica, de suave relieve y de clima húmedo y benigno, con una frondosa vegetación, posee una fauna que insensiblemente se continúa con la de la meseta y con la de la región cantábrica. Existen en esta región formas propias, como un pequeño roedor *(Pitymys Mariæ)* y el *Lepus granatensis gallæcius.*

En un trabajo reciente del Profesor Alvarez López (*) se pone de relieve la importancia que tienen los Anfibios y los Reptiles para definir las zonas biogeográficas de nuestra península. Por la distribución de los Anfibios Europa se divide en tres regiones: *alpina*, *cisalpina* y *transalpina*, de las que la segunda comprende la península Ibérica, que constituye una entidad faunística muy destacada. La fauna peninsular de Anfibios es muy destacada, por poseer el género *Chioglossa* y cuatro especies *(Molge marmorata*, *áspera* y *Boscaë* y *Alytes cisternasii)*, que son propias y exclusivas de ella, y el interesante gallipato *(Pleurodeles Waltlii)*. Alvarez López establece, atendiendo a la distribución de estos seres, varios distritos *(figura 349 bis)*: I, el *pirenaico;* II, el *cantábrico*, de transición entre el pirenaico y el III, *luso-galaico*, en el que existen las especies más características de nuestra fauna *(Chioglossa lusitánica*, *Molge Boscaë*,

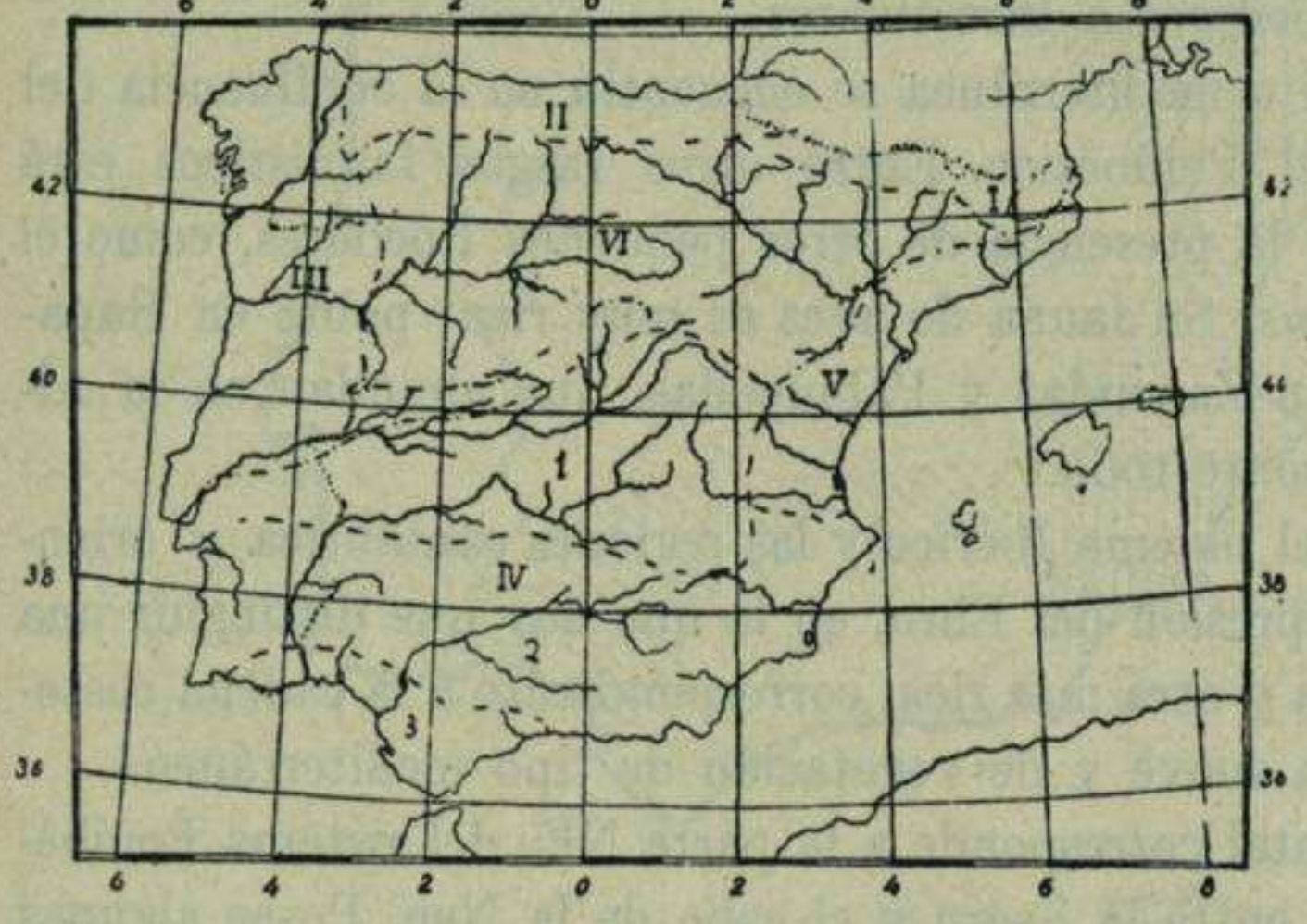


Fig. 349 bis.—División de la Península ibérica en distritos zoogeográficos.—I, pirenaico; II, cantábrico; IIII, luso-galaico; IV, meridional; (1, subdistrito castellano; 2, subdistrito manchego; 3, subdistrito bético); V, oriental o mediterráneo; VI, zona de caracteres negativos (véase el texto). (Según E. Álvarez López).

(*) *La distribución de los Anfibios ibéricos y su interés para la Zoogeografía peninsular (1928).*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Molge marmorata, *Rana ibérica*, una variedad de la *Salamandra maculosa* y otra del *Molge palmata;* IV, *meridional*, situado al sur de la cordillera central, caracterizado, sobre todo, por existir en él el gallipato; este distrito se divide en tres subdistritos: la *cuenca del Tajo*, con el *Alytes cisternasii*, la del *Guadiana*, y el *bético*, con una fauna de reptiles muy típica; V, *oriental*, y VI, una zona mal definida que comprende Castilla la Vieja y el Valle del Ebro.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ZOOLOGÍA ESPECIAL

Como ya dijimos en la pág. 152, la *Zoología especial* se ocupa del estudio y descripción de los diferentes seres que constituyen el reino animal.

Clasificación de los animales.—Como fácilmente se comprende, este estudio se simplifica considerablemente agrupando a los animales por sus afinidades y analogías, naciendo así una clasificación, en que, como vimos en Biología general, al tratar de la parte taxonómica, unos grupos están subordinados a los otros.

Los diferentes animales se pueden agrupar en dos grandes *subreinos:* el de los *Protozoarios* y el de los *Metazoarios.* Aquél está integrado por los animales más sencillos, que sólo están formados por una célula o varias equivalentes, es decir, no diferenciadas en tejidos; y los Metazoarios o Metazoos, por los más complicados, en los cuales sus innumerables células se agrupan, constituyendo tejidos distintos de caracteres morfológicos muy variados y de función también muy diversa.

Los *Protozoarios* sólo comprenden un Tipo o *Phylum*, el de los *Protozoos*, en tanto que los *Metazoarios* comprenden un número mayor.

Los diferentes *Phylum* o *Tipos* de los *Metazoarios* se establecen teniendo en cuenta la presencia o ausencia de mesodermo y del celoma; la simetría, que puede ser *radiada*, es decir, que las diferentes partes del cuerpo se disponen según los radios de una rueda, o sea simétricamente con relación a un eje, o *bilateral*, es decir, con el cuerpo simétrico con relación a un plano que le divide en una mitad derecha y otra izquierda; la disposición del sistema nervioso y la metamerización o no del cuerpo, o sea que éste esté formado por una serie de partes repetidas, dispuestas linealmente, como en una lombriz de tierra o un ciempiés, o que sólo está formado por una masa indivisa, como la lombriz intestinal de los niños o el cuerpo de la almeja.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los *Tipos* o *Phylum* que generalmente se admiten en un tratado elemental, y que nosotros iremos estudiando sucesivamente son: *Esponjas*, *Celentéreos*, *Equinodermos*, *Gusanos*, *Vermídeos*, *Artrópodos*, *Moluscos* y *Cordados*; estos últimos, a su vez, pueden dividirse en dos subtipos: *Procordados*, o sea Cordados sin vértebras, sin cráneo y sin cerebro, y *Vertebrados*, o sea los Cordados que ofrecen los tres caracteres de que carecen aquéllos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SUB-REINO DE LOS PROTOZOARIOS

TIPO PROTOZOOS

Los Protozoos son animales constituídos, en general, por una sola célula; a veces, sin embargo, forman colonias pluricelulares; pero en este caso todas las células que las forman son análogas entre sí, es decir, que no llegan a constituir *tejidos* diversos, por cuya razón, si estos Protozoos pluricelulares separan sus células, éstas son capaces de vivir independientes como otros tantos Protozoos unicelulares.

Dimensiones.—El tamaño de los Protozoarios es muy variable, aun dentro de su pequeñez, desde los que sólo son visibles con los más potentes objetivos microscópicos, como los que viven en la sangre (tales como los *Tripanosomas* y los *Hæmosporidios*, estos últimos que se alojan en el interior de los glóbulos rojos), hasta otros que son visibles a simple vista, como ciertos Foraminíferos que tienen de medio milímetro a dos de tamaño. Son notables por su dimensión relativamente grande, la *Porospora gigantea*, parásito en el intestino de ciertos cangrejos, que alcanza hasta centímetro y medio, y, sobre todo, los enormes Foraminíferos fósiles del Secundario y del Terciario, como las colosales *Orbitolinas* y los *Nummulites*, alguna de cuyas especies llegó a tener de 10 a 12 centímetros de diámetro.

Nutrición.—Diremos de un modo general que los Protozoarios pueden alimentarse de cuatro modos fundamentales, muy diversos unos de otros: unas veces capturan presas de la misma manera que los restantes animales, diciéndose entonces que la alimentación es *holozoica* o *heterotrofa;* otras lo hacen al modo como se nutren las plantas, sintetizando su alimento mediante corpúsculos protoplásmicos diferenciados, teñidos por la clorofila u otros pigmentos, o sea por un procedimiento

Instituto San Isidro de Madrid 2008

halofítico o *autotrofo;* muchos son los que viven *parásitos* sobre otros seres, y no pocos los que se encuentran en las sustancias en descomposición (oen distintos animales o vegetales), alimentándose de un modo *saprofítico.* (Para el concepto exacto de estos términos véase página 180).

Locomoción.—Algunos Protozoos adultos son fijos; pero la mayor parte están provistos de apéndices destinados a la locomoción; estos apéndices son: los *seudópodos*, los *flagelos* y las *pestañas vibrátiles*, de todos los cuales ya se ha indicado algo (págs. 48 y 146).

Reproducción.—Puede ser *asexual* y *sexual.*

La *reproducción asexual* se hace por multiplicación de la célula que constituye el Protozoo, la cual puede ser por *división transversal*, como en los Infusorios, o por *división longitudinal*, como en los Flagelados. En algunos casos la división es múltiple, produciéndose el fenómeno de la *esporulación*, y menos frecuentemente la división de las células primitivas se hace en dos desiguales, una grande y otra pequeña, constituyendo este proceso un fenómeno de *gemmación.*

La *reproducción sexual* puede consistir en la *conjugación* o reunión temporal o parcial de dos individuos que permanecen reunidos un tiempo más o menos largo, durante el cual intercambian parte de la sustancia cromática de sus núcleos. En otros casos la reproducción sexual se parece ya a la verdadera *fecundación* propia de los animales Metazoos (página 79), puesto que dos células o *gametos* (gr. *gametes*, esposos), se reúnen y fusionan sus núcleos y protoplasmas, originando una célula única, llamada *huevo* o *zigoto.*

Enquistamiento.—La mayor parte de los Protozoos gozan de la propiedad de *enquistarse*, es decir, de reducirse de tamaño y de rodearse de una o más membranas quitinosas, ya cuando las condiciones del medio son desfavorables para su vida (como, por ejemplo, cuando se desecan los charcos, etc., en que viven algunas especies); ya para digerir una presa voluminosa en exceso; ya, por fin, para reproducirse por esporulación: en todos estos casos el quiste se rompe cuando cesan las causas que motivaron su formación.

Habitación.—Los Protozoos se hallan allí donde encuentran la indispensable humedad para su vida. En los charcos, en las corrientes de agua, en la misma tierra húmeda se agitan y bullen por miriadas, especialmente en donde existen materias orgánicas en descomposición.

No todos los Protozoarios son libres; muchos de ellos son parásitos·

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Infinidad de especies atacan al hombre. Basta citar como comprobación a lo dicho el paludismo, la enfermedad del sueño, la disentería amebiana, el Kala-azar y tantas otras en que el agente productor es un Protozoario.

Clasificación.—Los protozoos comprenden cuatro Clases:

Clase I. Sarcodarios.—Protozoos en que la membrana celular es muy tenue o falta completamente de modo tal, que el protoplasma puede deformarse para dar origen a la formación de *seudópodos*.

Clase II. Flagelados.—Éstos tienen pequeños latiguillos locomotores llamados *flagelos*, poco numerosos, merced a los cuales el animal se desplaza.

Clase III. Esporozoarios.—Son Protozoarios esencialmente parásitos, que carecen de elementos de locomoción, en la mayor parte de su vida, siquiera pueden presentar flagelos o pseudópodos en alguna de las fases tempranas de su existencia. La reproducción en estos seres es muy complicada, originando infinidad de gérmenes que en algún momento se multiplican por el procedimiento de la *esporulación*, debiéndose a esta circunstancia precisamente el nombre de Esporozoarios.

Clase IV. Infusorios.—Tienen los Infusorios su cuerpo recubierto de infinidad de diminutos apéndices conocidos con el nombre de *cilios* o *pestañas vibrátiles*.

CLASE SARCODARIOS

Se llaman también *Rizópodos*. Son Protozoos muy sencillos, con un protoplasma dividido en una porción externa o *ectoplasma*, que es hialina, y otra porción central o *endoplasma*, que es granulosa y más oscura. Como su membrana o es muy delgada o falta completamente, se forman de continuo seudópodos, que son elementos locomotores transitorios sin forma ni posición definida.

La forma, el aspecto y la disposición de los seudópodos varían mucho en los distintos grupos de Sarcodarios, dependiendo esto, sobre todo, de la estructura del protoplasma y de las condiciones del medio ambiente en el que el protozoo desenvuelve su actividad.

Los distintos grupos de Sarcodarios se diferencian por la forma de sus seudópodos y porque en algunos (Radiolarios) el ectoplasma está se-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

parado del endoplasma por una membrana o cápsula membranosa perforada que se llama *cápsula central.*

Amébidos.—Sus seudópodos son lobulados o *lobópodos*, y no anastomosables *(fig. 350)*.

Los más conocidos del grupo son las amibas o amebas, que viven en las aguas dulces y en el mar, existiendo formas que se adaptan a vivir en la tierra húmeda, como el *Amœba terrícola*. Entre los más frecuentes mencionaremos la *Amœba proteus*, con un gran número de seudópodos, y la *Amœba limax*, que no tiene más que uno, situada en su parte anterior.

El género *Entamœba* encierra la mayor parte de las especies parásitas del grupo de las amibas. En el hombre viven algunas de ellas, entre las que citaremos la *Entamœba coli (fig. 350)*, que vive en el intestino grueso, en el que, según parece, no causa daño alguno, contra lo que primero se supuso. Vive saprofíticamente, buscando su alimento en las partículas alimenticias a medio digerir y en las bacterias que tanto abundan en esta parte del tubo digestivo.

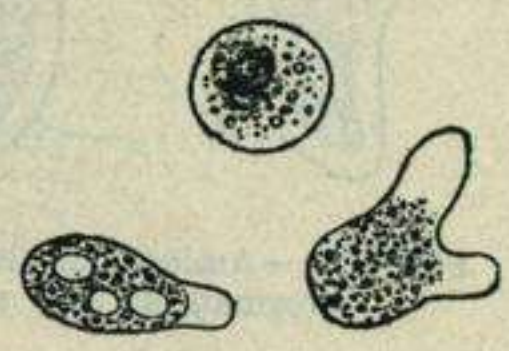


Fig. 350.—*Amœba coli.*

Entre las que producen graves afecciones mencionaremos la *Entamœba hystolytica* (actualmente sinónimo de *Entamœba dysenteriæ* y de *Entamœba tetragena)*. Este parásito *(fig. 351)* ataca principalmente a las razas que habitan los países tropicales, siendo el agente patógeno de la enfermedad conocida con la denominación de *disentería tropical amebiana*. Las lesiones más considerables las producen en el intestino grueso y, sobre todo, en el apéndice vermicular, en el que pueden llegar a producir una extensa destrucción de sus tejidos. En el intestino delgado produce úlceras. Estos parásitos se los ha llegado a encontrar en el hígado.

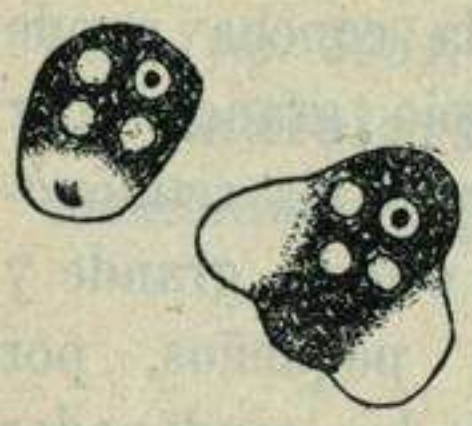


Fig. 351.—*Entamœba dysenteriæ.*

Este Protozoario, al llegar el momento de la reproducción, se enquista, y su núcleo se divide en cuatro, alrededor de cada uno de los cuales se produce una nueva célula.

La disentería amebiana ha sido señalada en las regiones calurosas de los climas templados, y así se la ha registrado en varios puntos de Andalucía.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En el intestino de la cucaracha es frecuente la *Entamœba blatæ (figura 352)* y la *Entamœba ranæ* en el de la rana.

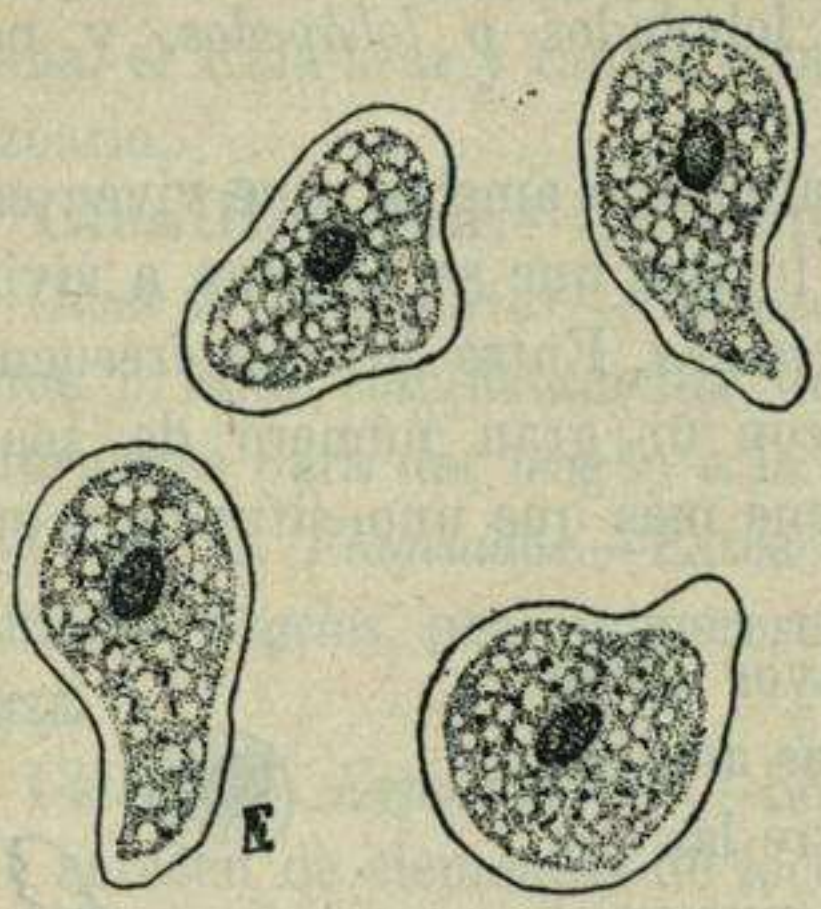


Fig. 352.—Amibas de la cucaracha, que forman un solo seudópodo.

Quizá la ameba más frecuente en el intestino humano es el *Pseudolimax Wenyoni*, que no parece ser patógeno. El cerdo parece ser el huésped habitual de este Amébido.



Fig. 353.—*Difflúgia oblónga* (según Stein); *p*, seudópodos: *n*, núcleo.

Algunos Amébidos se protegen por una cubierta formada por partículas de naturaleza diversa, como les sucede a las especies de *Difflugia (fig. 353)*.

Foraminíferos.—Están protegidos por un caparazón de naturaleza quitinosa o calcárea, y aun a veces formado por la agregación de partículas muy heterogéneas. El caparazón puede constar de una sola cavidad *(Monotálamos) (fig. 354)* o de varias *(Politálamos) (fig. 355)*; y en ambos casos la concha puede poseer un solo orificio grande, por donde el animal emite los seudópodos *(fig. 354)*, o un orificio grande y numerosos orificios pequeños, por donde emite también los seudópodos *(figura 357)*; los primeros se denominan *imperforados*, y los segundos *perforados:* los seudópodos son siempre filiformes y anastomosables. Los Foraminíferos se alimentan preferentemente de diatomeas (*) de otros Protozoos y hasta de pequeños animales pluricelulares, que capturan con sus largos y delgados seudópodos. Entre los *Foraminíferos* imperfo-

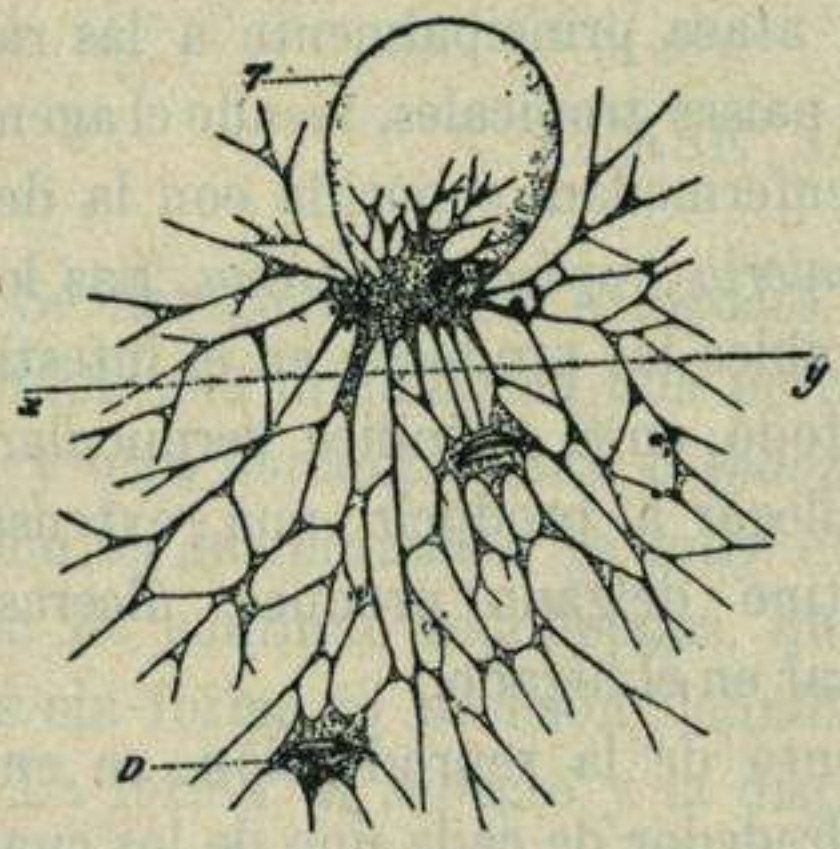


Fig. 354.—*Grómia fluviatilis* (s. Le Dantec). *T*, caparazón; *D*, diatomea capturada.

(*) Véase pág. 594 y también *Botánica* 5.ª, edición, por O. Cendrero, pág. 60.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rados se encuentra la *Grómia fluviátilis (fig. 354)*, de concha ovoidea y quitinosa, etc. Entre los perforados se hallan los géneros *Rotália (figu-*

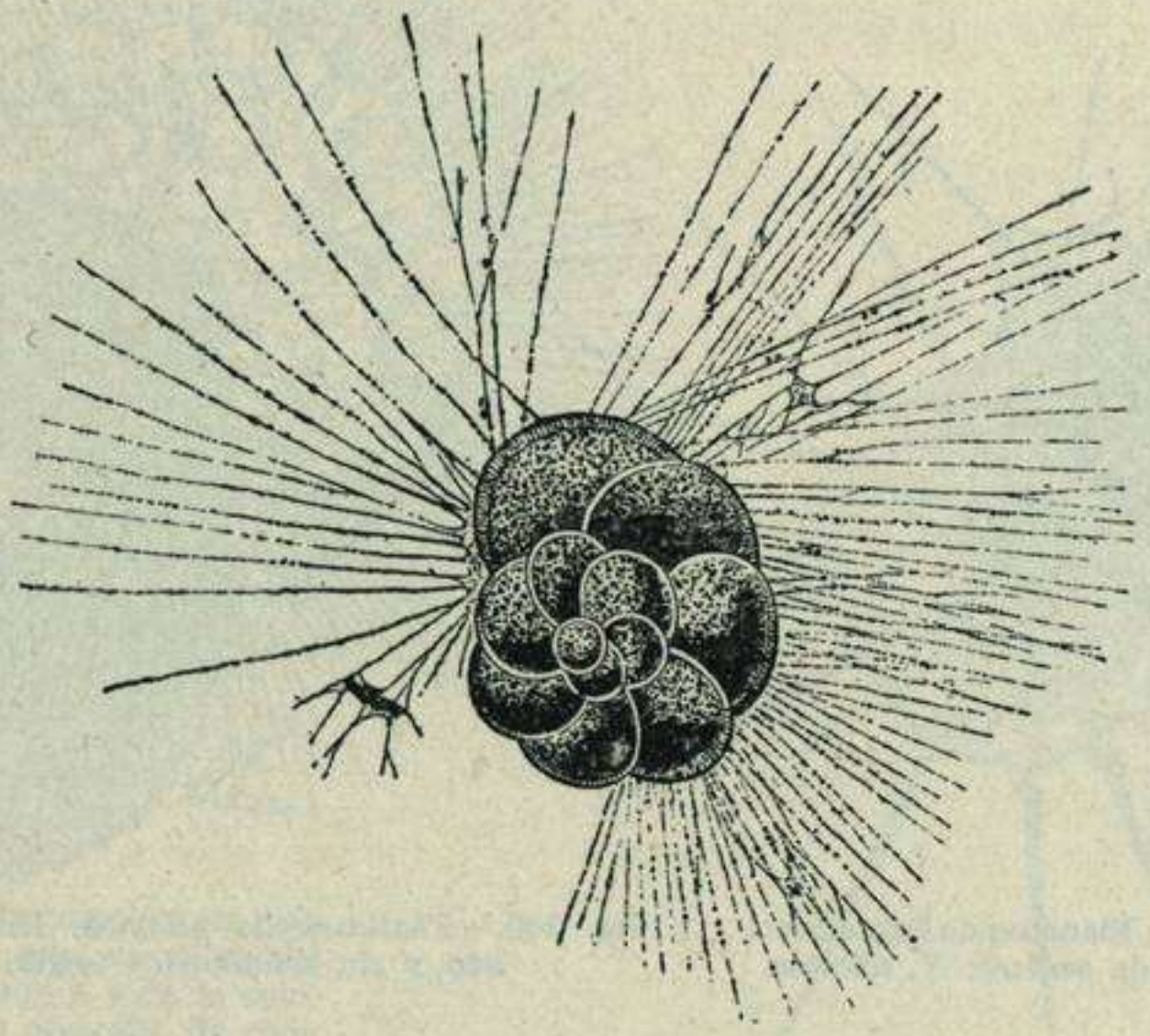


Fig. 355.—*Rotália véneta* (según Schultze).

ra 355), *Globigerina (figs. 309* y *356)*, *Textulária (fig. 357)* y *Nummulites (fig. 358)*, que son fósiles.

Radiolarios.—Se caracterizan por poseer una *cápsula central* membranosa y perforada que divide el protoplasma en dos regiones *(figu-*

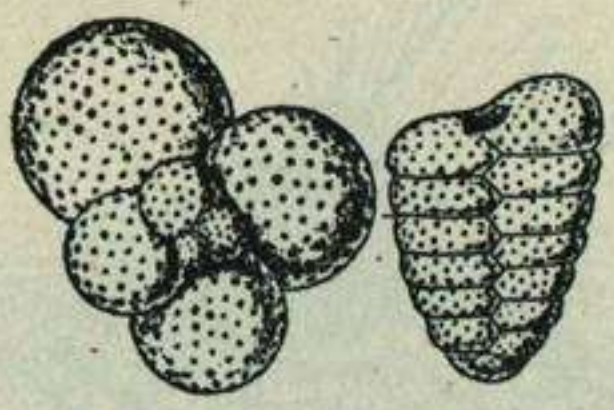


Fig. 356. Fig. 357
Caparazones de *Globigerina* y *Textularia*.



Fig. 358.—*Nummulites*. Foraminífero fósil del Eoceno.

ras 229 y *359)*. Sus seudópodos son largos, delgados y anastomosables. Todos son marinos. Algunos carecen de esqueleto, como el género *Thallassicólla (fig. 360)*, pero ordinariamente poseen esqueleto silíceo o de sul-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

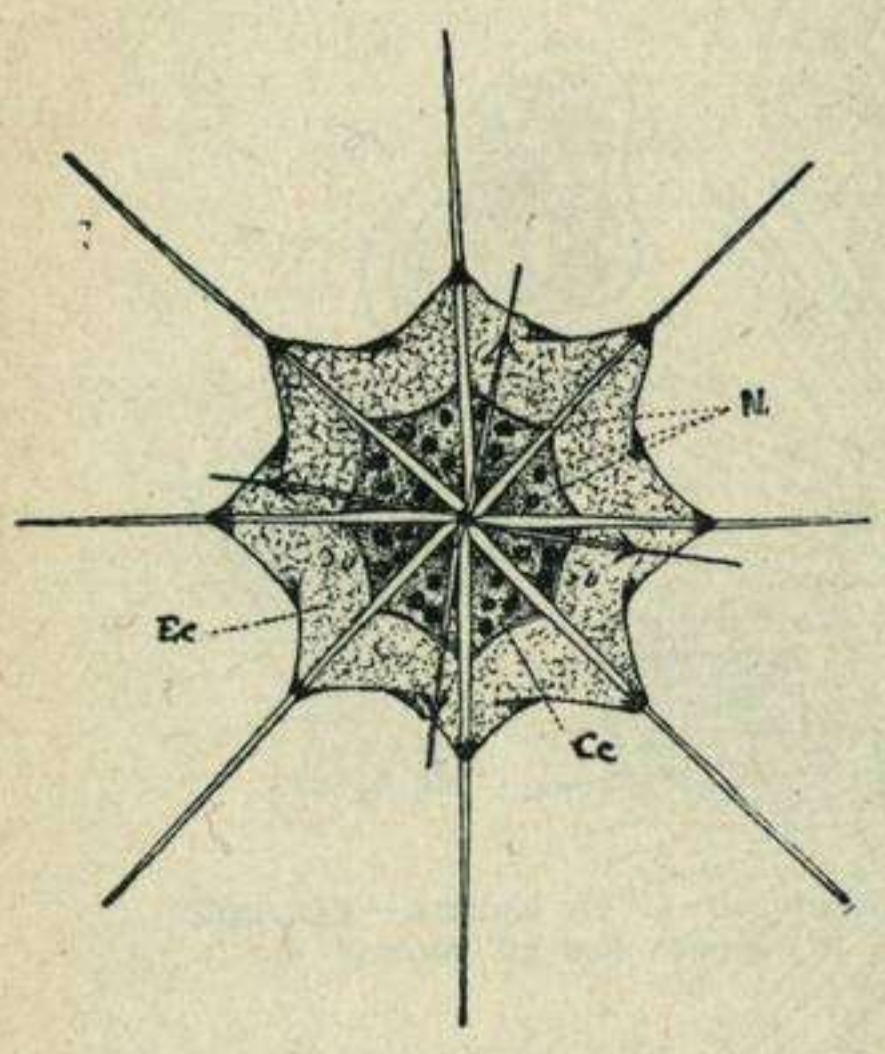


Fig. 359.—*Acanthométrido*. Plancton de Santander *Ec*, ectoplasma; *Cc*, cápsula central; *N*, núcleos.

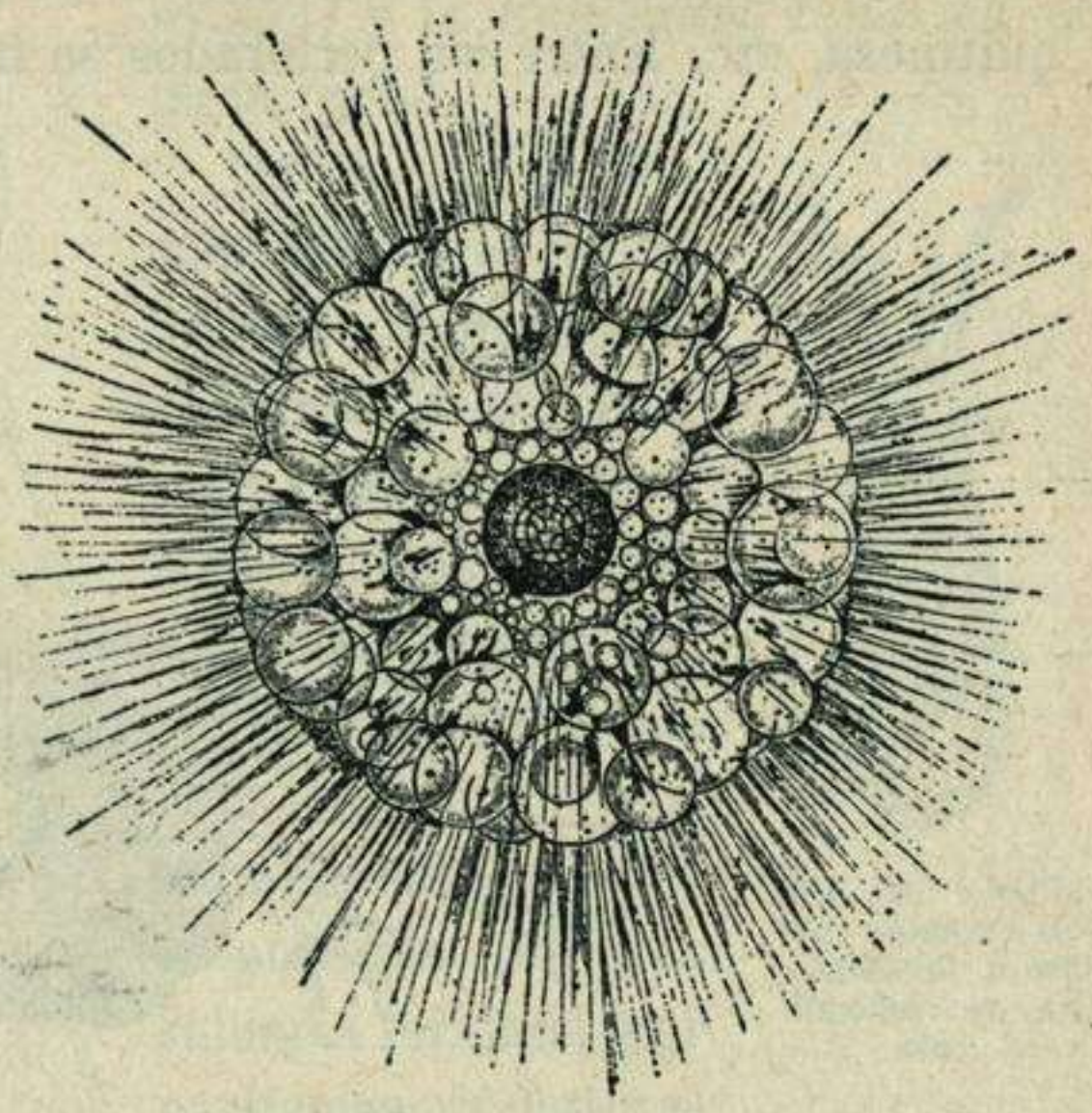


Fig. 360.—*Thallassícólla pelágica*. Radiolario sin esqueleto y sin seudópodos (según Haeckel).

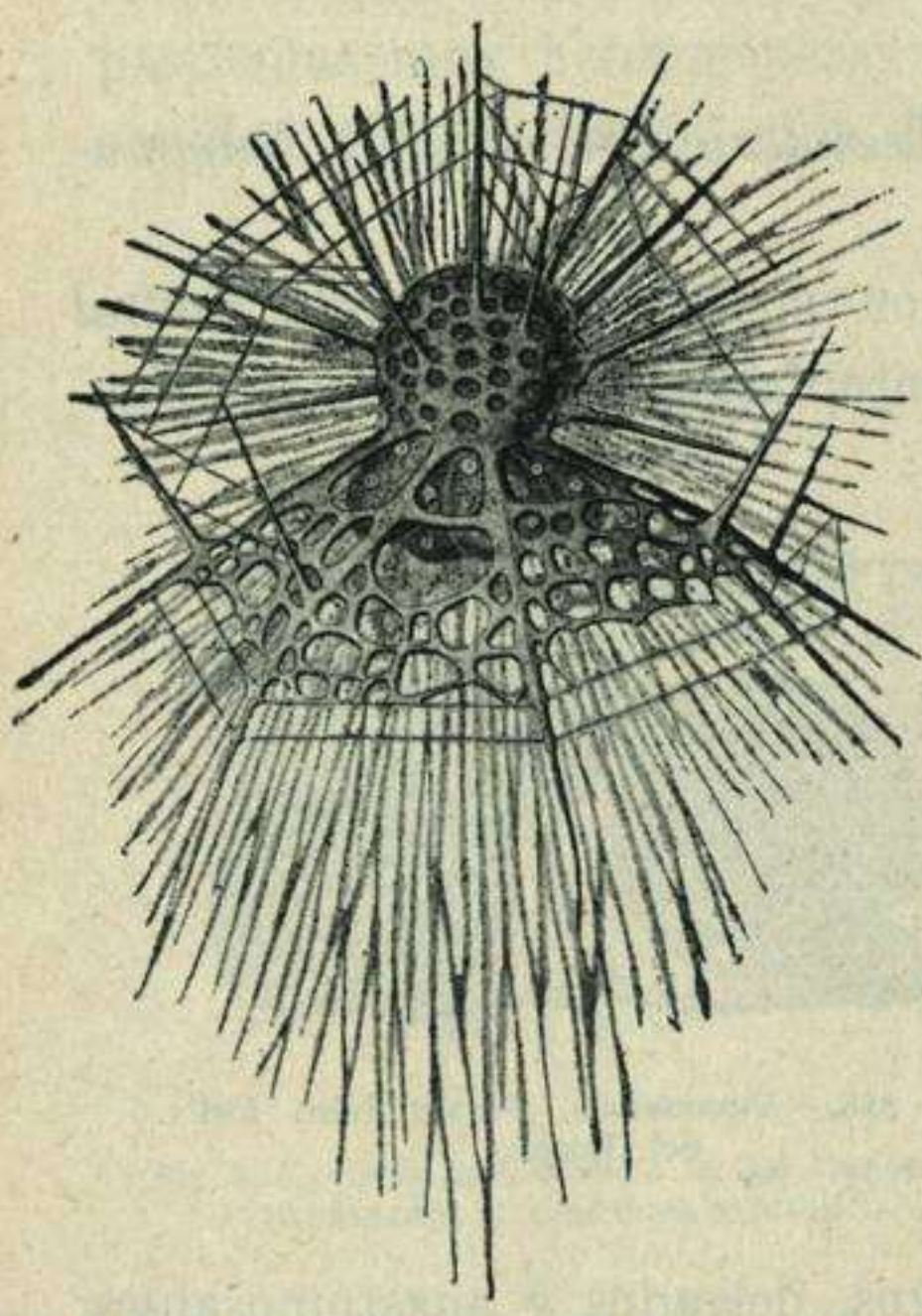


Fig .361.—*Arachnócorys circumtéxta*. Radiolario con esqueleto y seudópodos. (Según Haeckel.)

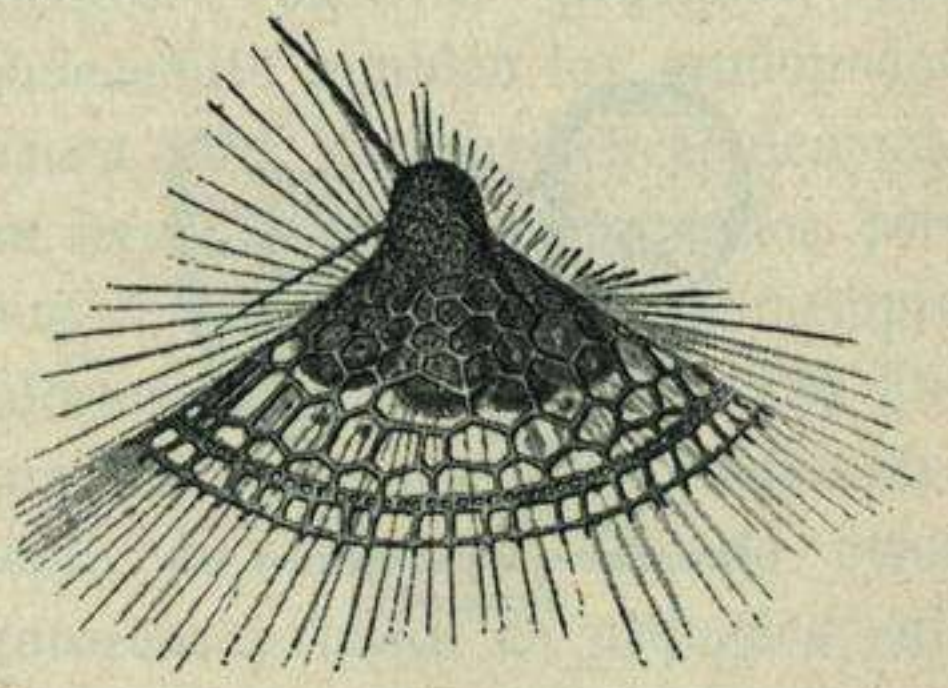


Fig. 362.—*Encecryphalus Gegenbáuri*. Radiolario provisto de esqueleto y emitiendo seudópodos (s. Haeckel).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fato de estroncio, de formas sumamente caprichosas *(figs. 361* y *362)*. Algunos *Radiolarios* son coloniales, como el género *Collozóum (fig. 363)*; etcétera.

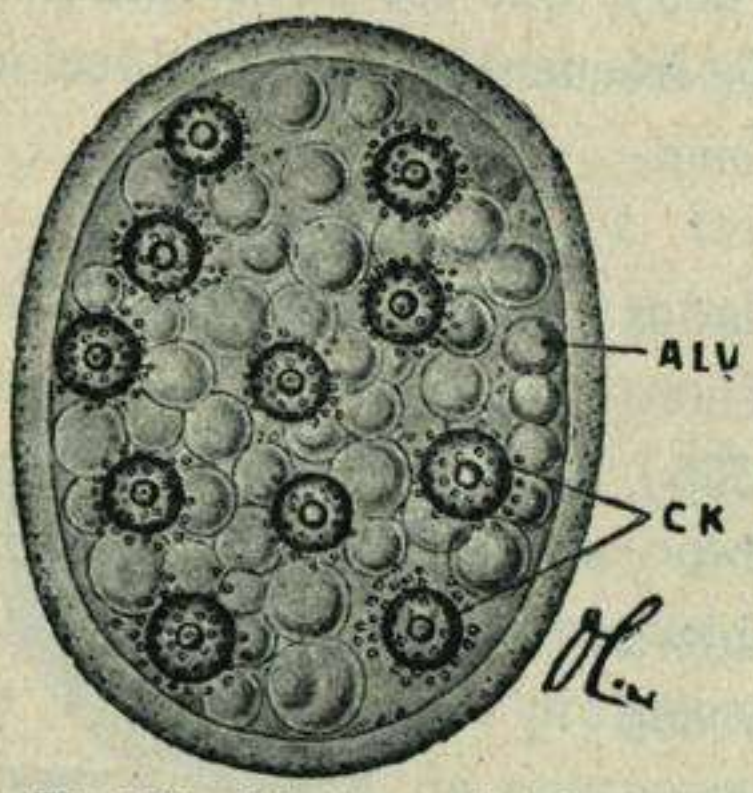


Fig. 363.—Colonia completa de *Collozóum inérme; alv*, vacuolas del protoplasma común a toda la colonia; *ck*, cápsulas centrales de cada uno de los individuos que componen la colonia (s. O. Butschli).

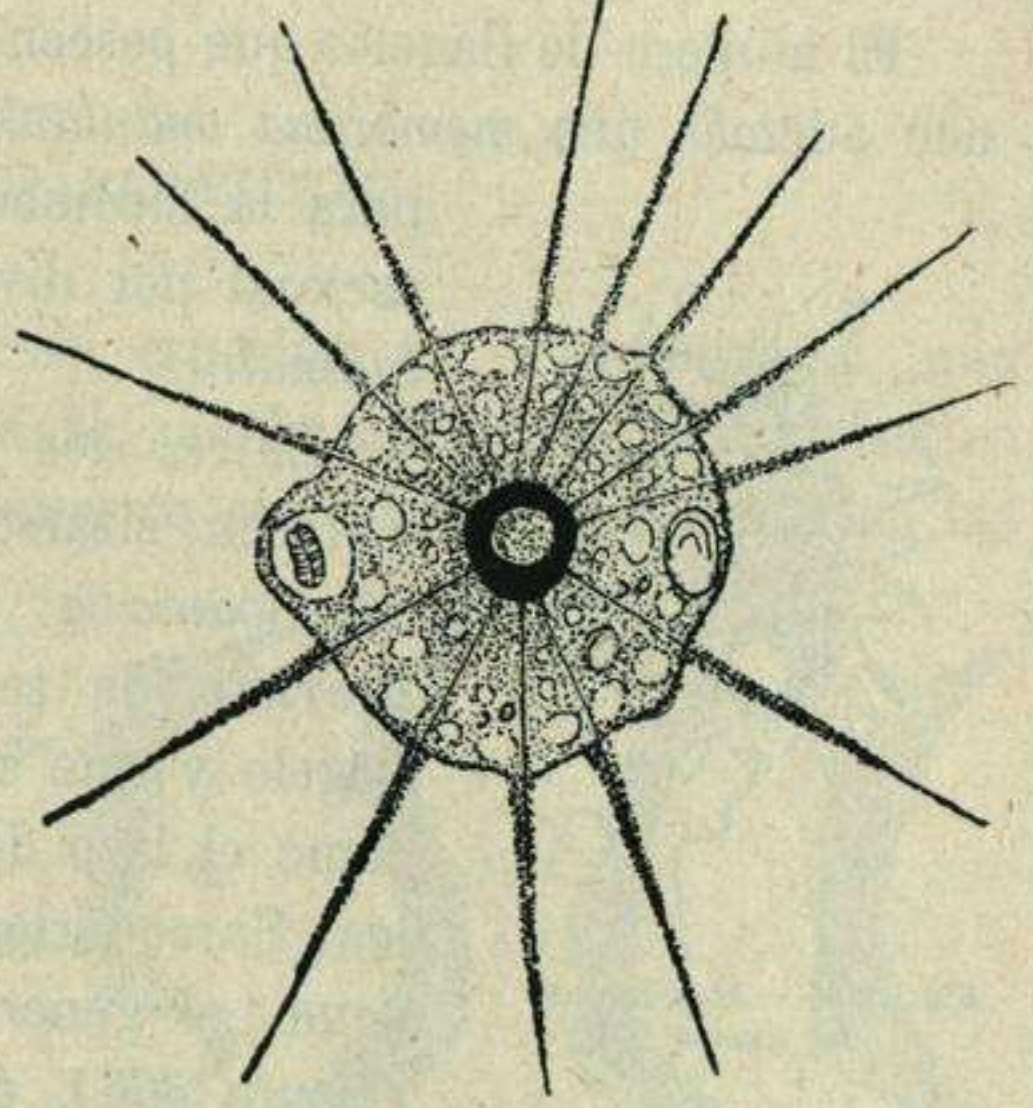


Fig. 364.—*Actinophrys sol*. Aguas dulces de Madrid.

Heliozoarios.—Los Heliozoarios tienen axópodos, o sea seudópodos con un eje central. La mayoría viven en las aguas dulces, como los *Actinosphærium*, *Actinophrys (fig. 364)*, *Acanthocystis*, etc., y muy pocas especies son marinas.

CLASE FLAGELADOS

Según se dijo (pág. 286), los Protozoos incluídos en esta Clase se caracterizan porque poseen *flagelos*, por lo menos en estado adulto. Los restantes caracteres varían mucho de unas especies a otras, pues mientras hay algunas que carecen de membrana y emiten seudópodos lobulados como los Amébidos *(fig. 365)*, otros están provistos de un caparazón o gruesa membrana, que a veces es *celulósica* como la de los vegetales *(figura 368)*; por estas razones, y teniendo además en cuenta que algunos Rizópodos presentan en su evolución formas de transición o zoosporas pro-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vistas de flagelos, Doflein (*) y otros varios autores modernos consideran a los Flagelados como los Protozoos más sencillos y los estudian a la cabeza de éstos por servir de enlace o transición entre las Algas o las Bacteriáceas y los restantes Protozoos.

El número de flagelos que poseen es muy variable: algunas veces tienen además una *membrana ondulante (fig. 369)*, que les sirve también para la locomoción. Es frecuente la reproducción asexual por división *longitudinal*.

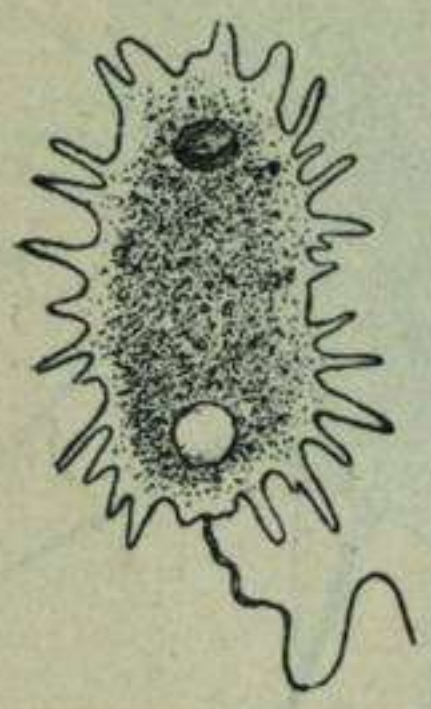


Fig. 365.—*Mastigamœba áspera.*

Entre los Flagelados merecen citarse el género *Mastigamœba (fig. 365)*, provisto de seudópodos y flagelo y que se considera como el lazo de unión con los Sarcodarios. Algunos, como el género *Noctilúca (figura 366)*, son fosforescentes. Son notables por poseer un collar de protoplasma hialino en forma de embudo y rodeando el flagelo, los que por esto son llamados *coanoflagelados* (gr. *khoanos*, embudo), como los *Codonocládium (figura 367)*, que son de aguas dulces y viven

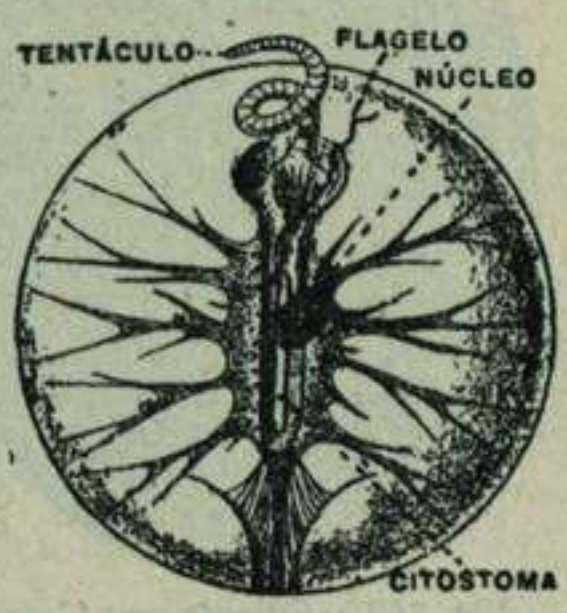


Fig. 366.—*Noctilúca miliáris.*

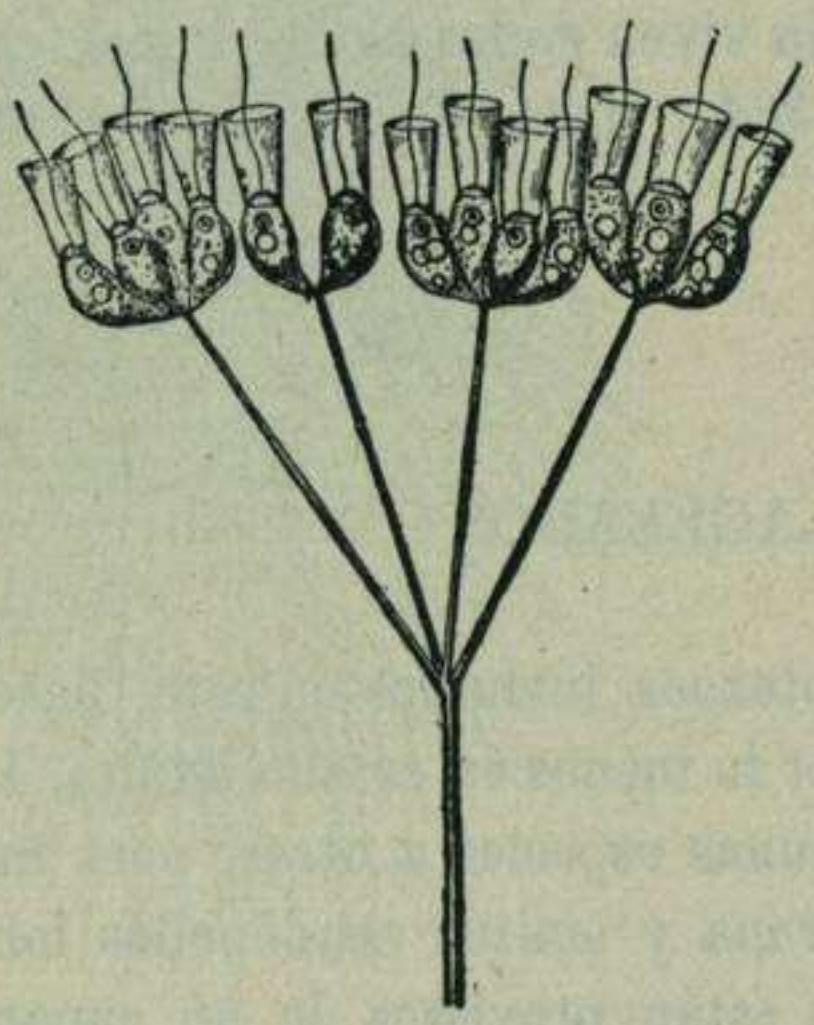


Fig. 367.—*Codonocládium. umbellatum* coanoflagelado.

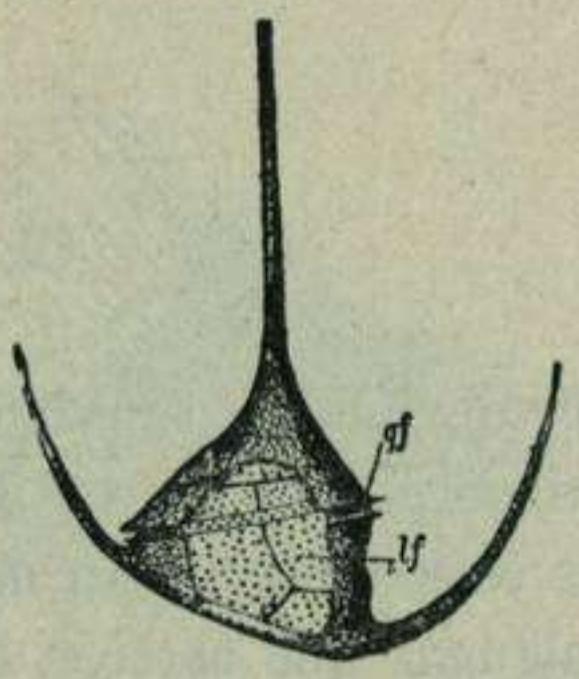


Fig. 368.—Membrana celulósica de *Cerátium Tripos*, flagelado marino con clorofila (según Stein).

(*) *Doflein*. Naturalista alemán contemporáneo; catedrático de Zoología de la Universidad de Friburgo y director del Instituto de Zoología de la misma población. Es una de las primeras autoridades en Protozoología.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en colonias arborescentes. Los Dinoflagelados *(fig. 368)*, que son de aguas saladas y dulces, poseen membrana celulósica y clorofila, enmascarada ésta por un pigmento pardo; esta clorofila les permite elaborar hidratos de carbono como a los vegetales.

FLAGELADOS PARÁSITOS

Trypanosomas.—De las diversas especies de *Trypanosoma* que en el hombre viven, la más importante, por la mortandad que causa, es el *Trypanosoma gambiense*, cuyos funestos efectos se dejan sentir en las regiones tropicales de África, extendiéndose hasta las posesiones españolas de Fernando Póo y Guinea. Estos protozoarios *(fig. 369)* son de cuerpo alargado, con un extremo redondeado y el otro aguzado. Llevan una membrana *(m)* que bordea su cuerpo sinuoso, en el borde de la cual existe un flagelo, que queda libre en el extremo aguzado *(fl)*.

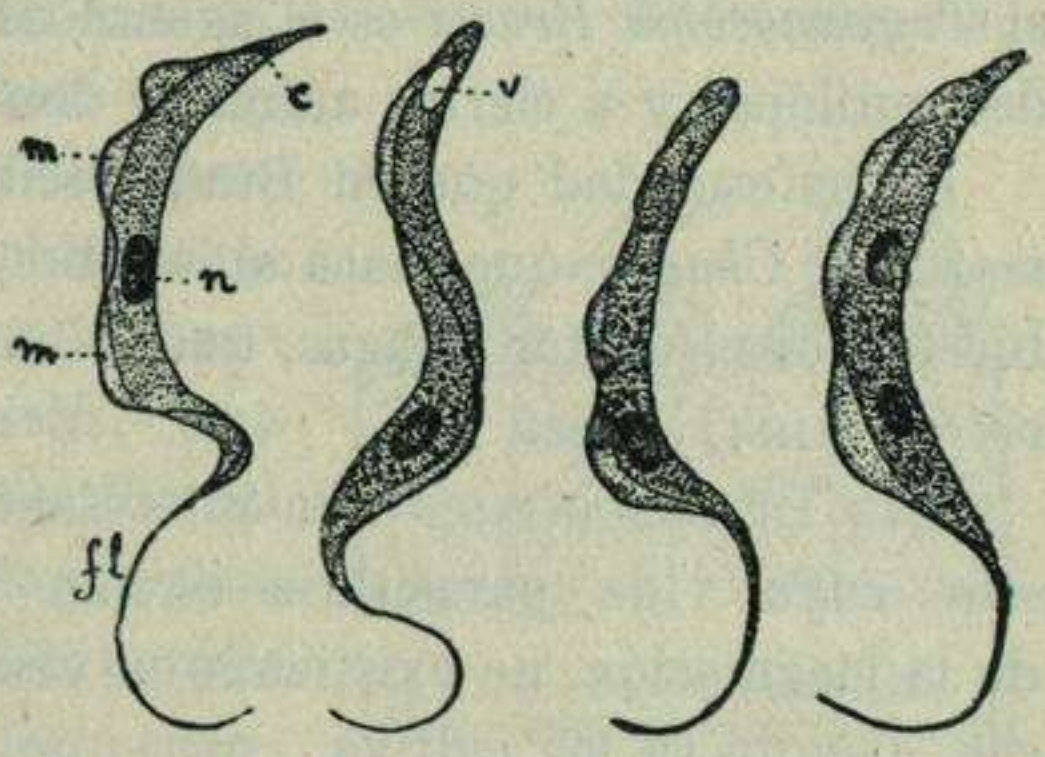


Fig. 369.—Distintos aspectos del *Trypanosoma gambiense* (según Laveran).

Los *Trypanosoma* nadan en el plasma sanguíneo, nutriéndose por ósmosis de las sustancias nutritivas que aquél contiene.

Este *Trypanosoma* llega al hombre por la inoculación de las especies del género *Glossina*, de las que las más conocidas son la *Glossina palpalis* y *Glossina morsitans*, denominadas moscas tsé-tsé por los indígenas de algunas regiones de África ecuatorial.

Estos Dípteros pican al hombre durante el día y rara vez durante la noche. Al picar introducen el parásito en el torrente circulatorio, en donde habita durante algunos meses y aun años, produciendo manifestaciones febriles y ligeras somnolencias. Después de este período, el parásito pasa al líquido cefalorraquídeo, produciendo graves perturbaciones en los centros nerviosos, provocando una invencible somnolencia y un estado febril muy irregular que va en progresivo aumento hasta el término fatal que esta enfermedad tiene.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Durante cierto tiempo se creyó que las razas blancas eran respetadas por esta dolencia; pero después se ha visto que también la padecen, aunque su receptividad es mucho menor que en los individuos de raza negra.

Los estragos producidos por el *Trypanosoma* son tan considerables, que a ellos se debe la continua y creciente despoblación de los territorios de África Occidental, en donde la enfermedad es endémica.

En diversos Mamíferos se ha reconocido la existencia de otras especies de *Trypanosoma*. La *surra*, enfermedad de los animales domésticos, es producida por el *Trypanosoma Evansi;* la llamada *durina* o mal del coito del ganado caballar, está originada por el *Trypanosoma equiperdum*, y el *Trypanosoma Brucei* es el agente de la *nagana*, que ataca a los grandes antílopes y a ciertos animales domésticos, sobre todo a los caballos.

La enfermedad que en Brasil recibe el nombre de *opilacao* o *enfermedad de Chagas*, que ataca al hombre, se debe a un *Trypanosoma* descubierto por el doctor Chagas, que le ha denominado *Trypanosoma (Schizotrypanum) Cruzi*.

Las Leishmanias.—Son interesantes las especies del género *Leishmania* cuya vida parasitaria es tan intensa que pierden los órganos de la locomoción, no existiendo ni vestigios de flagelos, que sólo adquieren cuando se los cultiva.

A diferencia de los *Trypanosoma*, son intracelulares, viviendo en las células de órganos tan importantes como el bazo, el hígado y la médula de los huesos *(fig. 370)*.

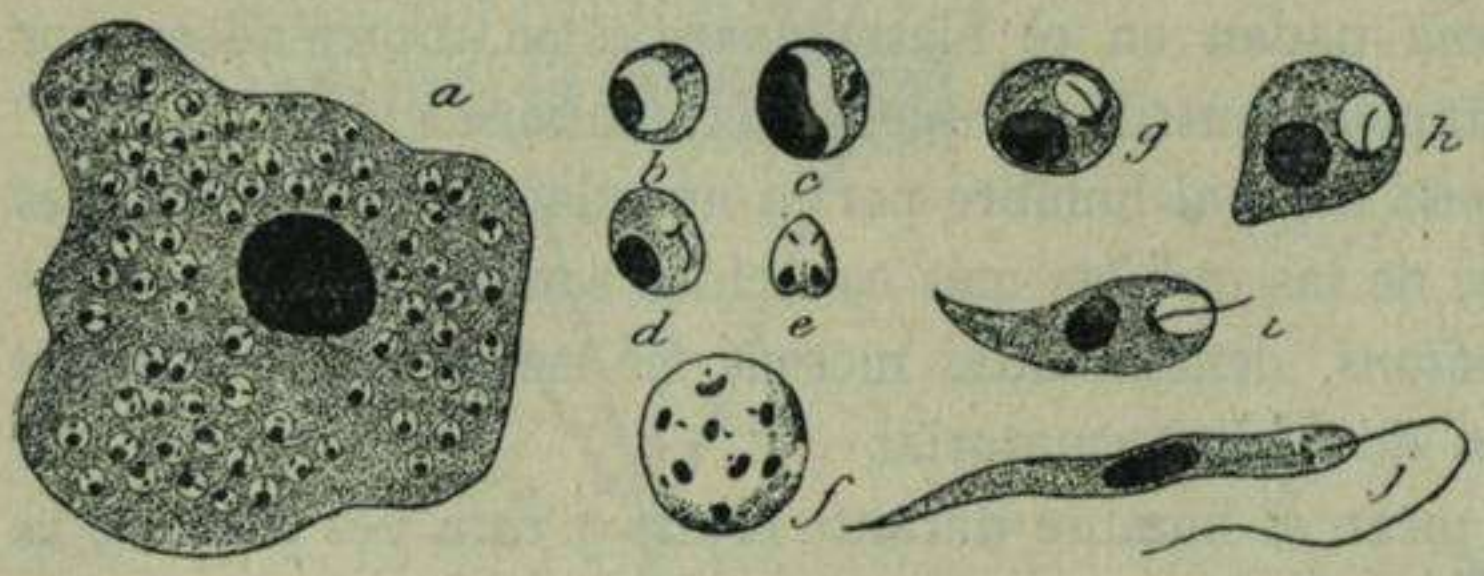


Fig. 370.—*Leishmania Donovani.*—*a*, en el interior de un gran leucocito; *i*, *j*, en cultivo (según Guiart).

Las *Leishmania trópica* produce una enfermedad de la piel que ha recibido los nombres de *llaga* o *botón de Oriente* o *de Alepo*, *forúnculo de Delhi*, etc., que aparece como una úlcera o llaga circular muy dolorosa y molesta.

La *Leishmania Donovani* es el agente de la enfermedad conocida con el nombre de *kal-azar*, fiebre *dum-dum* o *leishmanosis tropical*. El

Instituto San Isidro de Madrid 2008

parásito se aloja en las células del endotelio de los vasos del hígado y del bazo. Esta enfermedad causa estragos en toda la costa sur de Asia y en la costa oriental de África.

La *Leishmania infantum*, que ataca al perro, y que en ocasiones se presenta en los niños, se transmite por intermedio de las pulgas, que son las inoculadoras del parásito. Esta enfermedad tiene algunas semejanzas con el kal-azar, a lo que debe el nombre de *kal-azar infantil* o *leishmamosis esplénica infantil*. En Andalucía se la conoce con el nombre vulgar de *mal del bazo*. Esta enfermedad se encuentra en todos los países circunmediterráneos, habiéndose señalado por primera vez en España por los doctores Pittaluga y Vilá.

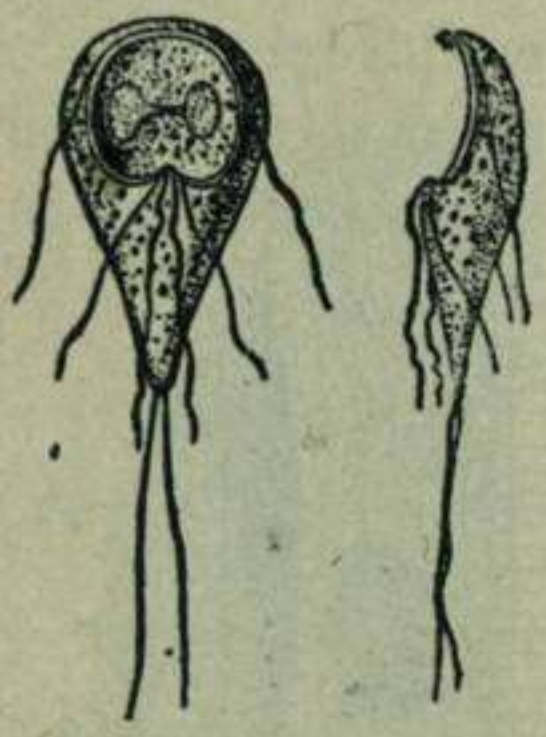


Fig. 371.—*Lamblia intestinalis* (s. Grasi y Schevioket).

OTROS FLAGELADOS PARÁSITOS—Entre las más notables formas parásitas de Flagelados provistos de muchos flagelos, citaremos la *Lamblia intestinalis*, que vive en el intestino del hombre y de muchos mamíferos. Este parásito sólo es molesto cuando se encuentra en gran cantidad, produciendo entonces una pertinaz disentería *(figs. 371* y *372)*.

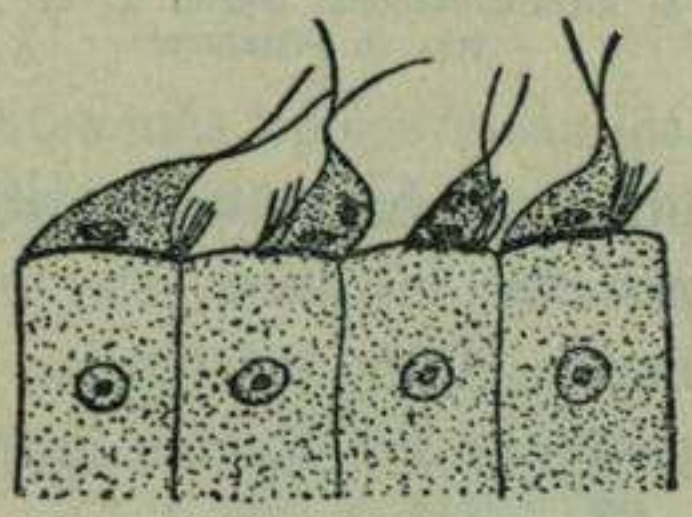


Fig. 372.—*Lamblia* adheridos al epitelio intestinal (según Fernández Galiano).

Entre las especies del género *Trichomonas* está el *Trichomonas hominis*, encontrado en las deyecciones humanas en ciertas formas de diarrea, y el *Trichomonas vaginalis*, que se encuentra en el mucus vaginal de la mujer *(fig. 373)*.

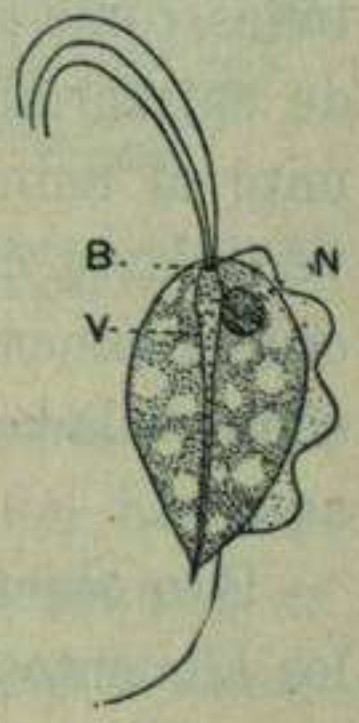


Fig. 373.— *Trichomonas* (s. Fernández Galiano).

LOS PROTOFLAGELADOS—En este grupo se incluyen algunos organismos de posición sistemática dudosa, que algunos autores estudian en el grupo de las bacterias y otros a la cabeza de los Flagelados.

Tienen su cuerpo espiral ondulado, que algunas veces está provisto de una membrana ondulante.

Los géneros más importantes son: *Spirochæta* y *Treponema*.

Diversas especies de *Spirochæta* producen enfermedades como la *fie-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bre recurrente y la de *las garrapatas*, transmitidas por diversas especies de Ácaros. En la saliva se encuentra la *Spirochæta dentium*, que es saprofítica.

El *Treponema pallidum* es el agente productor de la sífilis *(fig. 374)* (*).

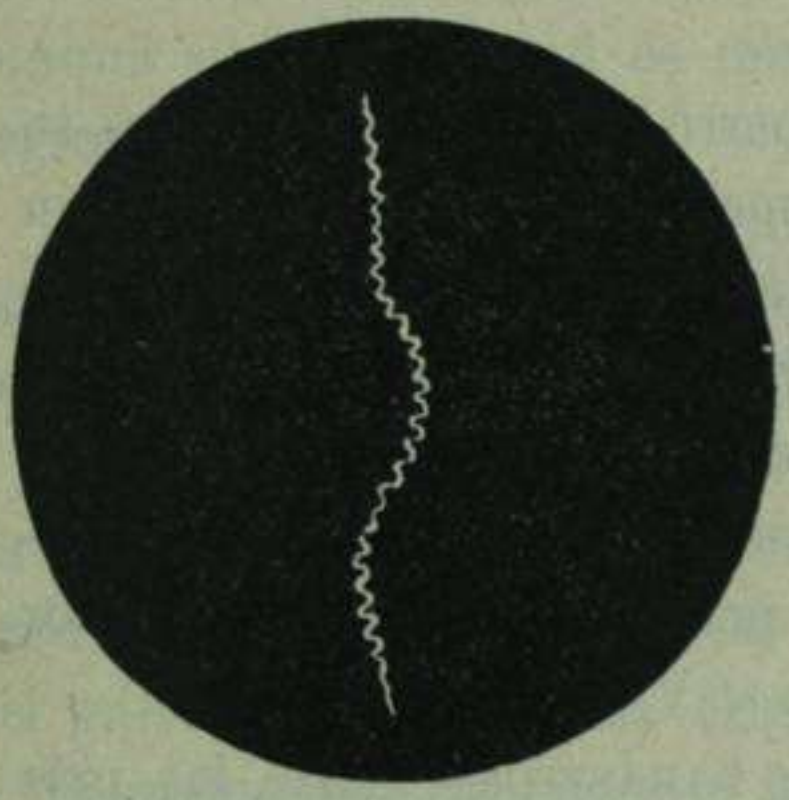


Fig. 374.—*Treponema Pallidum* visto al ultramicroscopio (según T. G. Perrin en Pittaluga).

CLASE INFUSORIOS

Los animales incluídos en este Tipo se caracterizan *(fig. 375)* porque su membrana es bastante consistente y poseen *pestañas vibrátiles*, en una fase, por lo menos, de su existencia. A veces varias pestañas se sueldan entre sí y originan unos órganos laminares que, según su forma y tamaño, se denominan *membranillas ondulantes*, si son pequeñas y triangulares, y *membranas ondulantes*, si son rectangulares y mayores. Tanto las pestañas como las membranas están dotadas de extraordinaria movilidad, lo que permite al animal desplazarse con rapidez vertiginosa en el medio en que vive, que ordinariamente es el agua, tanto dulce como salada, pero más frecuentemente aquélla.

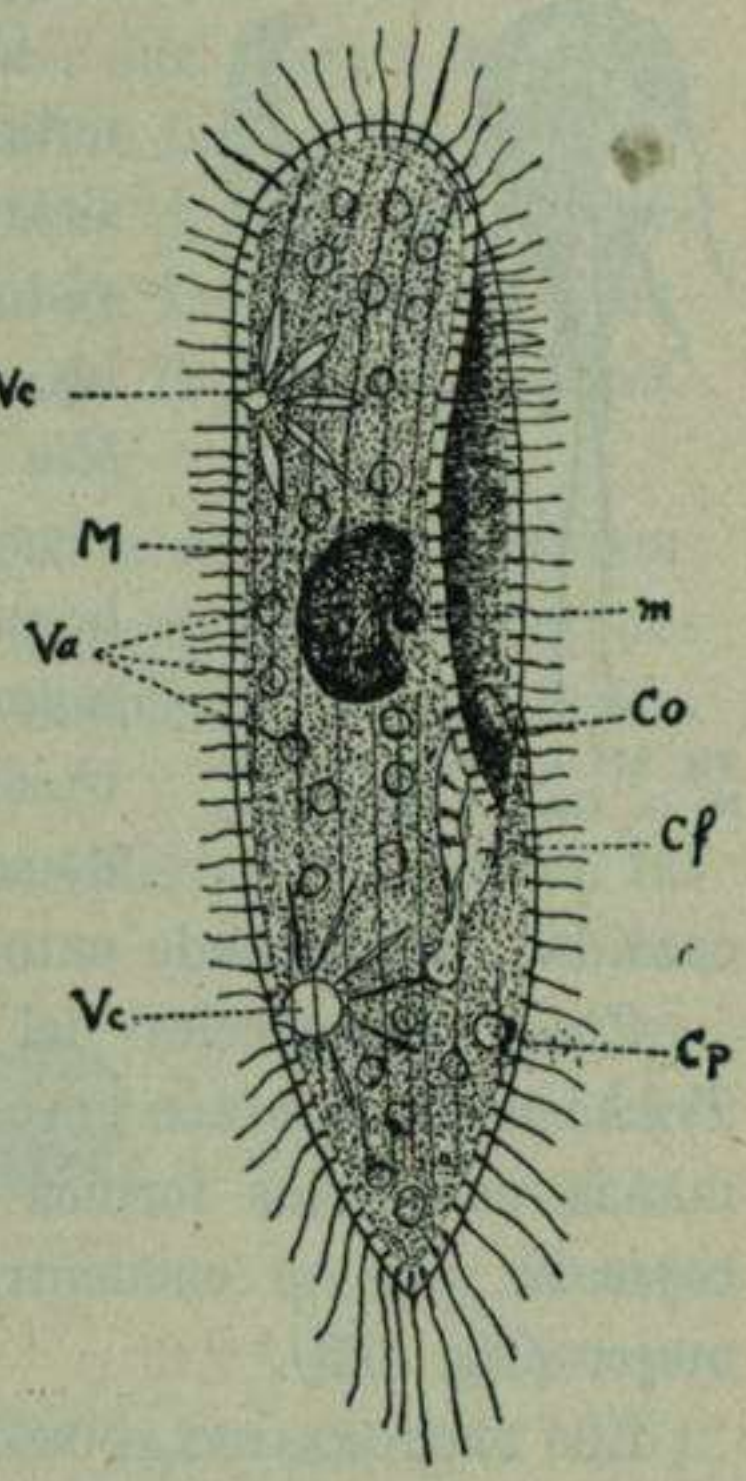


Fig. 375.—Esquema de un *Paramœcium* visto al microscopio con mucho aumento, como ejemplo de Infusorio.—*Co*, citostoma; *Cf*, citofaringe; *Cp*, citoprocto; M, macronúcleo; *m*, micronúcleo; *Va*, vacuola digestiva; *Vc*, vesícula contráctil.

Con objeto de que puedan penetrar los alimentos, la membrana celular posee una abertura constante denominada *citostoma* o boca celular *(fig. 375)*. Los productos no digeridos salen por

(*) Para más detalles y profilaxis de esta enfermedad, véase *Elementos de Higiene*, 8.ª ed., por O. Cendrero, pág. 98

Instituto San Isidro de Madrid 2008

una abertura constante denominada *citoprocto* o *ano celular*. Poseen una o varias *vesículas pulsátiles*. Merece mencionarse el hecho de que tienen más de un núcleo: en general, poseen un núcleo grande o *macronúcleo* y otro pequeño o *micronúcleo*, situado cerca de aquél. Los infusorios son los Protozoos que en mayor grado gozan de la facultad de enquistarse, encontrándose los quistes hasta en la hierba seca, por lo cual, para procurárselos en abundancia, basta colocar ésta en agua durante unas horas.

La *reproducción* se verifica asexual y sexualmente: la primera por división, ordinariamente transversal, y la segunda por *conjugación*, generalmente mediante fenómenos muy complicados, en cuyo detalle no es posible entrar.

Entre los Infusorios merecen citarse los *Paramœcium (figs. 375* y *376)*, que viven en las aguas dulces y son los que principalmente se observan en las infusiones de heno.

Entre los Infusorios parásitos más típicos están los *Balantidium*, de forma ovalada, que viven en la cavi-

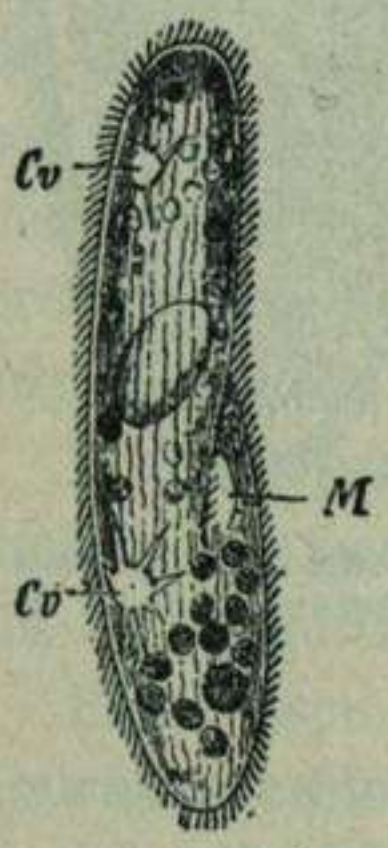


Fig. 376.-*Paramœcium aurelia*, *M*, citostoma; *Cv*, vesículas pulsátiles (s. Ehrenberg).



Fig. 377.—*Balantidium coli*.

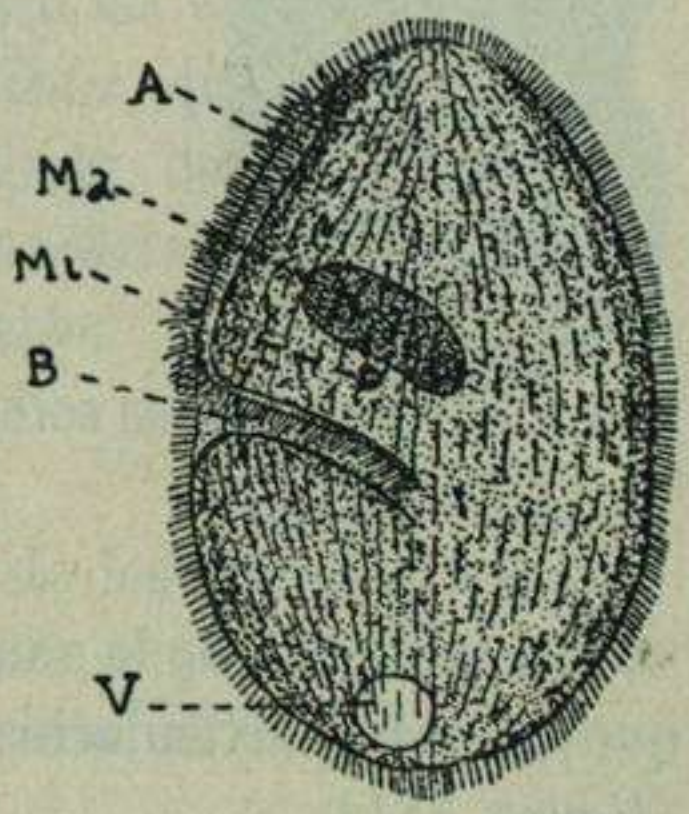


Fig. 378.—*Nyctotherus cordiformis* (según Fernández Galiano).

dad general de determinados Anélidos, en la cloaca de la rana y otros Anfibios, y el intestino de muchos mamíferos, entre ellos del hombre. Ciertas especies, como el *Balantidium coli (fig. 377)*, se encuentran en el intestino grueso del hombre, produciendo la llamada *disentería balantidiana*, afección frecuente, sobre todo, en América tropical (*).

Los *Nyctotherus* viven parásitos en muchos animales. En la cucaracha se aloja el *Nyctotherus ovalis;* en los anfibios, el *N. cordiformis (figu-*

(*) Para más detalles y profilaxis, véase *Elementos de Higiene*, 8.ª ed., por O. Cendrero, pág. 100

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ra 378), y en el hombre, el *Nyctotherus faba (fig. 379)*, del que no se conoce bien su acción patógena, aunque parece tener alguna influencia en ciertas afecciones, ya que su hallazgo ha coincidido con ciertas formas de diarrea y tifus.

Son muy curiosos ciertos géneros, como *Ophryoscolex (fig. 380)* y sus afines, que viven en la panza de los rumiantes, y que, lejos de ser perjudiciales, parecen contribuir en parte a la digestión de la celulosa.



Fig. 379.—*Nyctotherus faba* (según Schaudinn).

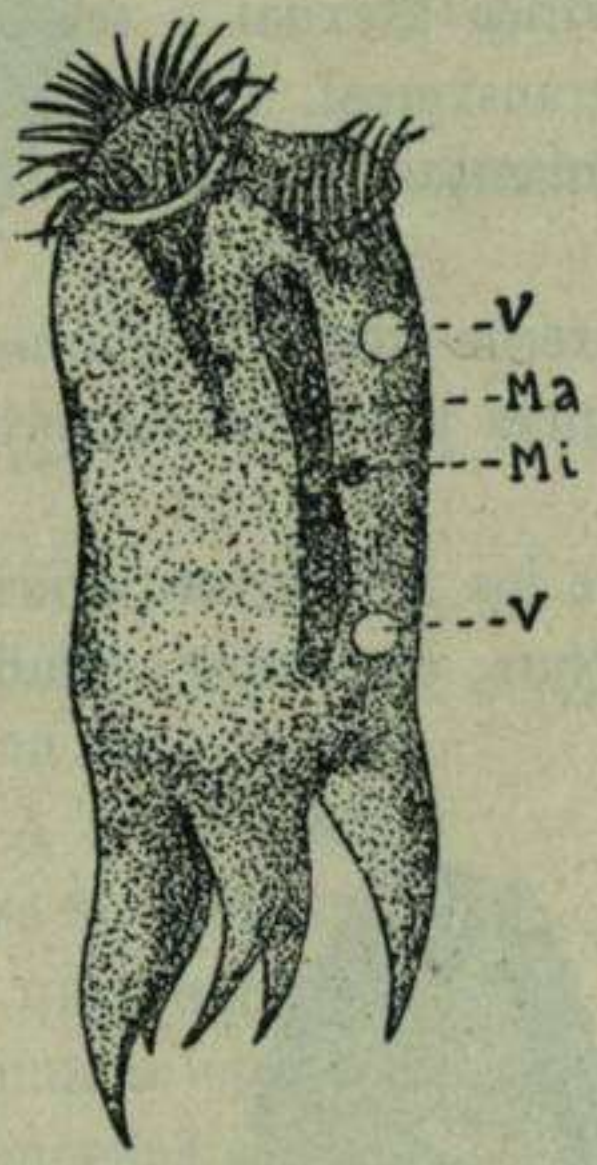


Fig. 380.—Un individuo del género *Ophryoscolex* (según Fernández Galiano).



Fig. 381.—*Opalina ranarum* (según Fernández Galiano).

En la cloaca de la rana es muy frecuente la especie *Opalina ranarum*, que tiene la particularidad de poseer un número considerable de núcleos *(figura 381)*.

CLASE ESPOROZOARIOS

Los Esporozoarios son Protozoos *parásitos*, por lo cual carecen de *apéndices locomotores*, que son inútiles, dado su género de vida. En alguna fase de su existencia pueden poseer flagelos o seudópodos, por lo que algunos autores los consideran como Sarcodarios o Flagelados degradados por el parasitismo.

La vida parasitaria es causa de que la reproducción ofrezca gran com-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

plejidad, produciéndose en algún momento un proceso de *esporulación*, es decir, fragmentando su cuerpo en un número considerable de pequeñas células denominadas *esporas*.

Los grupos más interesantes son las *Gregarinas*, los *Coccidios* y los *Hemosporidios*.

Gregarinas.—Son exclusivamente parásitos de los invertebrados, especialmente de los Artrópodos y algunos Gusanos. Entre las más frecuentes citaremos las especies del género *Gregarina* y *Stylorhynchus (fig. 382)*, que viven en el aparato digestivo de algunos insectos, la *Porospora gigantea* del intestino del homar, que mide más de un centímetro, y el *Monocystis* en las vesículas seminales de la lombriz de tierra.



Fig. 382.— *Stylorhyncus oligacánthus* (s. Stein).

Coccidios.—Son parásitos intracelulares que se alojan generalmente en las células epiteliales del intestino, en las del hígado, conductos biliares y otros órganos relacionados con el aparato digestivo de varios animales. Entre las especies más frecuentes señalaremos la *Eimeria Stiedæ*, que provoca en los conejos una afección del hígado denominada *coccidiosis hepática*, que en algunos casos ha sido encontrada en el hombre.

Hemosporidios.—Entre los Esporozoarios destacan los Hemosporidios por su interés patológico, ya que en ellos se incluyen los agentes del paludismo.

Estos Esporozoarios se alojan en el interior de los glóbulos rojos de los vertebrados o nadan, en algunas de sus fases, en el plasma sanguíneo. La inoculación se realiza por el huésped intermedio, el cual está representado por insectos del grupo de los Dípteros.

El *paludismo* es una enfermedad que se caracteriza por la intermitencia del acceso febril: se presenta en diferentes países de la Tierra, siendo respetadas por ella sólo las zonas frías y polares.

El litoral mediterráneo sufre intensamente esta enfermedad. Las tres penínsulas que del sur de Europa avanzan en las aguas del Mediterráneo la Ibérica, la Italiana y la Griega, soportan con inusitada intensidad el paludismo. En ellas se da el llamado ambiente palúdico; es decir, temperatura elevada, terrenos encharcados y la existencia en su fauna de los mosquitos del género *Anópheles*, que son precisamente los propagadores de la enfermedad.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Según la opinión muy generalmente aceptada, las formas del paludismo están producidas por tres especies del género *Plasmodium;* el *Plasmodium malariæ*, que origina la cuartana; el *Plasmodium vivax*, la terciana, y el *Plasmodium falciparum*, la perniciosa.

Cuando una hembra de *Anópheles* pica, introduce en la sangre humana, juntamente con su saliva cáustica, unos pequeños cuerpecillos alargados y fusiformes llamados *esporozoitos*, que después de permanecer algún tiempo en el plasma sanguíneo asaltan los glóbulos rojos, en donde toman el aspecto de corpúsculos amiboideos primero y redondeados después *(fig. 383, 2 y 3)*, que crecen a expensas del glóbulo rojo invadido.

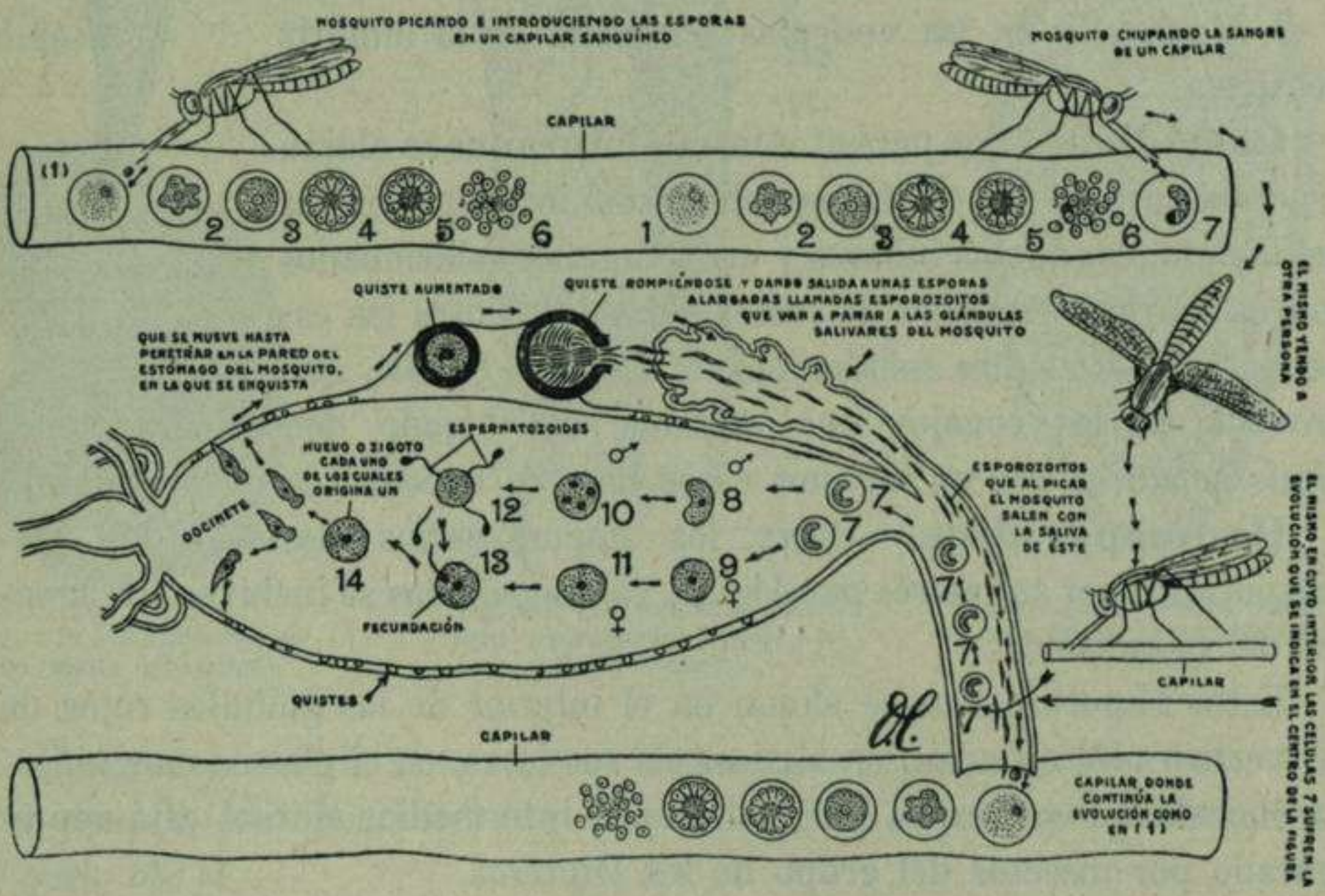


Fig. 383.—Esquema de la evolución del *Plasmodium malariæ;* de 1 a 6, ciclo esquizogónico; desde 7, ciclo esporogónico; 6, merozoitos. Sígase la numeración empezando por (1) de la parte superior y continuando la dirección de las flechas.

Durante esta fase de crecimiento se acumula en el protoplasma del glóbulo rojo una sustancia negruzca llamada melanina, que es el resultado de la desintegración de la hemoglobina.

Cuando el esporozoario alcanza su tamaño máximo, se divide, dando lugar a varias células que quedan en libertad, por ruptura del glóbulo en el que se alojaban, y que nadan en el plasma *(4, 5 y 6)*. Estos elementos, llamados *merozoitos*, invaden nuevos glóbulos rojos *(1)*, repi-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tiendo en ellos durante gran número de veces la evolución descrita (de *1 a 6)*.

De continuar este proceso, llamado *ciclo esquizogónico*, indefinidamente, pronto sería insuficiente la sangre del huésped para contener tanto parásito. Para salvar esta contingencia, el parásito pasa al cuerpo del *Anópheles*. Antes de que esto suceda, los parásitos *(7)* toman la forma de medias lunas *(8)*. Estos elementos semilunares no pueden continuar su evolución en el interior de la sangre humana, así es que para que ésta no se interrumpa es menester que pasen al estómago del mosquito, lo cual acontece cuando este insecto pica y al picar chupa la sangre de un individuo atacado de paludismo. Los jugos gástricos del mosquito digieren los glóbulos rojos y todas las fases del parásito que no sean éstas en forma de media luna.

Estos elementos siguen una evolución diferente: en tanto que unos *(9)* se redondean y aumentan de tamaño, dando lugar al llamado *macrogameto* o *elemento femenino (9* y *11)*, los otros se redondean también, pero sin alcanzar el tamaño de los primeros *(8* y *10)*, sus núcleos se fragmentan y se colocan periféricamente, produciéndose a su nivel unos filamentos *(12)* en forma de látigo que oficiarán como *elementos masculinos*, también llamados *microgametos (12)*.

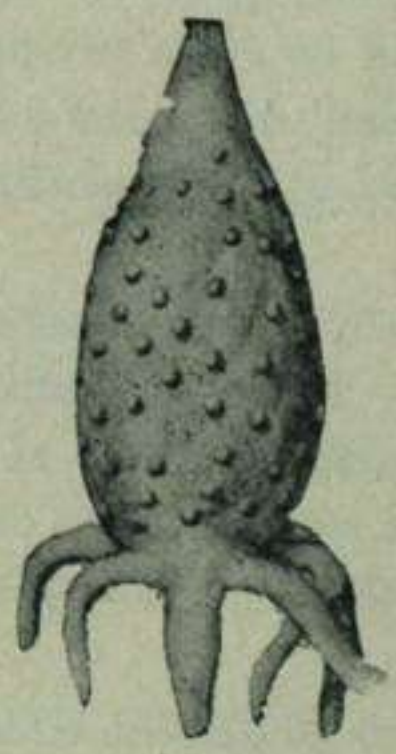


Fig. 384.—Estómago de mosquito en cuyas paredes se ven pequeños abultamientos que son los quistes donde se forman los esporozoitos.

Los gametos se conjugan *(13)* en el intestino del mosquito, y el *zigoto* que así se forma *(14)* toma después una forma alargada, llamada *oocinete* o *vermículo*, y moviéndose activamente penetra en la pared del estómago del mosqnito, en la que se enquista *(fig. 384)* y crece, sufriendo un activo proceso de división *(esporulación)* hasta dar lugar a un número considerable de células alargadas, fusiformes, que son los *esporozoitos*.

Cuando el quiste en que los esporozoitos se forman adquiere gran tamaño, éste se rompe *(fig. 383)* y los esporozoitos emigran a las glándulas salivares del mosquito, en donde éstos aguardan, para ser inoculados, que éste pique a un hombre y entonces penetrar en su sangre y asaltar los glóbulos rojos, según se dijo al comienzo.

Las distintas formas del paludismo se diferencian por el tiempo que

Instituto San Isidro de Madrid 2008

transcurre entre dos accesos febriles. En unos casos, la fiebre se presenta cada setenta y dos horas, o sea cuatro días, existiendo dos intermedios sin fiebre; entonces se llama *cuartana;* en la *terciana*, la fiebre ocurre cada cuarenta y ocho horas, con un día intermedio sin fiebre; y, por último, hay otro tipo muy regular que varía de veinticuatro a cuarenta y ocho horas y que produce graves manifestaciones, conocidas con los nombres de *perniciosas*, *cotidianas*, *tropicales*, etc.

El conocimiento exacto de la biología del parásito es el que ha dado la norma de los procedimientos a seguir para combatir el mal. El método más generalmente seguido consiste en establecer una brecha en la cadena establecida entre el *Anópheles* y el hombre, e interrumpir así la transmisión del parásito.

Los ataques contra los mosquitos se han realizado en gran escala, persiguiéndoles en todas sus fases evolutivas, pero sobre todo en el período de larva y en el de ninfa, durante los cuales viven en las aguas estancadas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SUB-REINO DE LOS METAZOARIOS

Los Metazoarios son animales pluricelulares que proceden de la segmentación y particiones sucesivas de un huevo fecundado. Constan, por lo menos, de dos hojas blastodérmicas: el endodermo y el ectodermo, llamándose entonces *diploblásticos;* esto ocurre en las esponjas y en los Celentéreos. Pero generalmente constan de tres, por intercalarse el mesodermo entre aquéllas: a éstos se les denomina *triploblásticos* y a ellos corresponden los demás grupos.

Dentro de los Metazoarios se distinguen unos que no tienen forma definida, como las esponjas, que a lo sumo ofrecen una línea o eje del cuerpo alrededor del cual se hallan colocadas en número indefinido las distintas partes repetidas del cuerpo, y otros cuya arquitectura orgánica responde a determinadas líneas directrices.

Dentro de estos últimos hay que separar aquellos que, como los Pólipos y los Equinodermos, tienen las partes repetidas en número definido y además las tienen situadas alrededor de un eje cual si fueran los radios de una rueda, de aquellos otros en los que se puede distinguir una mitad derecha y otra izquierda, situadas a uno y otro lado del llamado plano sagital del cuerpo. De los primeros se dice que tienen *simetría radiada* y de los segundos que la tienen *bilateral.*

En los de simetría bilateral, además del *plano sagital* que divide al cuerpo en dos mitades simétricas, hay que señalar: la *cara ventral*, en la que está situada la boca, y la *dorsal* u opuesta a ella; el *extremo anterior*, en el que se encuentra la cabeza, cuando esta región está diferenciada como tal, y el *posterior*, en el que puede abrirse el ano o existir una región por detrás de éste que recibe el nombre de *pigidio*, *telson* o *región caudal.*

En estos animales encontramos unos que constan, como la lombriz intestinal, de una sola porción, y otros, como los ciempiés y las lombrices de tierra, cuyo cuerpo está formado por partes análogas repetidas puestas unas a continuación de otras. De estos últimos se dice que su cuerpo está *metamerizado*, porque cada una de las partes repetidas se denomina *metámero.* No en todos los animales metamerizados los metámeros se observan tan bien como en los ejemplos citados. En otros, como en los Vertebrados y en muchos Artrópodos, los metámeros se funden unos con otros, perdiendo su individualidad.

Los Metazoarios carecen unas veces de cavidad del cuerpo o *celoma*, no existiendo en ellos más que una cavidad digestiva que comunica al exterior con un solo orificio, como sucede en los Pólipos, que conservan la arquitectura primitiva de la gástrula,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en tanto que en otros el celoma da origen a una cavidad del cuerpo, de modo tal que el aparato digestivo ofrece paredes propias y en tal cavidad se sitúan una porción de vísceras, como sucede en los Vertebrados, los Artrópodos, los Anélidos y otros.

Los Tipos que aceptamos y estudiamos a continuación dentro de los Metazoos, son los siguientes:

I, *Espongiarios* o *Esponjas.*—II, *Celentéreos.*—III, *Gusanos.*—IV, *Vermídeos.*—V, *Artrópodos.*—VI, *Moluscos*, y VII, *Cordados.* Estos últimos se dividen en dos subtipos muy diferentes, *Procordados* y *Vertebrados*, de los cuales los Vertebrados son los más conocidos.

TIPO ESPONGIARIOS O PORÍFEROS

Las únicas esponjas que son conocidas por todo el mundo, son las llamadas esponjas de baño *(Euspongia officinalis) (fig. 385)*, y, sin embargo, este grupo es muy numeroso, habitando exclusivamente en el medio acuático, de preferencia en las aguas del mar, aunque existen unas cuantas especies que viven en los lagos o en los ríos, entre los que citaremos la esponja de agua dulce *(Spongilla) (figura 393)*, que vive en nuestro país.

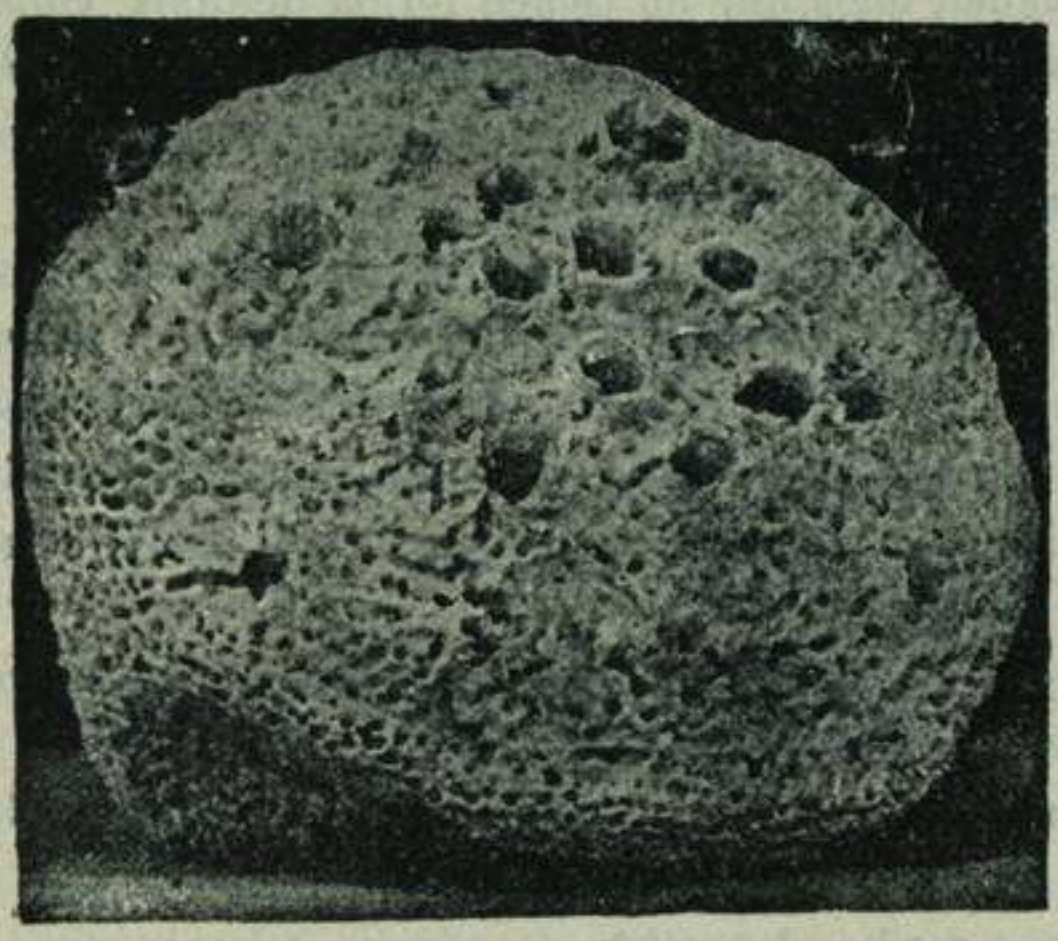


Fig. 385.—Esponja común, reducida, como ejemplo de Espongiario (según Delage).

Las esponjas viven fijas a los objetos sumergidos.

En la figura 385 se ven unos grandes orificios llamados *óculos* y otros de mucho menor diámetro y muy numerosos que son los *poros*, circunstancia a la que alude el nombre de *Poríferos* con que algunos naturalistas designan este grupo.

Durante su desarrollo son libres hasta la fase de gástrula; pero llegados a ella se fijan por el blastoporo, y en el punto opuesto se abre un gran orificio, que es el *ósculo*, de que antes se habló.

El cuerpo de estos seres es, generalmente, de forma irregular, mal definida, y hasta los individuos de una misma especie tienen tal variedad

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de formas, según el soporte sobre el que se fijan, que se hace de todo punto imposible reconocerlas por su aspecto exterior.

Todo el cuerpo del Espongiario está atravesado por multitud de conductitos que comunican con el exterior por los numerosos y pequeños poros de que antes se habló.

Además de éstos *(figs. 386 y 387)*, llamados también *poros inhalantes*, porque sirven para la entrada de agua (latín *inhalare* aspirar o absorber). existen otros interiores o poros *exhalantes*, porque sirven para la salida del agua a la cavidad interior del cuerpo de la esponja (lat. *exhalare* despedir). Esta cavidad se denomina *cavidad atrial* y no sirve para la digestión, sino de mero depósito del agua que ha pasado ya por todo el cuerpo y se ha desprovisto de las sustancias alimenticias que llevaba en suspensión, al mismo tiempo que se ha cargado de productos de excreción. Esta cavidad comunica con el exterior por medio del *ósculo*. La corriente de agua del exterior a la cavidad atrial está asegurada por la existencia en el interior de los conductos de la esponja, de unas dilataciones redondeadas, o de forma variable, llamadas *cámaras* o *cavidades vibrátiles*, tapizadas por unas células especiales denominadas *coanocitos*. Estas células se llaman así por estar provistas de un collar bialino que forma a la manera de un embudo (griego *khoanos*, embudo), que rodea la base de un flagelo dotado de gran movilidad *(figura 388)*. El movimiento coordinado de todos los coanocitos es el que determina la formación de la corriente de que acaba de hablarse. En un caso

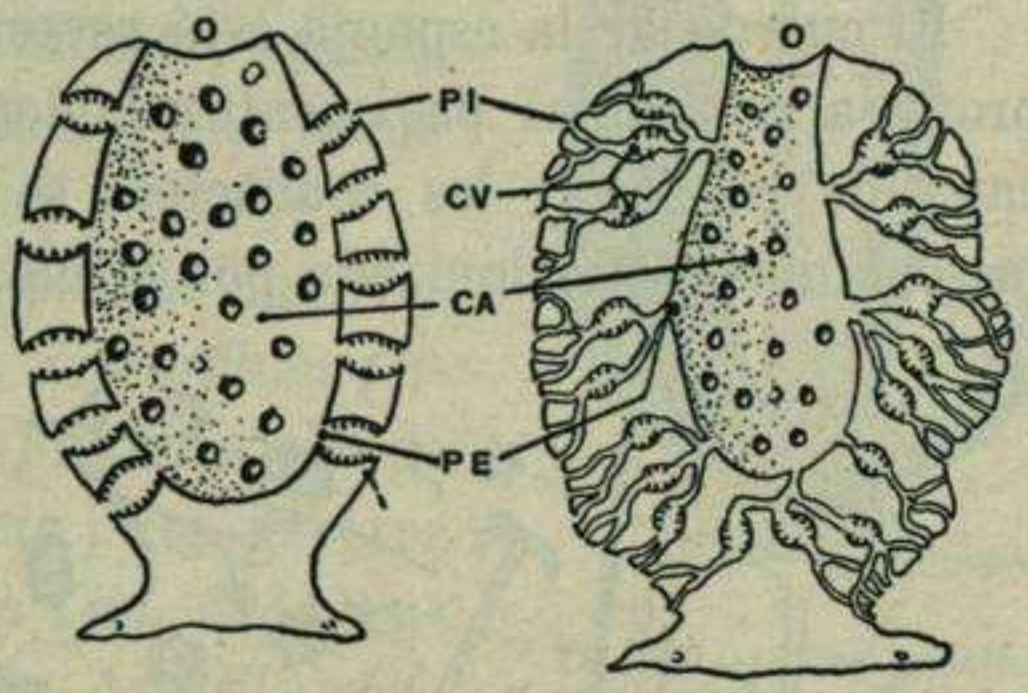


Fig. 386.—Esquema del corte longitudinal de una esponja.

Fig. 387.—Esquema de otra más complicada.

En ambas: O, ósculo: *C A*, cavidad atrial: *P I*, poros inhalantes o de entrada al agua: *P E*, poros exhalantes o de salida del agua *C V*, cavidad vibrátil.

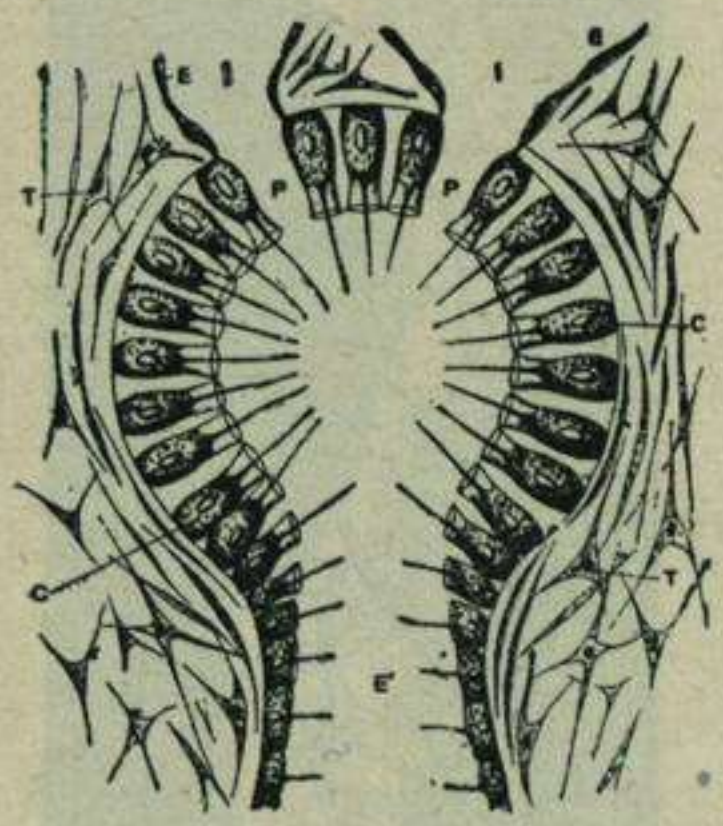


Fig. 388.—Cavidad vibrátil con coanocitos, *C* (s. Lendenfeld).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sencillo *(fig. 386)*, los conductos son relativamente anchos y cilíndricos y toda su pared está recubierta de coanocitos, recibiendo el nombre de *conductos radiales;* pero en la mayor parte de las esponjas *(figura 387)* los conductos se ramifican de muy diversas maneras y aparecen las excavaciones o cavidades que hemos denominado *cavidades vibrátiles.*

El cuerpo de la esponja está revestido de una delgada capa epitelial provista de células pavimentosas denominadas *pinacocitos.* Entre esta capa de células y los coanocitos se encuentra una capa intermedia mesenquimatosa colonizada por células procedentes por emigración de las dos primeras capas blastodérmicas, o sea del ecto y del endodermo.

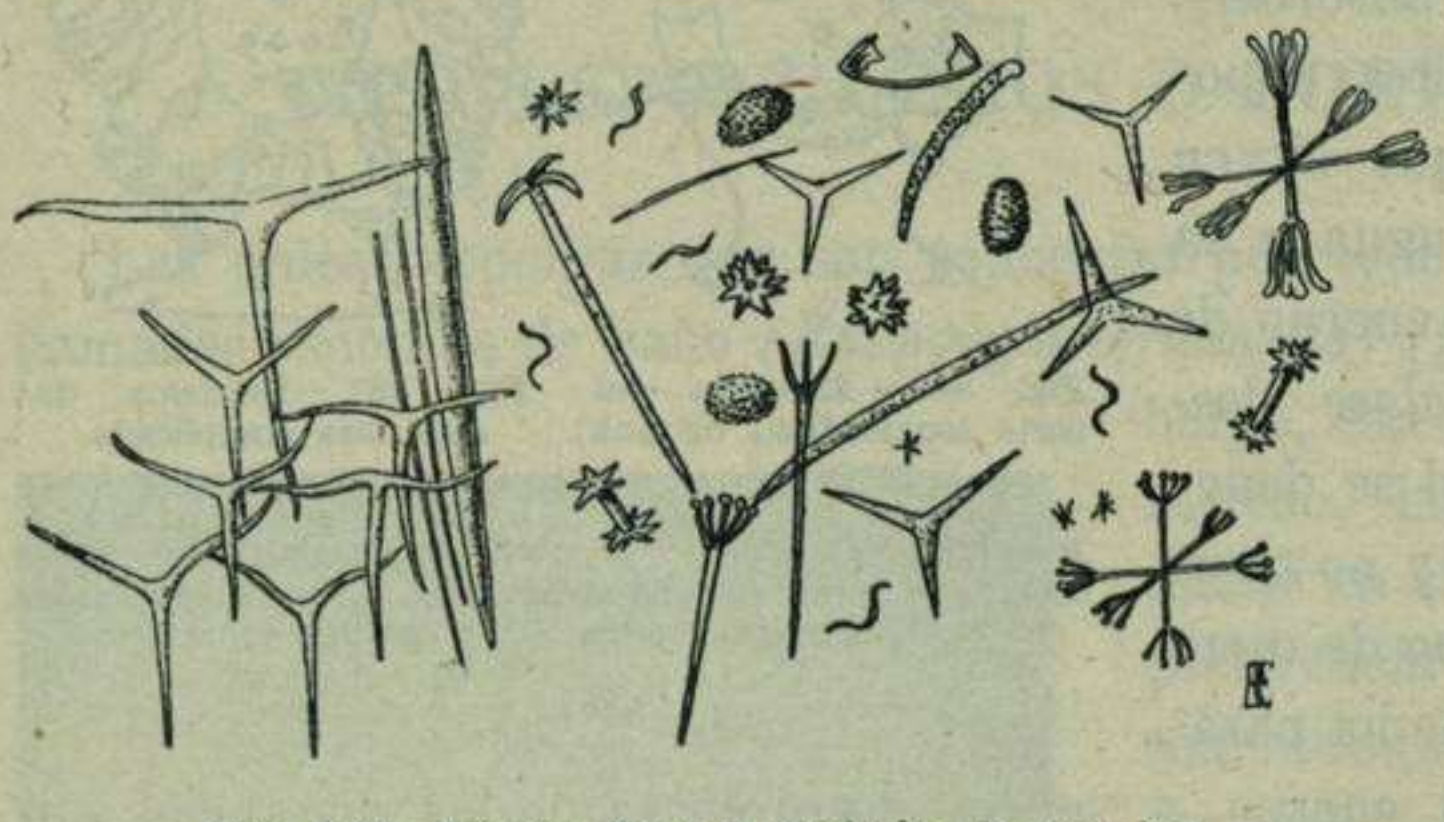


Fig. 389.—Algunos tipos de espículas de esponjas.

Esta capa intermedia, denominada impropiamente mesodermo por algunos autores, está formada principalmente por una sustancia gelatinosa en la que se encuentran células muy diversas, entre las que destacan unas estrelladas y otras dotadas de movimientos amiboideos; además se hallan también las *espículas* o espinas interiores, que son las que constituyen por su conjunto el *esqueleto* del animal. Estas espículas *(figura 389)* son de dos clases: unas veces calizas y otras silíceas, siendo duras y rígidas en ambos casos. La forma de las espículas es muy variable, siendo a veces de rara belleza. Existen, además, esponjas cuyo esqueleto está constituído por fibras entrecruzadas *(fig. 390)* de una sustancia típica, córnea y rica en nitrógeno, denominada *espongina*, que es flexible y blanda; esto es lo que ocurre en la esponja corriente o esponja de tocador *(Euspóngia officinális)* y en algunas otras.

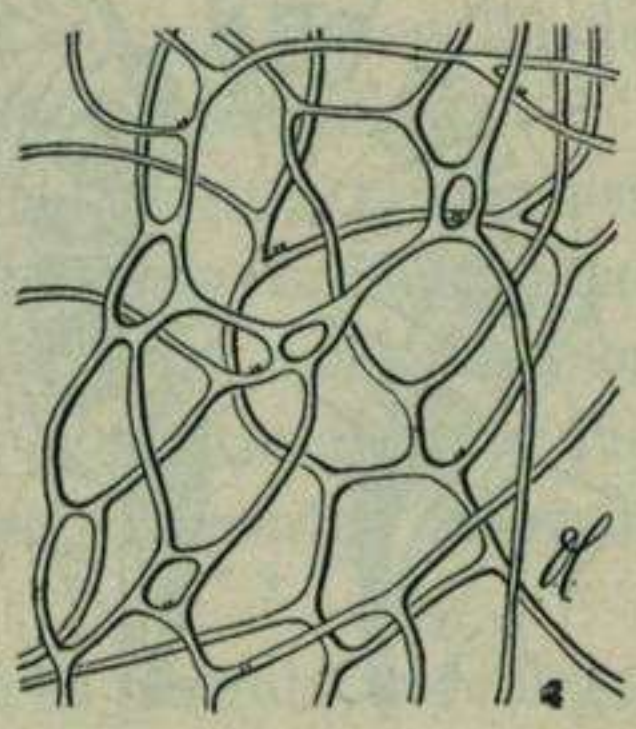


Fig. 390.—Fibras de espongina de la esponja común, vistas con gran aumento.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La *reproducción* se verifica a veces por medio de yemas, pero más frecuentemente es sexual.

División.—Comprende dos *Clases*: la de las *Calcáreas* y la de las *Incalcáreas*. En la primera se incluyen todas las esponjas con esqueleto calizo, y en la segunda las que le poseen silíceo o córneo.

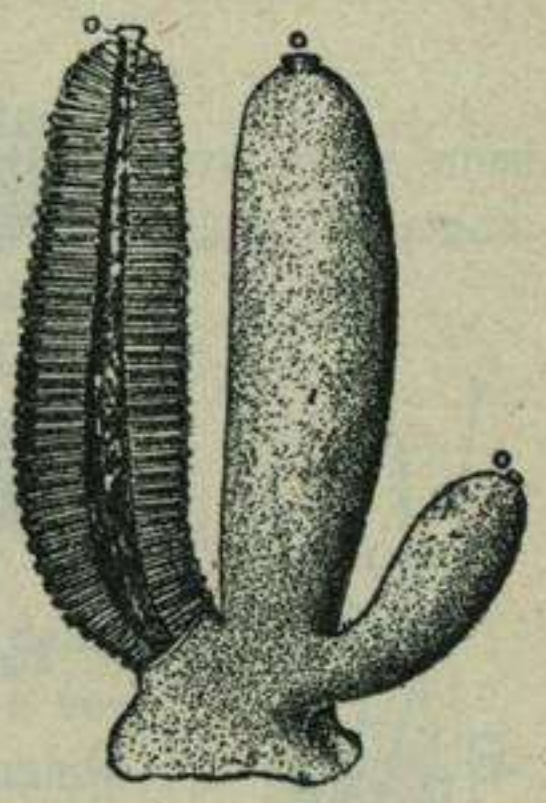


Fig. 391.—*Sycon gelatinósum* con una parte abierta para mostrar la disposición de los conductos.

Clase Calcáreas.—El género más abundante es el *Sycon (fig. 391)*.

Clase Incalcáreas.—Comprende numerosas especies, como la *Euplectélla aspergíllum (figura 392)*, llamada regadera en Filipinas, donde abunda, así como en el Japón, etc.; los géneros *Petrósia*, *Téthya*, *Geódia*, *Spongílla (fig. 393)*, cuyas especies son de agua dulce; la *Axinélla polipoides (fig. 394)*, de forma parecida a los políperos; la *Phakéllia (fig. 395)*, curiosa por su forma de copa; la esponja común *(Euspóngia officinalis) (fig. 385)*, tan



Fig. 392.—*Euplectella aspergillum*.



Fig. 393.—*Spongilla fluviátilis*.

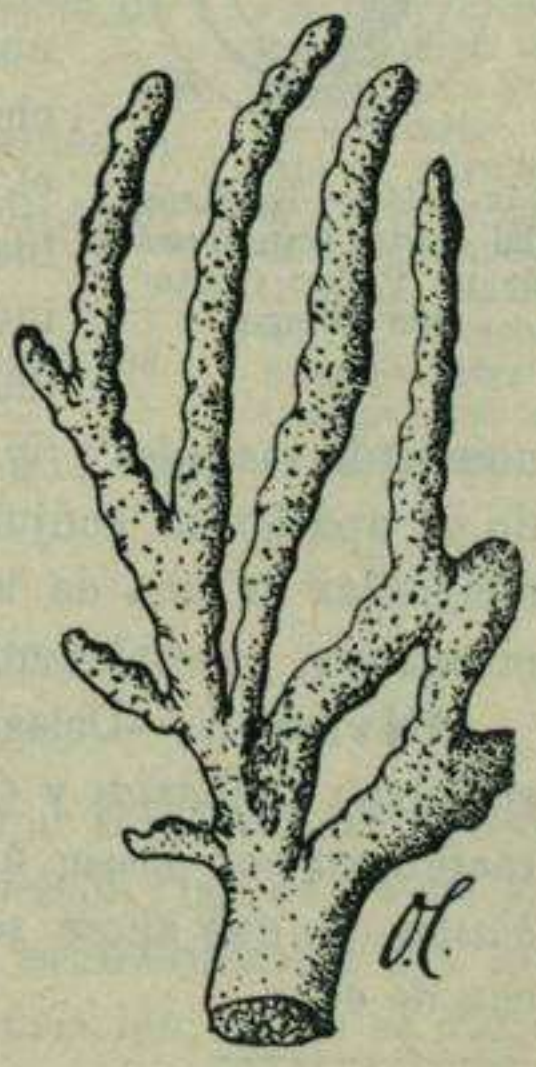


Fig. 394.—*Axinélla polipóides*, algo reducida.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

abundantes en las costas del Adriático, archipiélago griego y Asia Menor, a profundidades máximas de 200 metros.

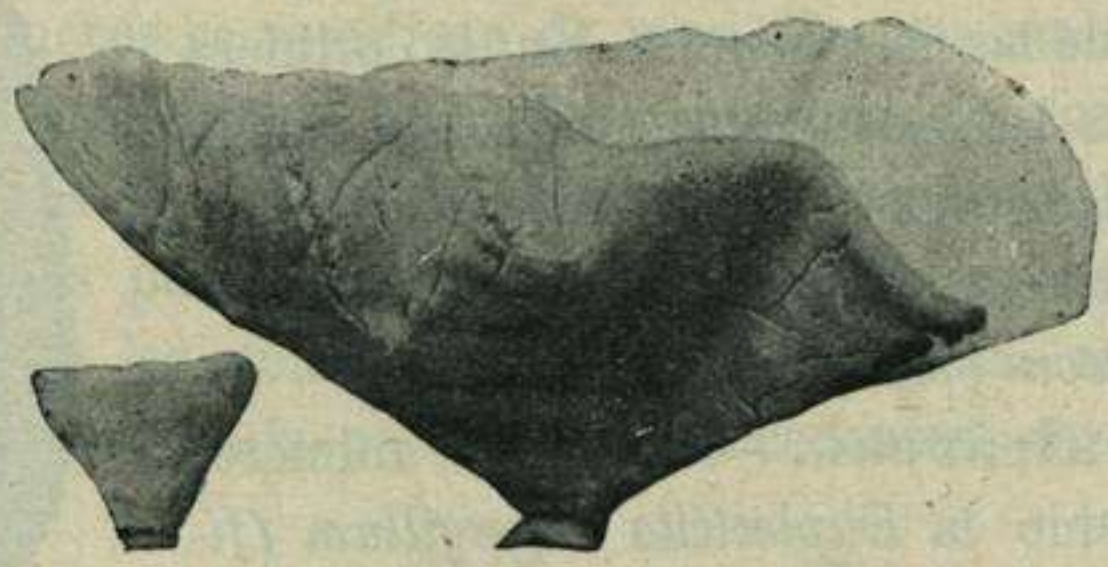


Fig. 395.—Dos ejemplares de *Phakéllia ventilábrum*, reducidos (Fot. O .Cendrero).

TIPO CELENTÉREOS

Con este nombre y con el de Pólipos se conocen los animales acuáticos, libres o fijos, y provistos de simetría radiada y sin celoma. Casi todos son marinos y la mayor parte coloniales.



Fig. 396.—Esquema del corte transversal de un Pólipo (Imitación Delage).

El cuerpo de estos animales tiene forma de saco, con una sola abertura que comunica con una cavidad única *(fig. 396)*: dicho cuerpo está formado, como el de las esponjas, por dos hojas blastodérmicas, entre las que se intercala otra intermedia, muy delgada y mesenquimatosa, denominada *mesoglea (fig. 397)*, formada por falso tejido de apariencia conjuntiva constituído por células emigradas de una de las dos capas blastodérmicas primitivas, generalmente del endodermo.

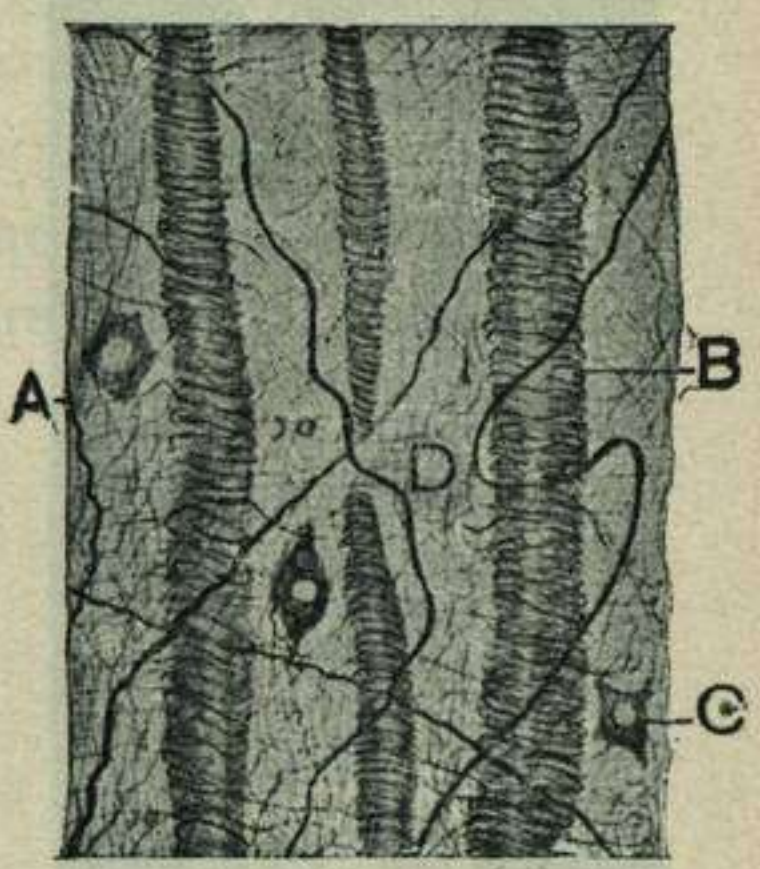


Fig. 397.—Mesodermo, muy aumentado, de un Pólipo *(Sagártia parasitica)*, en el que se distinguen: las fibras gruesas, A, y las delgadas, D; los ovillos conjuntivos, B, y las células conjuntivas, C. (Según el Dr. M. Sánchez).

División.—Delage (*) divide los Pólipos en dos subtipos: *Cnidarios* y *Ctenarios*. Los primeros se caracterizan por poseer unos elementos llamados *cnidoblastos*, de que ahora se hablará; los segundos carecen de ellos.

(*) *Delage*. Catedrático en la Facultad de Ciencias de París y una de las mayores autoridades en Zoología (1854-1921).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SUBTIPO CNIDARIOS

En la capa exterior o ectodérmica de los Cnidarios se localizan, generalmente, unas células muy diferenciadas y características de este grupo, que son las llamadas *cnidoblastos* (gr. *knide*, ortiga), *nematoblastos* (gr. *nema*, hilo) o *células urticantes*. Un cnidoblasto consiste, pues, en una célula muy diferenciada, pero en la cual es posible distinguir, además del *citoplasma*, el *núcleo*, la *membrana*, el *nematocisto*, el *cnidocirro* y la *prolongación nerviosa*.

El *nematocisto* o *vesícula urticante* consiste, como indica su nombre (gr. *nema*, hilo o filamento; *kystis*, vejiga) en una vesícula o vejiguita que en su interior aloja el *filamento urticante*, el cual cuando está en reposo se encuentra enrollado y contenido en el nematocisto; pero cuando algún cuerpo extraño toca al *cnidocirro* la impresión se transmite a la *prolongación nerviosa*, y entonces el filamento urticante se desenrolla rápidamente *(fig. 398)*, e introduciéndose en el cuerpo extraño le inocula un líquido, que puede determinar la muerte o aletargamiento a los animales de pequeño tamaño, y que al hombre le produce una comezón análoga a la originada por la picadura de las ortigas: de aquí los nombres de *ortigas de mar* y *aguas malas* con que nuestros pescadores conocen a estos animales.

El aparato digestivo es al mismo tiempo circulatorio (pág. 169) y no posee más que una abertura de comunicación con el exterior, la cual, por tanto, sirve de boca y de ano. En la mayor parte de los casos, esta abertura está rodeada de *tentáculos*.

La reproducción es sexual, pero en algunos se observa también la asexual por gemmación, como hemos señalado en la hidra de agua dulce (pág. 72).

División.—Se dividen en tres *Clases*, denominadas *Hidrozoos Acálefos* y *Antozoos*.

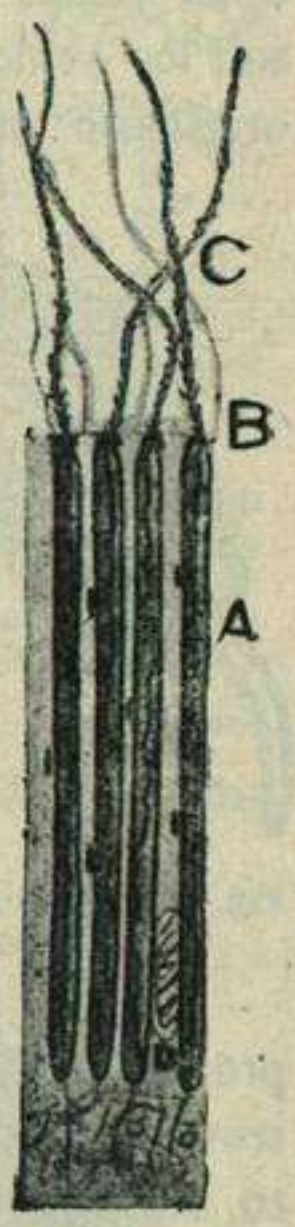


Fig. 398.— Nematocistos de un tentáculo de un Pólipo *(Eloactis)*. A, cápsula o vejiga; C, filamento urticante con espinas. (Del trab. del doctor M. Sánchez. *Estudios sobre la histología de las Actinias*).

CLASE HIDROZOOS

Polimorfismo.—Los Pólipos incluídos en este grupo son bastante desemejantes entre sí. En el caso más sencillo *(Hydra)* están reducidos *(fig. 54)* a *un solo individuo* con su cavidad gastro-vascular y tentáculos. Pero ordinariamente son *coloniales* y *polimorfos*, presentando un grado elevado de diferenciación, según se vió en a pág. 237 de la Zoología general.

Todos estos pólipos comunican entre sí por varios conductos que no pertenecen

Instituto San Isidro de Madrid 2008

a uno u otro, sino al conjunto de la colonia; esta parte común recibe el nombre de *cenosarco* (gr. *koinos*, común; *sarkos*, carne), el cual está protegido por un exo-esqueleto o *perisarco* (griego, *peri*, alrededor), que puede ser quitinoso o calizo.

Algunos, como los Sifonóforos, forman colonias flotantes muy vistosas y sumamente interesantes desde el punto de vista biológico.

Reproducción.—Los *gonozoides* originan por *gemación*, es decir, *asexualmente*, los *gamozoides* u órganos reproductores, los cuales consisten en pequeñas yemas o en yemas de mayor tamaño que en su interior contienen células diferenciadas, que son los óvulos o los espermatozoos; a veces estas yemas no se destacan del gonozoide originario, pero es frecuente que tomen una forma particular y una *organización* típica que las permite separarse del gonozoide y llevar vida independiente. Este gamozoide libre recibe el nombre de *medusa (figs. 286 y 399)*, y en general tiene la forma de una campana con su badajo: la primera recibe el nombre de *sombrilla* y merced a sus contracciones se mueve la medusa; el segundo se llama *manubrio* y en su extremo libre se abre la *boca*.

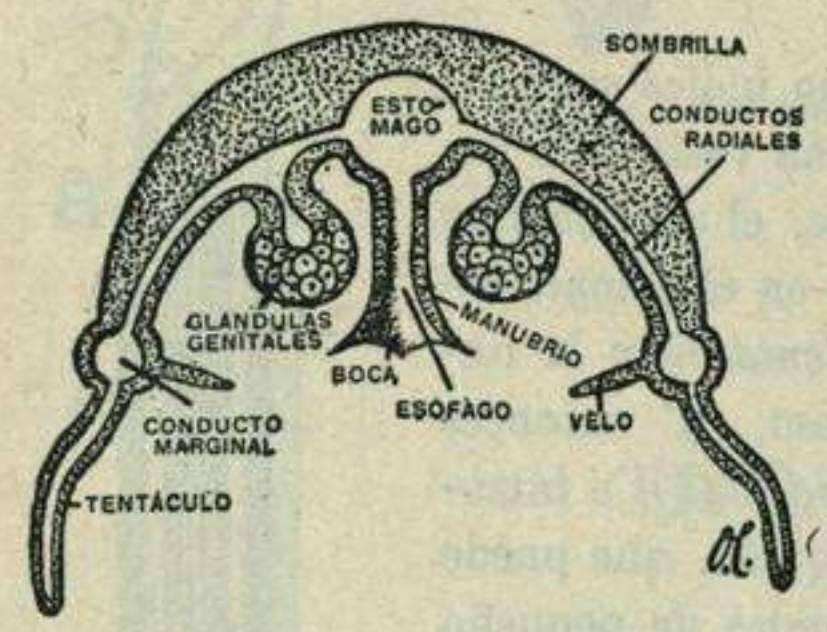


Fig. 399.—Esquema de una medusa cortada longitudinalmente.

En el borde de la sombrilla están los tentáculos, así como el *velo*, el cual consiste en una membrana que nace al nivel del conducto marginal y se dirige hacia la boca. Las glándulas genitales se desarrollan en el manubrio o en sus proximidades, y cuando los elementos sexuales están maduros caen a la cavidad gastrovascular, de donde salen al exterior por la boca. La medusa no constituye, por tanto, más que un medio de diseminar los elementos reproductores.

Los elementos reproductores diseminados por la medusa producen un huevo fecundado, del cual procede una larva que originará el pólipo fundador de la colonia u *oozoito*, que por blastogénesis da lugar a los nuevos individuos coloniales, entre ellos a nuevas medusas libres.

Especies comunes: la *Hydra viridis (fig. 54)* la *Campanularia flexuosa (fig. 55)* y la *Podocoryne cárnea (fig. 285)*.

CLASE ACÁLEFOS

Este nombre de *Acálefos* (gr. *akalephe*, ortiga), así como el vulgar de *aguas malas*, alude a que son muy urticantes.

Cuando son *adultos* tienen, en general, la forma de una medusa de hidrozoario y, como éstas, son libres y nadadoras, si bien difieren de ellas considerablemente. Entre los muchos caracteres que los distinguen de las medusas de los Hidrozoos, pueden citarse *(fig. 400)*: en general, su mayor tamaño (unos 10 centímetros de diámetro, por término medio; algunos alcanzan 2,50 metros de diámetro y sus tentáculos 36 metros); su falta de velo, y que las glándulas genitales se abren al exterior en vez de hacerlo en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la cavidad gastrovascular. Alrededor de la boca existen ordinariamente *tentáculos labiales* o *labios*, y en los bordes de la sombrilla también existen frecuentemente tentáculos muy largos: ambos están provistos de abundantes nematocistos.

Los sexos se encuentran separados; después que se ha verificado la fecundación,

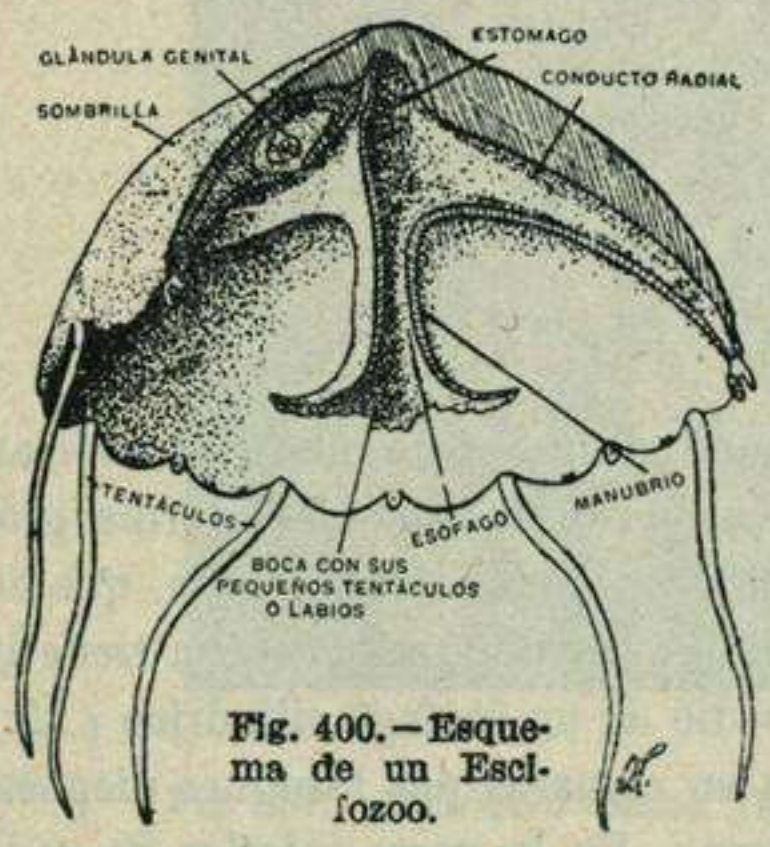


Fig. 400.—Esquema de un Escifozoo.

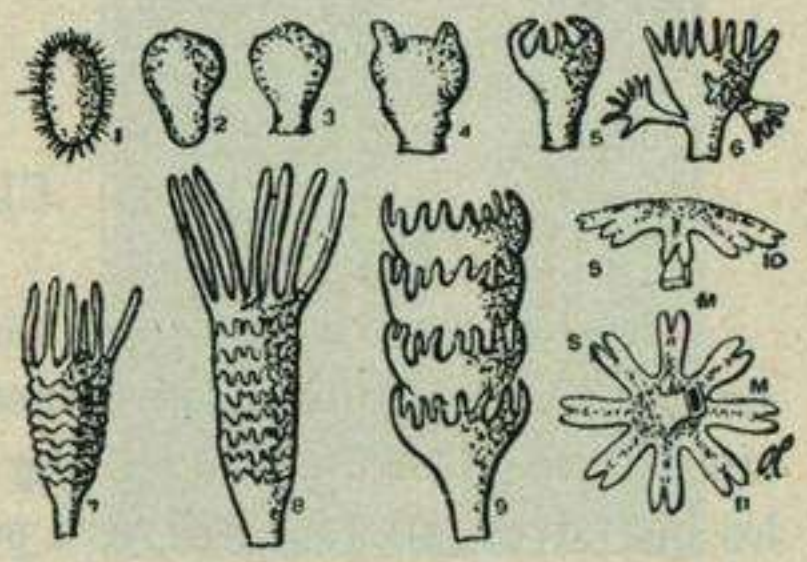


Fig. 401.—Esquema del desarrollo de un Escifozoo.—10, medusa poco después de desprenderse del estróbilo, vista de perfil; 11, la misma de frente; *M*, manubrio; *S*, sombrilla.

el huevo da origen a una larva *(fig. 401, 1)*, que después de haber nadado algún tiempo se fija *(2)*, pierde sus pestañas vibrátiles y toma gradualmente el aspecto de un pólipo en forma de copa, provisto de cavidad gastro-vascular y de tentáculos *(3, 4* y *5)*: en esta fase recibe el nombre de *escifistoma*. Este escifistoma origina por escisión transversal *(7)* un número variable de segmentos cuyo conjunto constituye el *estróbilo (8)*, nombre que alude a su semejanza con la infrutescencia de las Abietáceas. Cada escifistoma por gemmación puede formar otros varios *(6)*. Los distintos segmentos del estróbilo se van desprendiendo *(9)*, pudiendo considerarse como

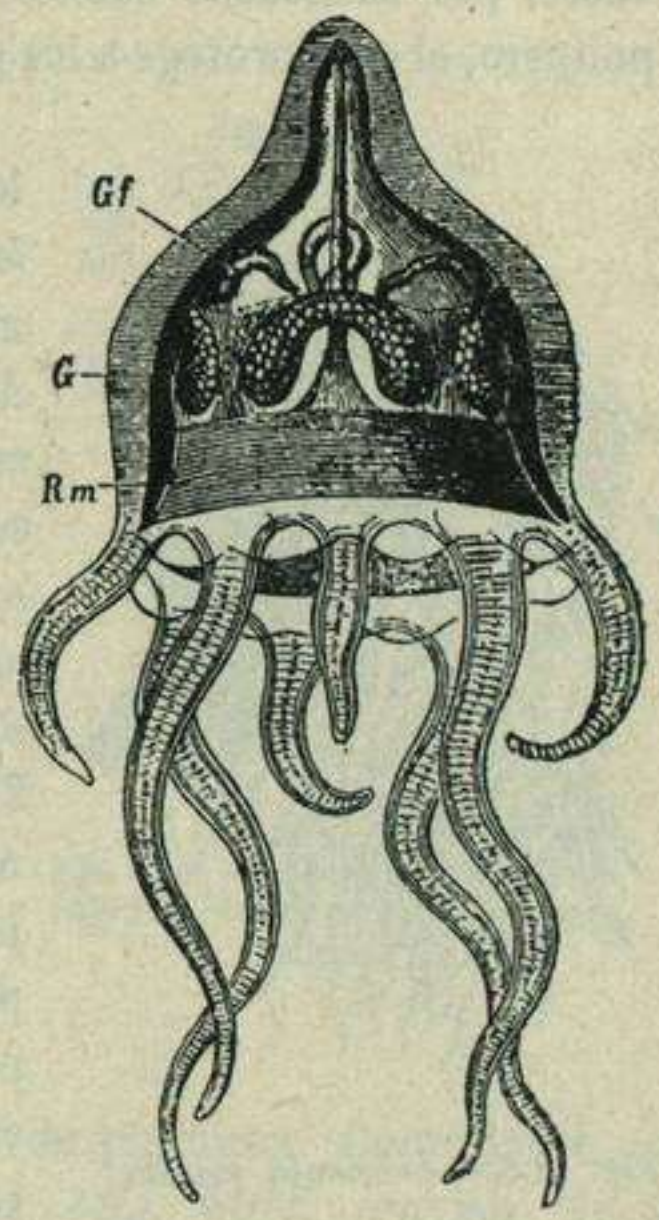


Fig. 404.—*Téssera princeps*. Escifozoo (según Haekel).



Fig. 402.—*Pelágia noctiluca*, Escifozoo.

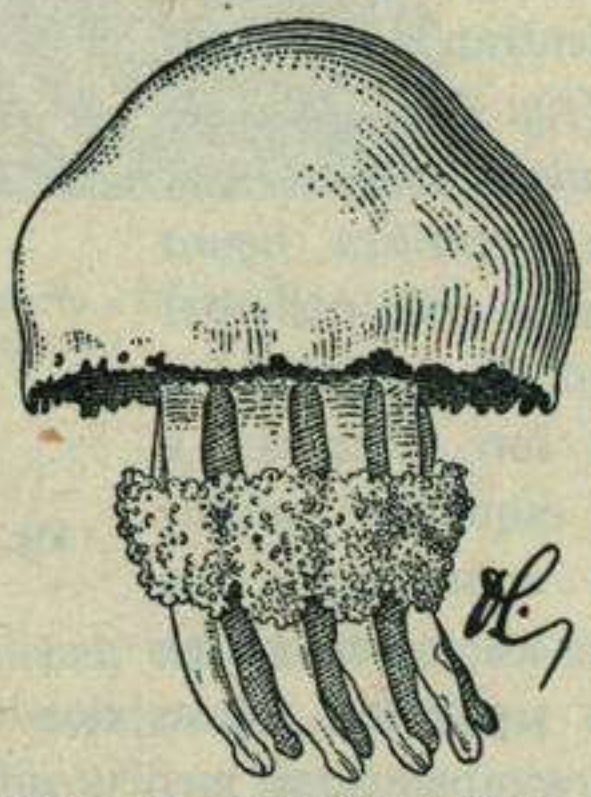


Fig. 403.—*Rhizóstoma púlmo*. Escifozoo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

otras tantas medusas jóvenes llamadas *efírulas*, que van adquiriendo gradualmente la organización definitiva *(10* y *11)*.

Las especies principales son: la *Pelágia noctilúca (fig. 402)*, que es fosforescente; la *Rhizóstoma púlmo (fig. 403)*, etc.; en la zona batipelágica viven especies como la *Téssera prínceps (fig. 404)*.

CLASE ANTOZOOS

Todos son marinos y fijos. Algunos viven aislados; pero generalmente se asocian constituyendo colonias muy numerosas. En ambos casos cada pólipo tiene forma próximamente cilíndrica y posee *(fig. 172)* un pie discoideo, llamado *disco pedio*, que en los que viven aislados les sirve para fijarse al suelo o a los objetos. La boca tiene la forma de una estrecha hendidura y comunica por medio de un esófago cilíndrico *(Mr)* con el resto de la cavidad gastro-vascular, dividida en cámaras por tabiques dispuestos radialmente que se apoyan en la pared del cuerpo. En la parte inferior de cada tabique se encuentran localizadas las *glándulas genitales (G):* las masculinas están en distintos individuos que las femeninas.

La mayoría de los Antozoos poseen un esqueleto, formado, la mayor parte de las veces, por carbonato cálcico, constituyendo lo que vulgarmente recibe el nombre de polípero, el cual protege a los pólipos o sirve de sostén a éstos o a las colonias que forman.



Fig. 405.—*Anemónia sulcáta*

División.—Comprende varios *Órdenes*, de los cuales los principales son los *Exacoralarios* y los *Octocoralarios*. Los *exacoralarios* tienen seis tentáculos lisos o un múltiplo de este número. Comprende los *Actinarios* y los *Madreporarios*. Los primeros viven aislados y carecen de esqueleto calizo: entre ellos se encuentran la *Actinia equina (fig. 406)*, la *Anemónia sulcáta (fig. 405)*, la *Sagártia parasítica figura 211)*, todas comunes en el Atlántico, etc. Los *Maadreporarios* son coloniales y poseen esqueleto calizo: por la acumulación de éstos en los mares de las regiones tropicales, únicas donde abundan por no convenirles temperaturas medias inferiores a 20°, constituyen las *formaciones madrepóricas* (arrecifes e islas) (*). Los géneros principales son: el *Madrépora (fig. 407)*, el *Amphihélia (fig. 408)* y otros *(fig. 409)*.

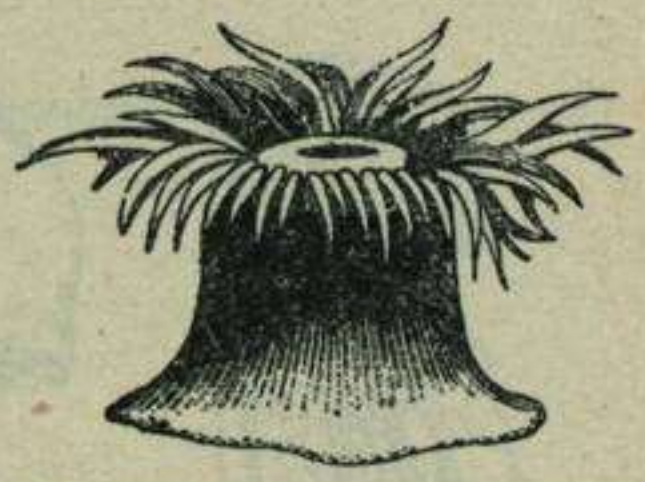


Fig. 406.—Una *Actinia* (según Gosse).

(*) Vénse *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª edición, pág. 142.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

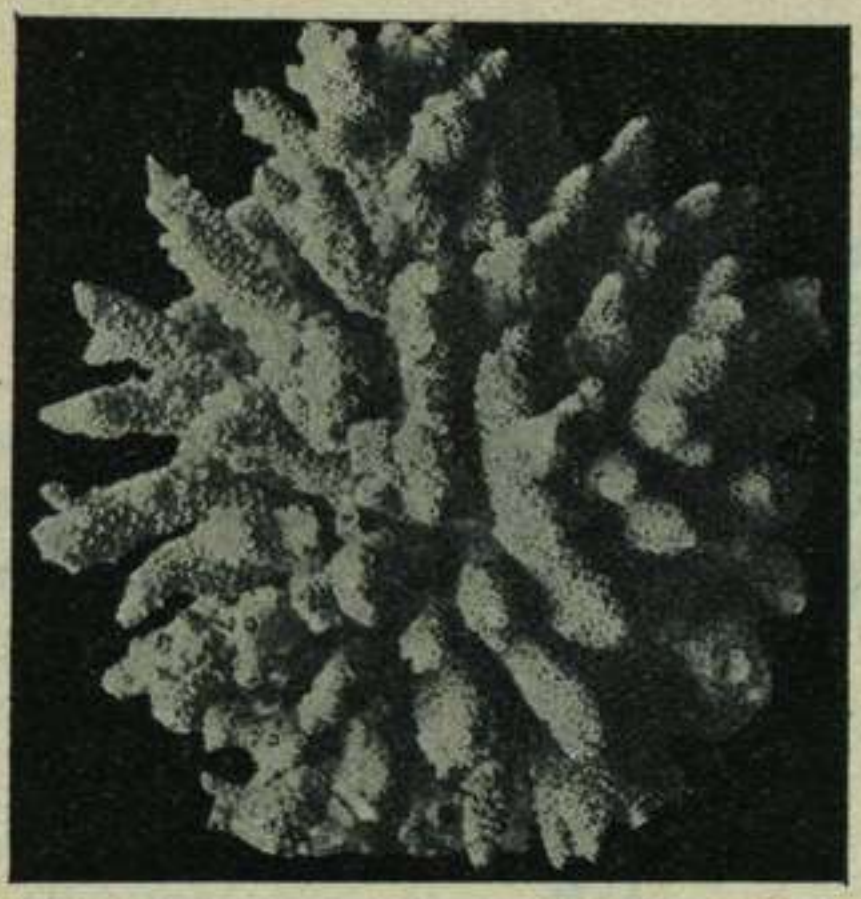


Fig. 407.—*Madrepora bulláta*. (Fot. E. Rioja).

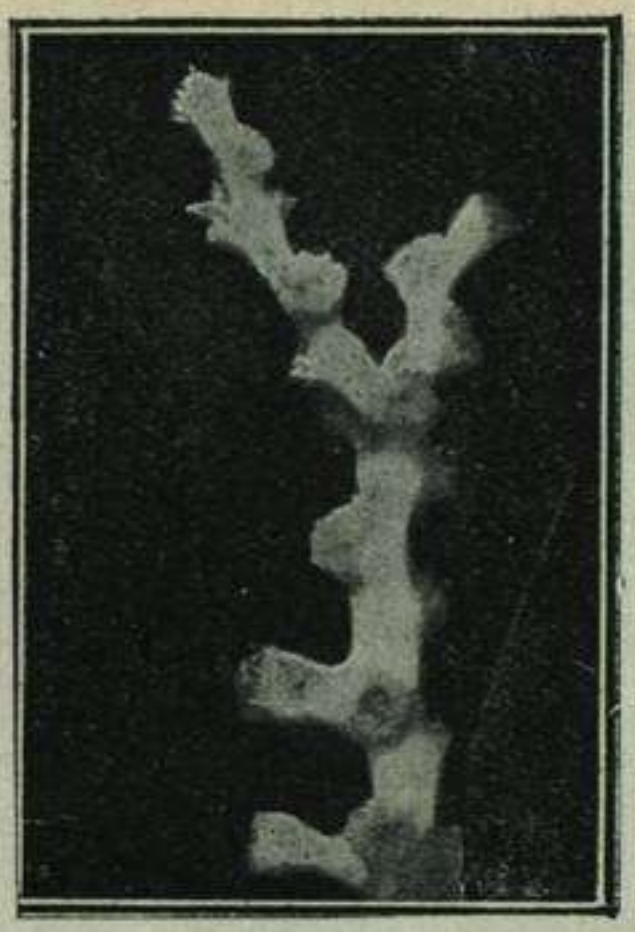


Fig. 408.—*Amphihélia oculáta*. (Fot. comunicada por el profesor Dr. J. Rioja).

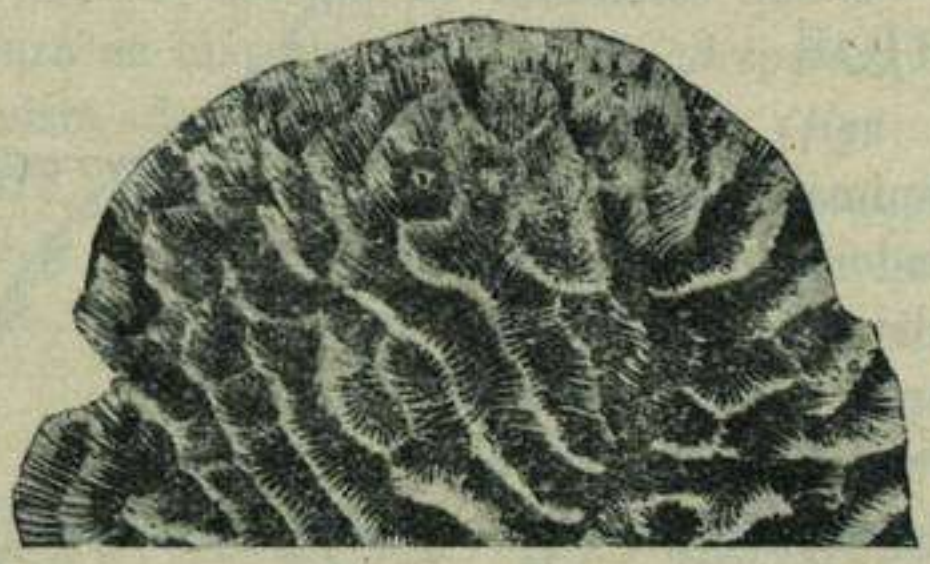


Fig. 409.—Un Madreporario *(Ulophyllia)*. (Fot. O. Cendrero.)



Fig. 410.—Rama del *Corállium rúbrum* con los pólipos extendidos.

Los Octocorolarios tienen ocho tentáculos en rorma de plumitas. Comprende varios géneros, como el coral rojo *(Corállium rúbrum) (fig. 410)*, provisto de un esqueleto calizo de color rojo vivo, usado en joyería; el *Gorgónia (fig. 411)*, con un eje córneo; las plumas de mar, nombre común a varias especies de *Pennátula (fig. 412)* y *Pteróides*, todas las cuales tienen un eje, que se introduce en la arena por su base, y ramas laterales, en las que se insertan los pólipos, teniendo el conjunto el aspecto de una pluma.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

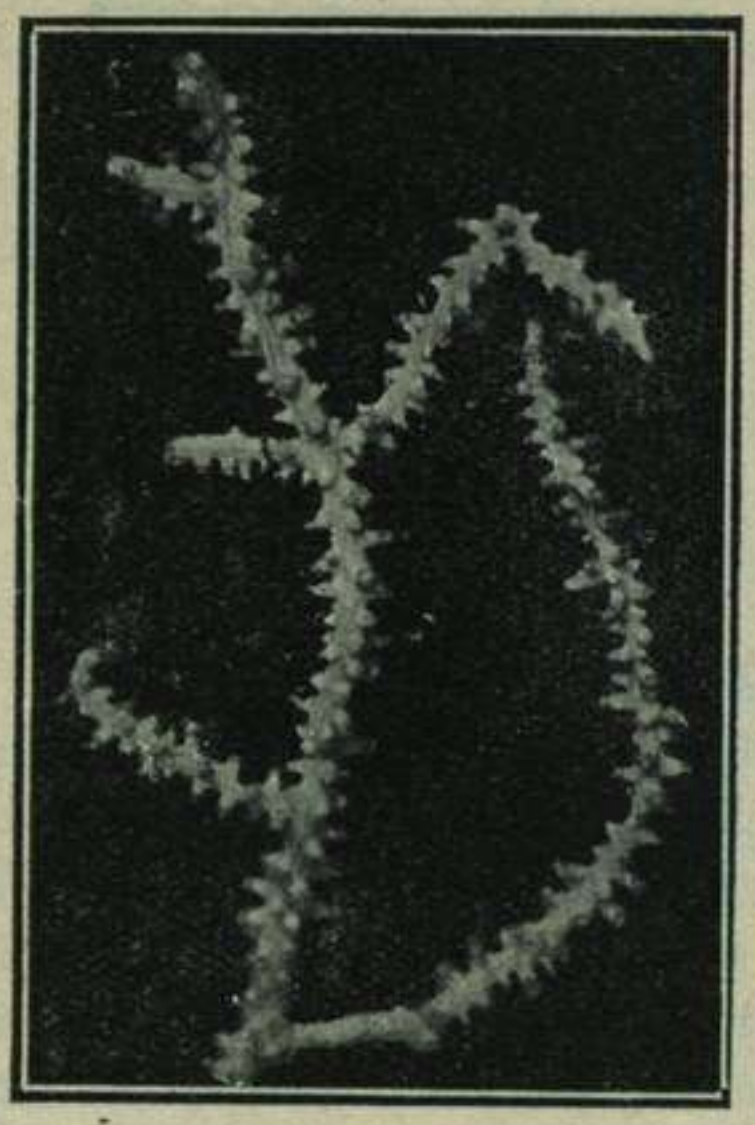


Fig. 411.—Trozo de una colonia de *Gorgónia verrucósa*. (Fot. J. Rioja, de un ejemplar del acuario de la Estación de Biología Marítima de Santander).



Fig. 412.—*Pennátula phosphórea*.

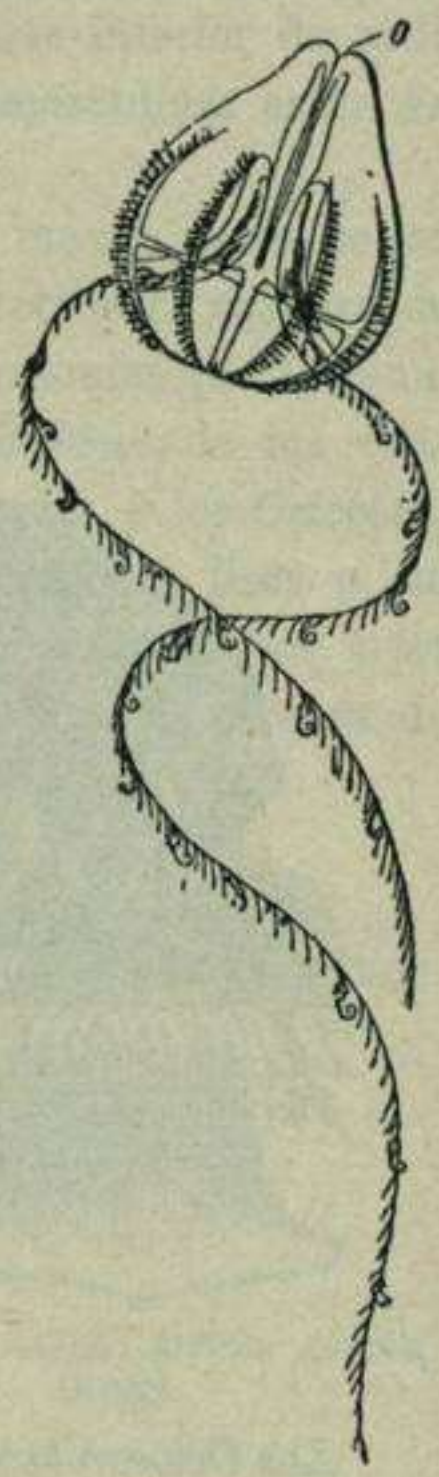


Fig. 414.—*Hormíphora plumósa* (s. Chun).

SUBTIPO CTENARIOS

Se llaman también *Ctenóforos* y son animales marinos, libres, pelágicos, nadadores y no coloniales. Nadan por medio de una especie de paletas que están colocadas en ocho fajas meridianas, formadas por la reunión o fusión de dichas pestañas vibrátiles, las cuales, por su conjunto, dan a dichas fajas el aspecto de un peine, que es a lo que alude el nombre del grupo (gr. *kteís*, *ktenos*, peine; *phorós*, que lleva). Carecen de nematocistos, pero es frecuente que posean dos largos tentáculos ciliados provistos de unas *células prensiles* especiales.

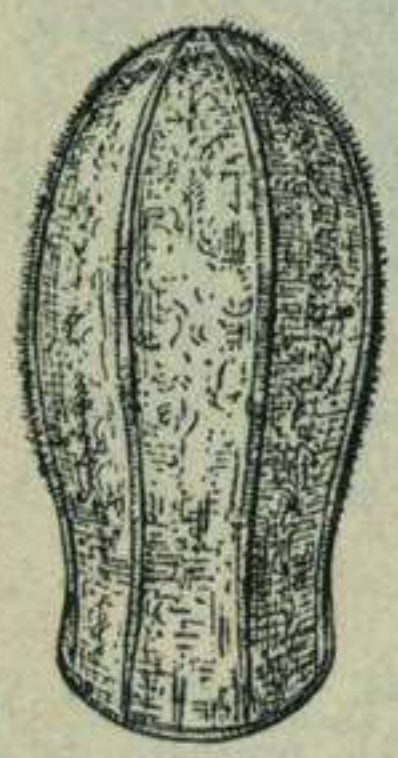


Fig. 413.—*Béroë ovata*.

Los géneros principales son: *Beroë (fig. 413) Hormiphora (fig. 414)*, y el *Cestus*, de forma acintada y llamado vulgarmente *cinturón de Venus*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TIPO EQUINODERMOS

Son animales exclusivamente marinos, de simetría radiada y generalmente pentámera. Poseen *celoma*, o sea cavidad del cuerpo diferenciada claramente del aparato digestivo, el cual posee paredes propias e independientes de la pared del cuerpo.

Unas veces están provistos de brazos y tienen forma de estrella *(figuras 415 y 425)*; otras carecen de brazos y tienen forma hemisférica *(fig. 416)*, ovoidea y hasta alargada y parecida a la de un gusano *(fig. 434)*.

Casi todos ellos poseen espinas o aguijones más o menos evidentes.

El aparato digestivo varía bastante de unos a otros, y ordinariamente posee boca y ano. Muy típico de los Equinodermos es el aparato que recibe el nombre de aparato *ambulacral* o *acuífero*, el cual consiste en un complicado sistema de conductos que comienza en una placa llamada *madrepórica*, provista de multitud de orificios *(figura 417, P)*, por los que penetra el agua, y termina en los *tubos* o *pies ambulacrales*, con una pequeña ventosa en su extremo; estos tubitos, que constituyen los órganos locomotores del animal, son largos y flexibles *(figura 415)*.

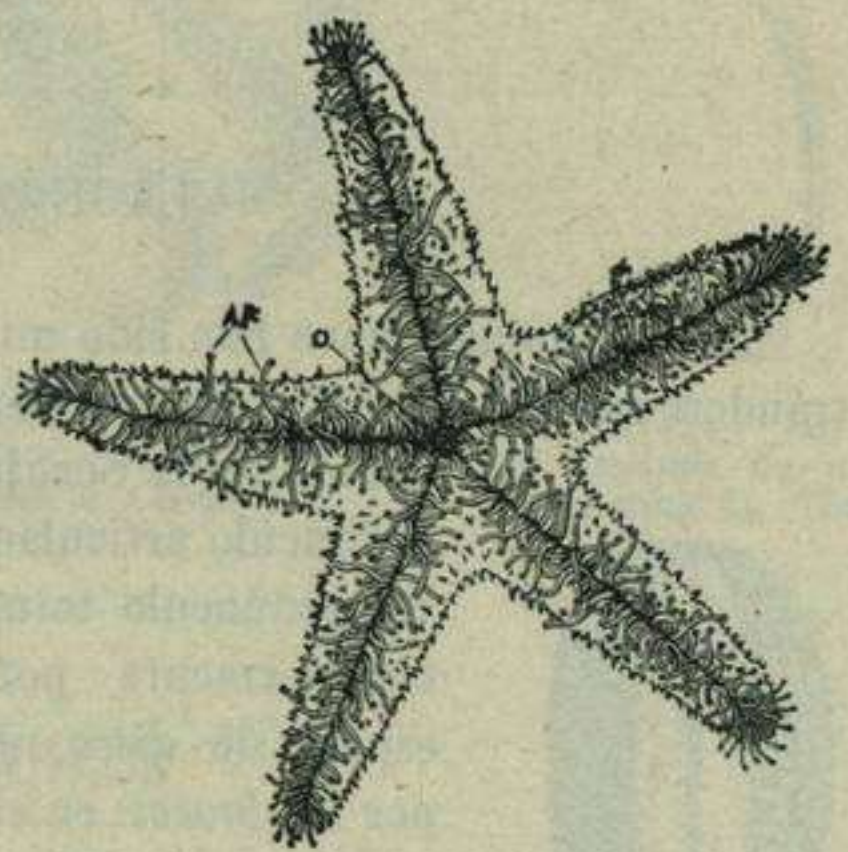


Fig. 415.—Estrella de mar vista por su cara inferior para mostrar sus tubos ambulacrales, *AF.—O*, boca (s. Agassiz).

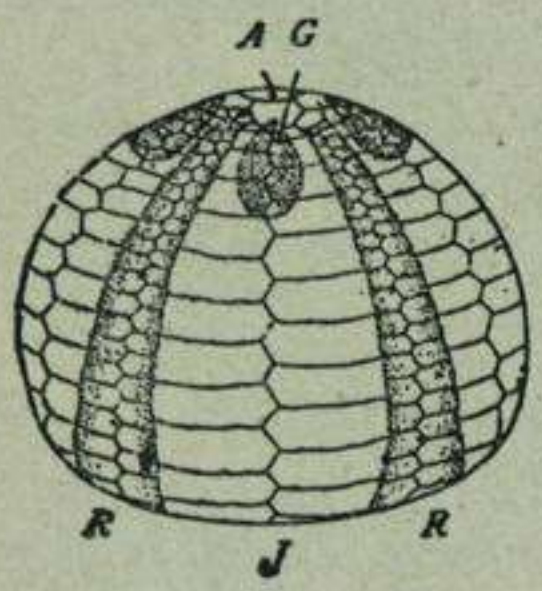


Fig. 416

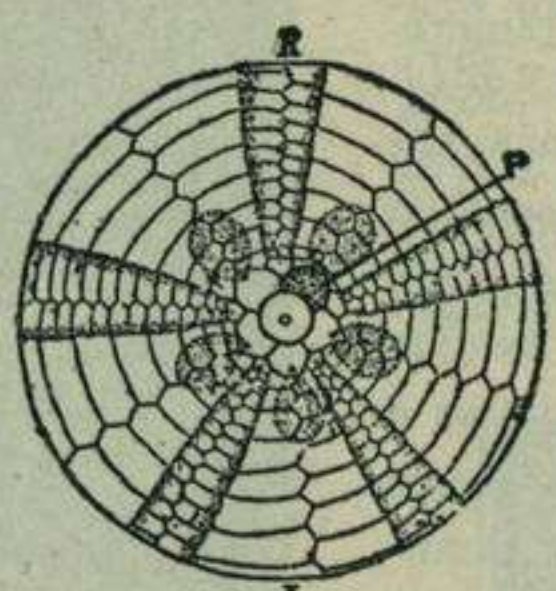


Fig. 417.

Esquema de un erizo de mar visto por sus caras lateral *(figura 416)* y superior *(fig. 417)* para mostrar sus radios, *R*, con las placas calizas agujereadas. Las glándulas genitales *G*, se suponen vistas por transparencia (s. Claus).

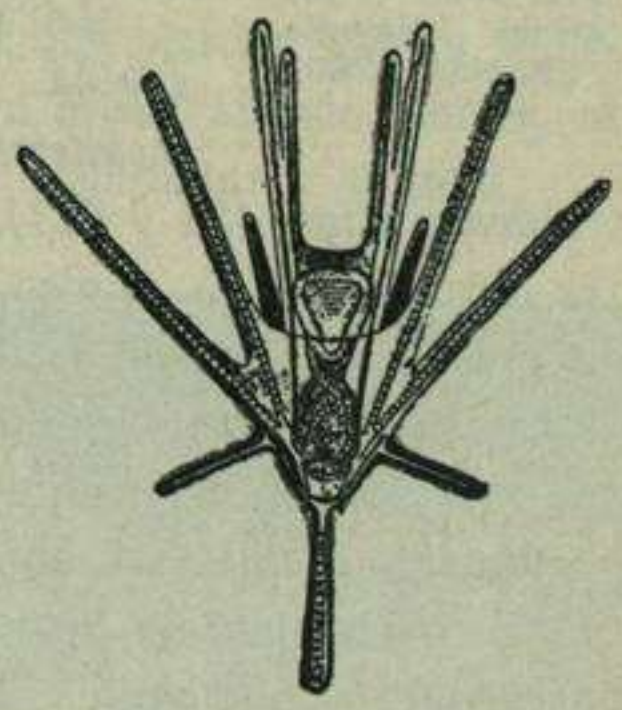


Fig. 418.—Plúteo (según Muller

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los ambulacros están dispuestos en cinco zonas, que reciben el nombre de *zonas radiales* o *ambulacrales*, las cuales alternan con otras cinco, que son las *interradiales* o *interambulacrales.*

El sistema nervioso es radiado (pág. 179). Sus metamorfosis desde que salen del huevo son muy complejas; pero comienzan teniendo siempre *simetría bilateral:* las formas larvarias reciben nombres especiales, como *auricularia, plúteo (fig. 418)*, etc.

División.—Se dividen en cinco *Clases*, denominadas: *Crinoideos, Asteroideos, Ofiuroideos, Equinoideos* y *Holoturioideos.*

CLASE CRINOIDEOS (*)

Estos Equinodermos han sido muy abundantes en otras épocas geológicas, encontrándose sus restos indudables en la Era Primaria y alcanzando una abundancia extraordinaria en la Secundaria. Todas estas formas constaban de un largo pedúnculo articulado *(fig. 419)* que las servía para fijarse al suelo. El pedúnculo terminaba superiormente por una especie de *disco* rodeado por los *brazos:* en el disco estaban localizados los órganos principales del animal, y en su parte superior se hallaban la boca y el ano. Formas análogas viven en los grandes fondos marinos (género *Pentacrínus; figs. 420* y *421).*



Fig. 419. — *Encrinus liliformis*, Crinoideo fósil.

La especie más conocida es la *Comátula mediterránea* o *Antédon rosáceus (figs. 422* y *423)*, la cual, aunque es libre en estado adulto, puede fijarse a las plantas y rocas por medio de cirros articulados que posee inferiormente. Cuando son jóvenes viven fijos, presentando un pedúnculo que les da la apariencia de un *Pentacrinus*, por lo que esta fase de su desarrollo se denomina *larva Pentacrinus (fig. 424)*. Más tarde el pedúnculo desaparece y se forma el animal adulto.

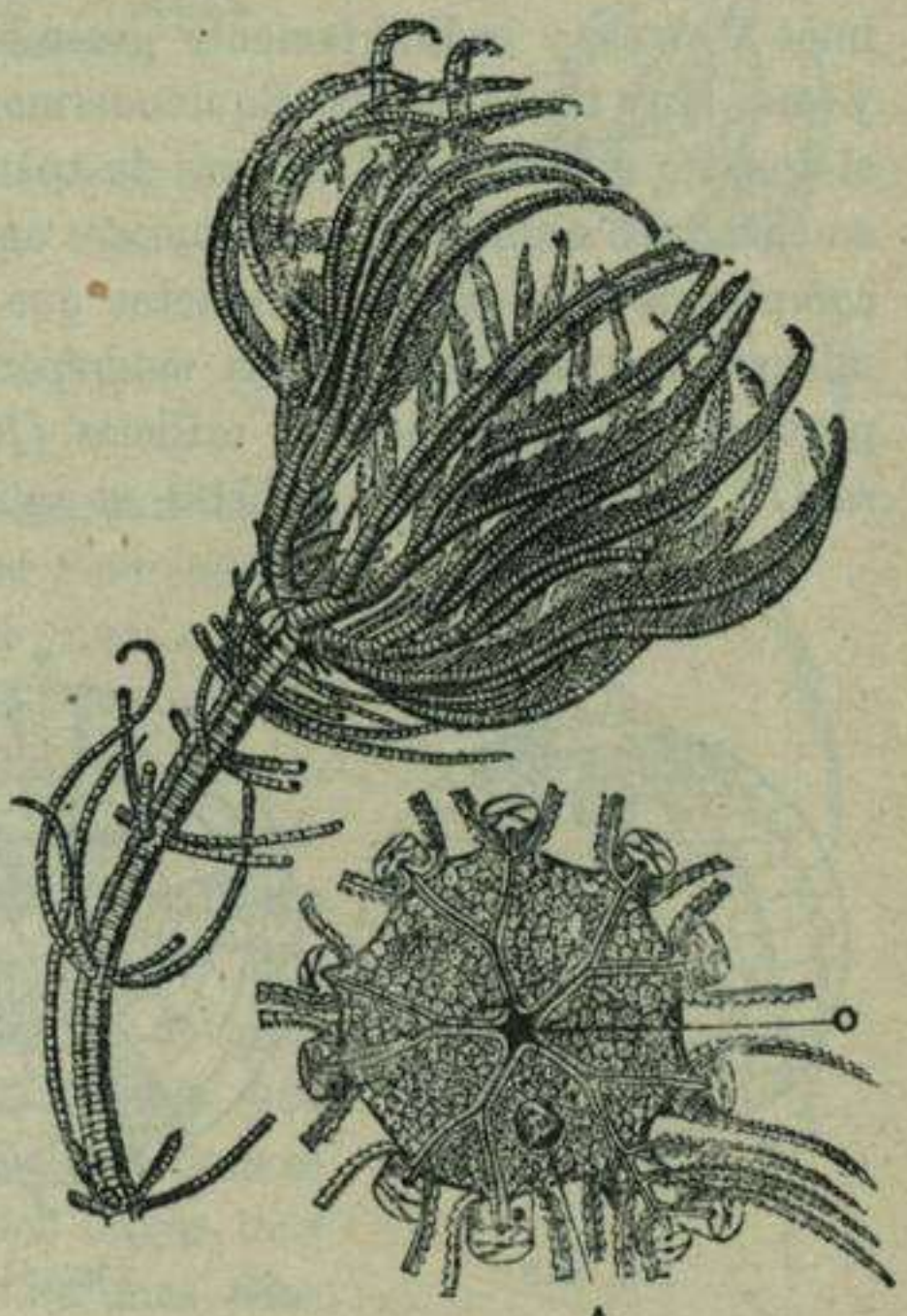


Fig. 420. Fig. 421.

Fig. 420.—*Pentacrinus cáput-medúsæ.*
Fig. 421.—Disco del mismo visto por la parte opuesta al pedúnculo, con la boca, *O*, y el ano, *A* (s. Muller).

(*) Del gr. *krinon*, lirio; *eidos*, forma.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

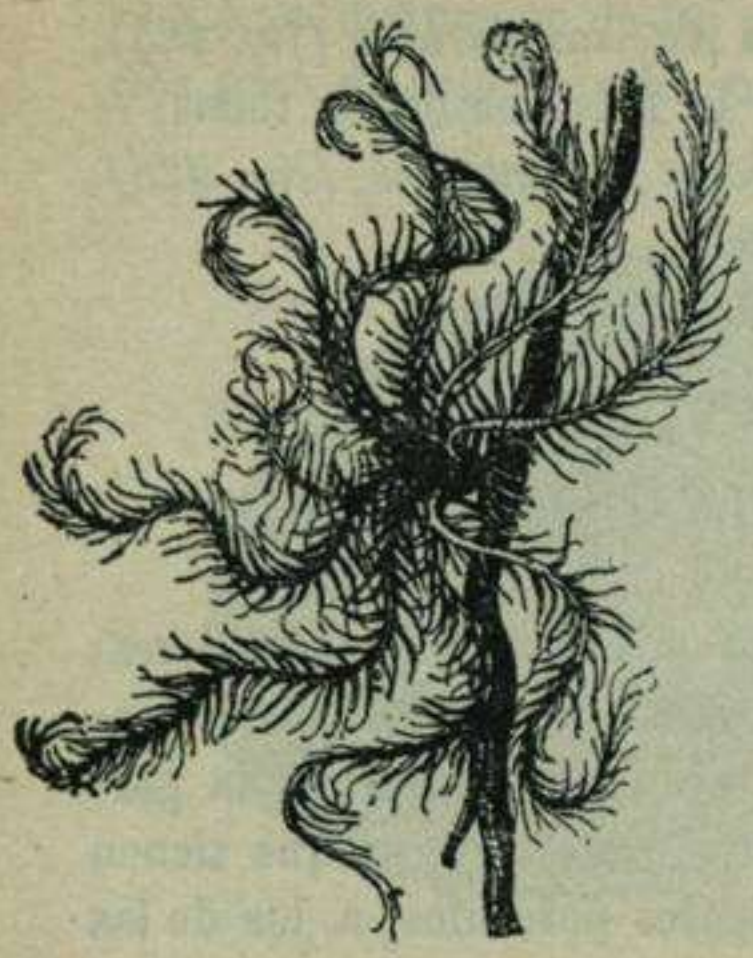


Fig. 422.—*Comátula* fija por sus cirros.

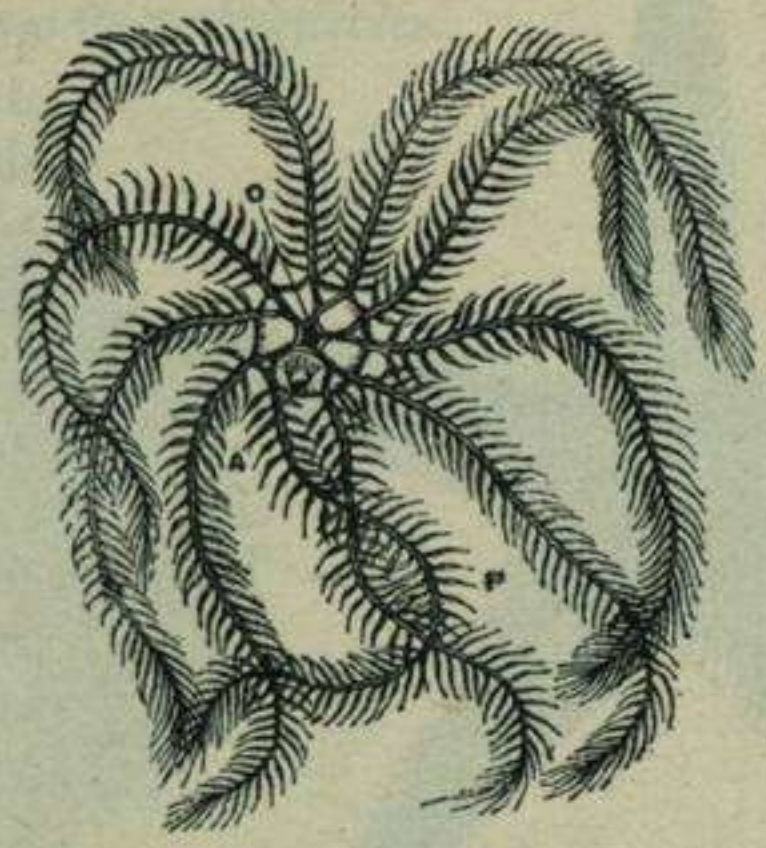


Fig. 423.—*Comátula* vista por la parte opuesta a los cirros.—*O*, boca; A, ano; *P*, pínulas (s. Claus).



Fig 424.—Larva *Pentacrinus* de una *Comátula* (s. Thomson).

CLASE ASTEROIDEOS

Son los llamados vulgarmente *estrellas de mar*, nombre que, así como el científico, es debido a su forma (gr. *áster*, estrella; *eídos*, forma) *(fig. 425)*. Ordinariamente están formados por cinco *brazos* o radios que se sueldan en su base, no existiendo una clara línea de separación entre el disco y los brazos. La *boca* se abre en la cara inferior del animal. Carecen de ano. Los Asteroideos gozan de la propiedad de *regenerar* rápidamente las partes que pierden de su cuerpo *(fig. 426)*. Un brazo aislado puede, en algunas especies, completar e animal.

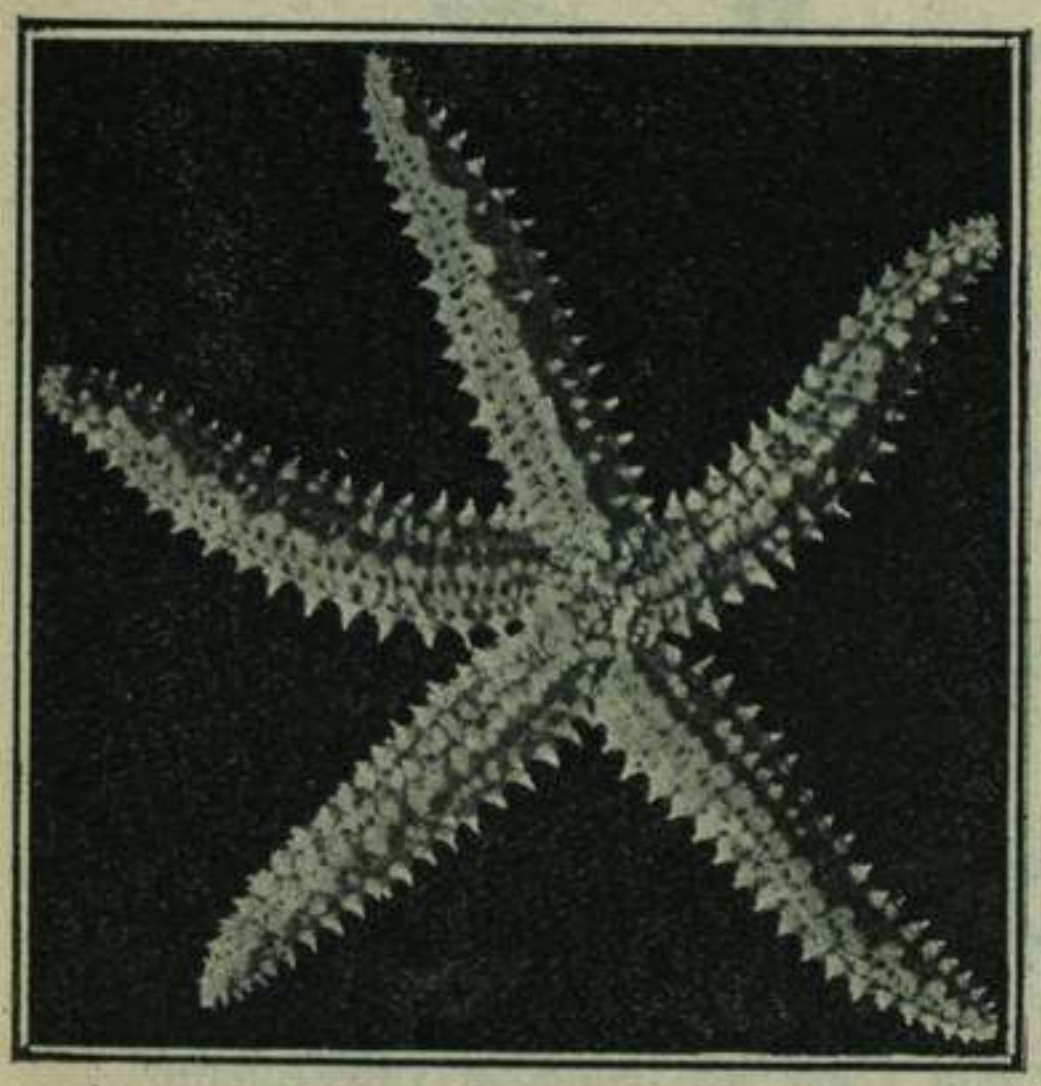


Fig. 425.—*Astérias glaciális*, cara dorsal. (Fot. O. Cendrero).

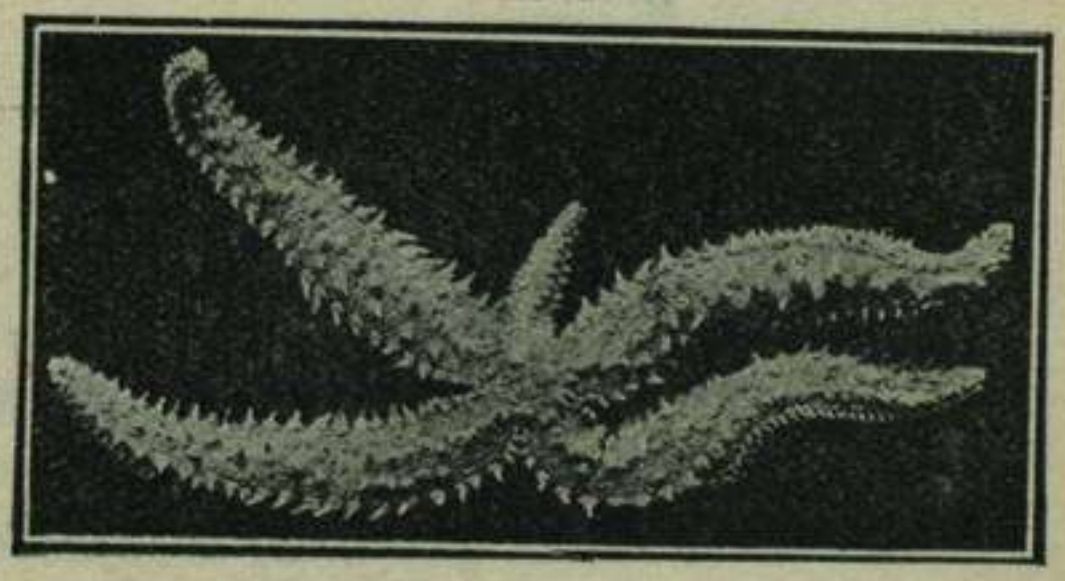


Fig. 426.—*Astérias glaciáles*, regenerando un brazo. (Fotografía O. Cendrero).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

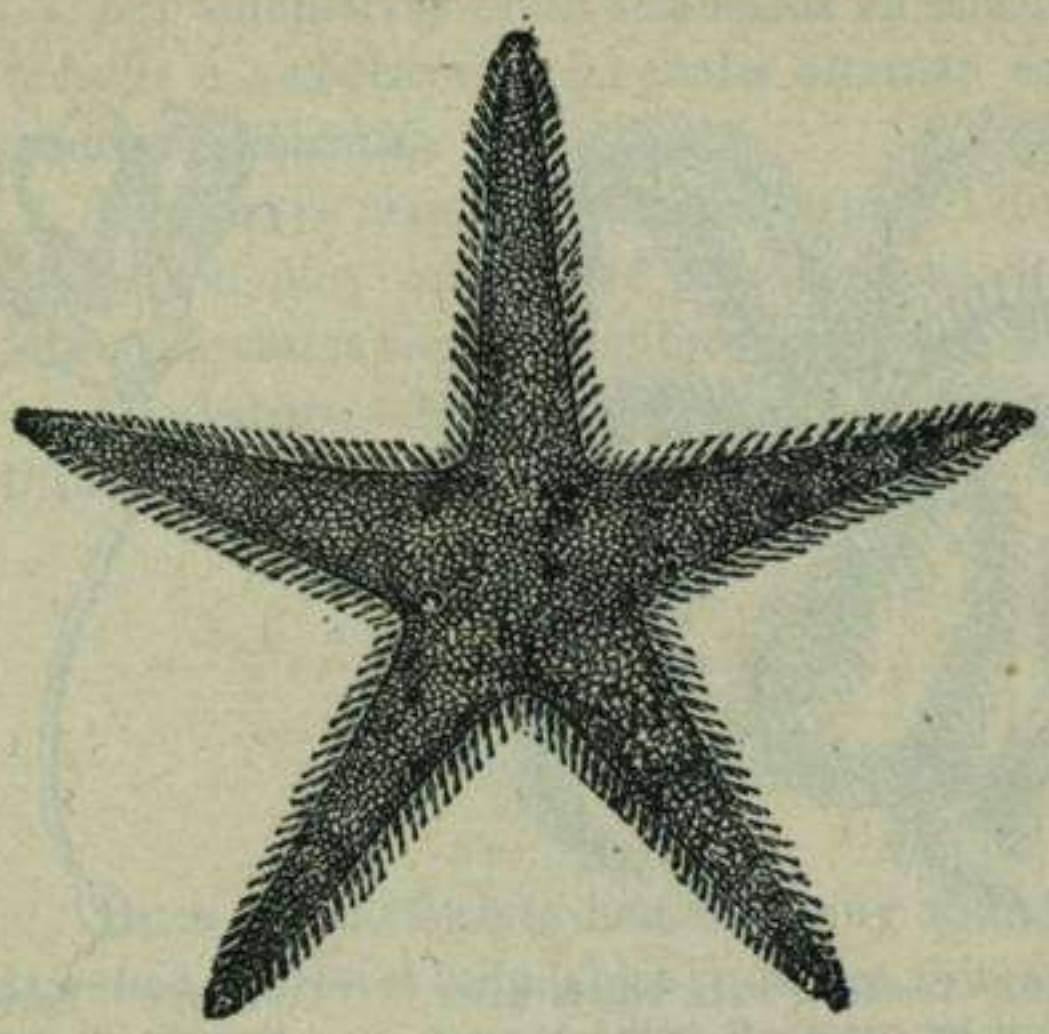


Fig. 427.—*Astropécten*, cara dorsal.

Comprenden numerosas especies, como la *Astérias glaciális (fig. 425)*, que es la más común de todas; el *Astropécten aurantiacus (fig. 428)* etcétera.

CLASE OFIUROIDEOS

Son parecidos a los anteriores; pero difieren de ellos porque los brazos destacan claramente de la parte central o *disco* y porque tienen movimientos parecidos a los de las serpientes, que es a lo que alude el nombre del grupo (gr. *ophis*, serpiente; *oura*, cola; *eídos*, semejanza).

Las especies más comunes son: la *Ophiodérma longicáuda (fig. 428)* y el *Ophiótlhrix frágilis (fig. 429)*.

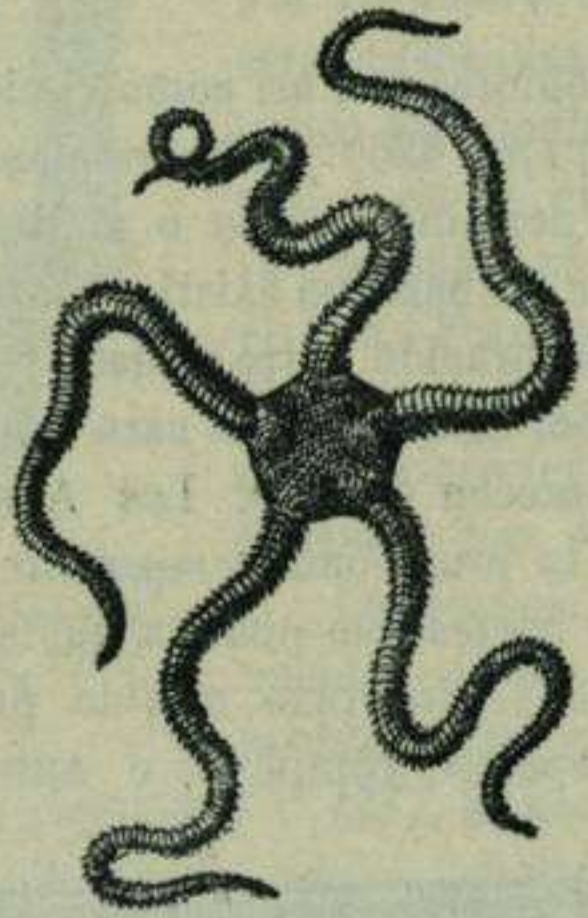


Fig. 428.—*Ophioderma.*



Fig. 429.—*Ophiótlhrix.*

CLASE EQUINOIDEOS

Son de forma globulosa, incluyéndose en esta Clase los llamados vulgarmente *erizos del mar*, en atención a que su caparazón, constituído por anchas placas calizas soldadas, posee *espinas* o *púas* movibles y de longitud variable, que dan a estos ani-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

males el aspecto de un erizo *(fig. 430)*. Las placas del caparazón que constituyen los *radios* se distinguen de las que forman los *interradios*, en que poseen numerosos orificios para dejar paso a los tubos o *pies ambulacrales*.

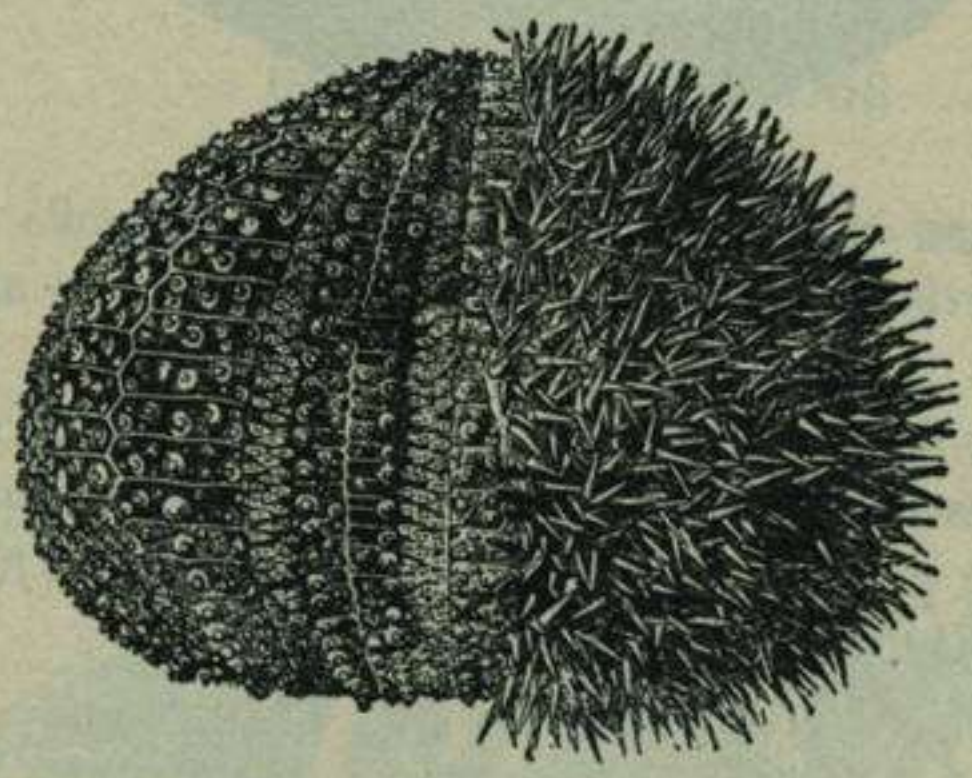


Fig. 430.—Caparazón de erizo de mar *(Sphærechinus esculéntus)*, de una parte del cual se han quitado las espinas.



Fig. 431. — Pedicelario.

Sobre el caparazón existen unos pequeños órganos prensiles, que reciben el nombre de *pedicelarios*, los cuales tienen la forma de una pinza de tres ramas *(fig. 431)*: dichos pedicelarios sirven para retener y matar a los pequeños animales (Infusorios, etc.), que se acercan a ellos o que se fijan a la membrana y a las espinas próximas.

El esófago está rodeado por un aparato masticador que recibe el curioso nombre de *linterna de Aristóteles*.

La especie principal es el *Toxopneustes lividus (fig. 432)*, que vive alojado en cavidades que se hace en las rocas del litoral, sobre todo en las calizas *(fig. 315)*; ambos tienen forma hemisférica.

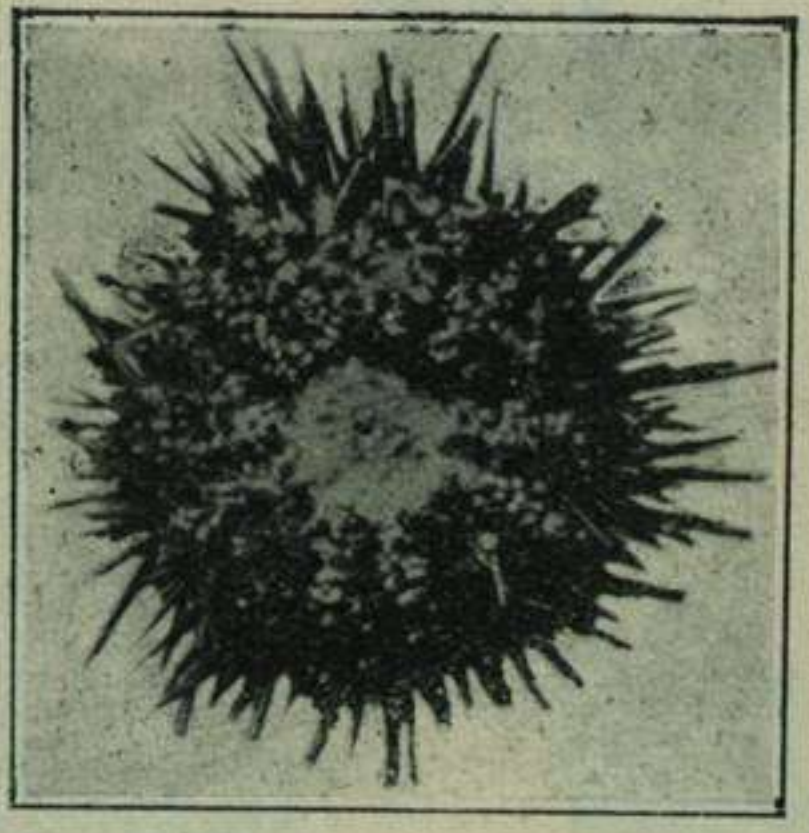


Fig. 432.—*Toxopneustes lividus*, que es el erizo de mar más frecuente en el litoral Atlántico, visto por su cara inferior, en cuyo centro se abre la boca: las ventosas de los pies ambulacrales destacan como puntos blancos: la mayor parte de las espinas están rotas. (Fot. O. Cendrero.)

CLASE HOLOTURIOIDEOS

Estos Equinodermos se distinguen de todos los demás por tener el cuerpo alargado y por sus tegumentos blandos, en cuyo espesor se hallan espículas sueltas de tamaño microscópico y de formas que varían de unas especies a otras *(fig. 433)*. La boca y el ano se hallan en los extremos opuestos del cuerpo, y la primera está rodeada de *tentáculos* retráctiles *(fig. 434)*.

Los géneros principales son: el *Holothúria (fig. 434)*, cuyas especies son llama-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

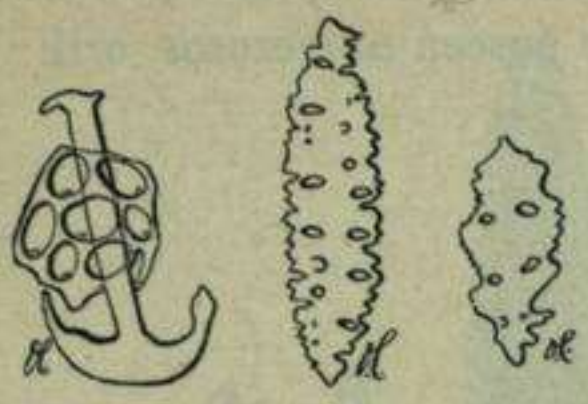


Fig. 433.—Tres espículas, muy aumentadas, de Holoturioideos.



Fig. 434.—*Holothúria tubulósa* o cohombro de mar. (Fotografía O. Cendrero).

das vulgarmente *pepinos* o *cohombros de mar*, y algunas de las cuales *(H. edúlis)* son comestibles y constituyen el *trepang*, muy apreciado por los chinos. El género *Cucumária (figura 435)*, tiene tentáculos ramificados.



Fig. 435.—*Cucumária* (según Claus).

TIPO VERMÍDEOS

Es un grupo heterogéneo, antinatural, que no todos los zoólogos aceptan. Tal como le comprendemos aquí consta de tres Clases: *Rotíferos*, *Briozoos* y *Braquiópodos* (*).

CLASE BRIOZOOS

Estos animales viven tanto en las aguas saladas como en las dulces y se caracterizan por formar colonias arborescentes, parecidas a las de algunos Pólipos.

El cuerpo de cada uno de los individuos de la colonia está protegido por una especie de cámara que recibe el nombre de *zoecia*, dentro de la cual puede retraerse y ocultarse completamente el animal. La *boca* se encuentra rodeada de una corona de tentáculos *(fig. 436, T)*, que son retráctiles y muy movibles. Son *hermafroditas*. Algunas especies poseen un *polimorfismo* parecido al de los Pólipos.

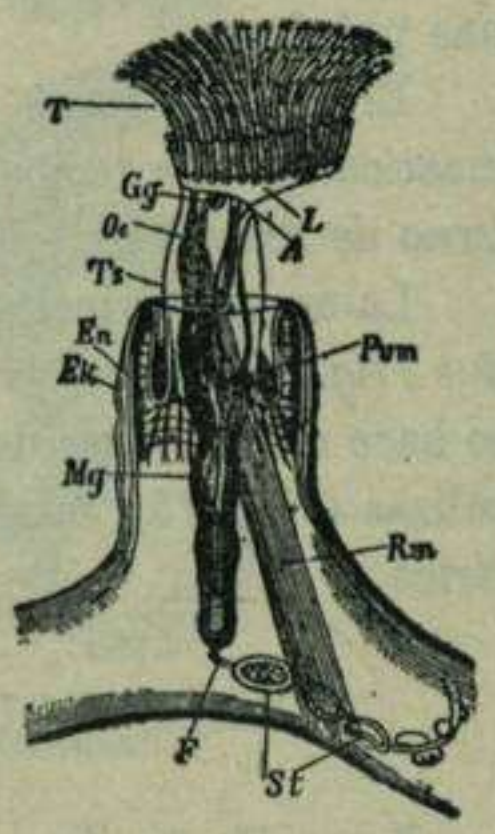


Fig. 436.—Un Briozoo *(Plumatella répens)* (según Claus).

(*) Otros autores admiten además las Clases *Gefireos y Quetognatos*, que no mencionamos aquí por la índole elemental de esta obra. Realmente el Tipo Vermídeos está formado por ramas independientes, que quizá pudieran formar Tipos diferentes.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El género *Plumatélla (fig. 436)* es de agua dulce; los géneros *Búgula*, *Microporélla (fig. 437)*, etcétera son marinos.



Fig. 437.—Zoecias de *Microporélla imprésa* (s. Barroso).

CLASE BRAQUIÓPODOS

Son animales marinos que a primera vista presentan gran semejanza con los Moluscos bivalvos (ostras, almejas, etc.), por poseer una concha formada por dos valvas; una es *dorsal* y de menor tamaño que la *ventral:* el ápice de esta última está encorvado y posee un orificio que sirve para dar paso a un *pedúnculo (fig. 438, St)*, por medio del cual se fija el animal.

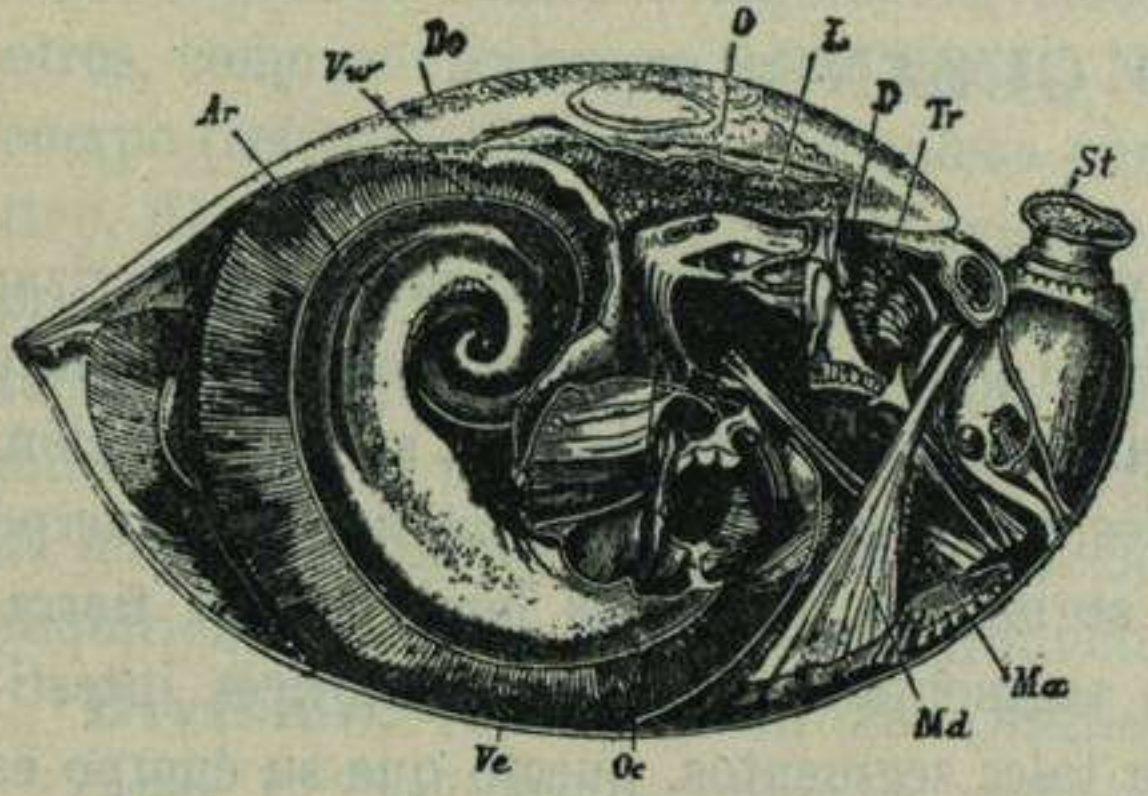


Fig. 438.—Anatomía de un Braquiópodo (s. Hancock.)

Han sido muy abundantes en anteriores épocas geológicas y actualmente están representados por los géneros *Terebrátula*, *Língula*, etc.

CLASE ROTÍFEROS

Son animales de pequeño tamaño, generalmente microscópicos. Ordinariamente viven en las aguas dulces, principalmente en las estancadas y poco corrientes, pero también se les encuentra entre los musgos y algunos en el agua del mar.

En el extremo anterior o superior del cuerpo existe una corona de gruesas pestañas *vibrátiles* que están moviéndose continuamente; el conjunto de estas pestañas constituye el *aparato rotador*, que es bastante complicado *(fig. 439, AR)* y muy característico de estos animales y les sirve para su rápida locomoción, y

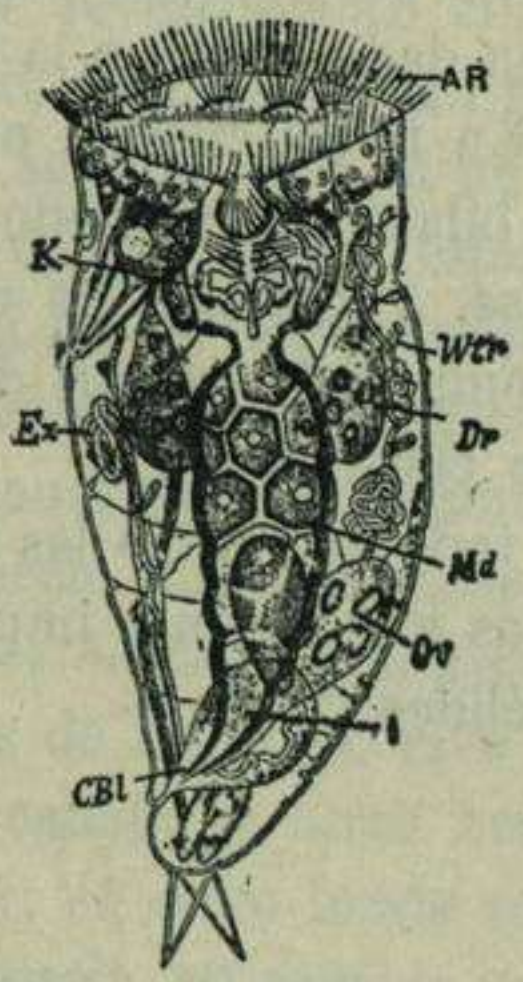


Fig. 439. Fig. 440.

Fig. 439.—Hembra de un Rotífero *(Hydátina sénta)*.
Fig. 440.—Macho de ídem (s. Cohn).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

también para arrastrar a la boca el agua con las partículas que lleva en suspensión y que constituyen su alimento; la boca continúa por un corto esófago que conduce a una robusta *molleja* o *mástax (fig. 439, K)*, provista de varias piececitas duras. Los Rotíferos son *partenogenéticos* durante la mayor parte del año; los machos no aparecen hasta el otoño y no viven más que dos o tres días.

Una de las especies más comunes es la *Hydátina sénta (figs. 439 y 440)*.

TIPO GUSANOS (*)

El Tipo de los Gusanos es el más heterogéneo y difícil de caracterizar de todo el Reino animal, hasta el punto que casi ningún zoólogo admite este grupo como tal entidad taxonómica. Si se atiende a su organización, sus diferencias son considerables, pues en tanto que unos tienen el cuerpo dividido en partes iguales o segmentos, como las lombrices de tierra, otros presentan el cuerpo no segmentado, como las lombrices intestinales, sin nada que recuerde a tales segmentos, puesto que su cuerpo es continuo e indiviso. Su género de vida es muy variable, ya que unos son libres viviendo en el mar, en las aguas dulces o en la tierra húmeda, y otros parásitos, como las solitarias y las triquinas.

A pesar de esto existe entre todos los seres que aquí se estudian algo de común que ha dado origen a la denominación de gusanos, más vulgar que científica. En todos ellos el cuerpo es simétrico con relación a un plano (simetría bilateral), alargado, blando e inconsistente, sin extremidades articuladas, y dotados de movimientos peculiares llamados *vermiformes*. Se comprende por lo dicho la dificultad de establecer una clara y perfecta clasificación.

Respetando todo lo posible las relaciones naturales se establecen varias clases, de las que las más importantes son los Platelmintos, Nematelmintos y Anélidos (**).

(*) A fin de no dar mayor complejidad a la clasificación adoptada, aceptamos el Tipo de los Gusanos, aunque, realmente, no existe. Hoy en día cada una de sus Clases tiene el valor de un Tipo.

(**) Dado el plan que nos hemos trazado al escribir la parte descriptiva, prescindimos del grupo de los *Nemertes*, que no tiene otro interés que el científico.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CLASE PLATELMINTOS

Son de forma aplanada o deprimida y su cuerpo puede constar de una sola porción, diciéndose entonces que es unisegmentado, como la duela del hígado, o, por el contrario, estar formado por gran número de ellas, llamadas anillos o segmentos, colocados unos a continuación de otros, como se observa en las solitarias. No tienen realmente cavidad del cuerpo (celoma), pues ésta está rellena por una especie de tejido conjuntivo. El aparato digestivo, cuando existe, carece de ano, siendo casi siempre ramificado y aun arborescente. El aparato excretor es del tipo protonefridiano *(fig. 177)*, o sea formado por un sistema de conductos ramificados cuyas últimas ramillas están obturadas por una célula provista de un haz de flagelos o cilios vibrátiles. Son casi siempre hermafroditas, adquiriendo en ellos el aparato reproductor inusitada complicación.

División.—Se divide en tres *Órdenes:*

Orden I. Turbeláridos; animales casi siempre libres, con el cuerpo revestido de un epitelio con pestañas vibrátiles.

Orden II. Trematodes; parásitos, de cuerpo no segmentado, sin revestimiento ciliar, con el tubo digestivo ramificado.

Orden III. Cestodes; parásitos, sin revestimiento ciliar, sin aparato digestivo, con el cuerpo, generalmente, formado de un gran número de anillos o segmentos. Su parte anterior se diferencia en un órgano de fijación, provisto, en los más conocidos, de ventosas y espinas.

Los Trematodes y los Cestodes son los de mayor interés, por ser parásitos, muchas de sus especies, del hombre o de los animales domésticos; por esta razón será de los únicos que aquí nos ocuparemos.

Orden Trematodes.—La especie más frecuente es la llamada *duela del hígado (fig. 441) (Distomum hepáticum* o *Fasciola hepática)*, la cual mide de dos a tres centímetros de longitud, vive parásita en los conductos biliares del carnero, vaca, caballo y otros herbívoros y está provista de dos ventosas, una anterior, en cuyo fondo se abre la boca, otra ventral, próxima a aquélla. Esta especie, así como la mayoría del grupo, es hermafrodita, y su desarrollo muy complicado y curioso: en efecto, los huevos puestos por el animal adulto encierran un embrión ciliado, el cual

Instituto San Isidro de Madrid 2008

no sale del huevo hasta tanto que éste no es arrastrado al agua con las heces fecales; entonces queda en libertad en el agua, donde nada por medio de sus pestañas vibrátiles *(miracidio) (fig. 218)*, y en la cual no puede vivir más que unas ocho horas, al cabo de las cuales muere si no encuentra antes un pequeño molusco acuático *(Limnæa) (figura 209)*, que le es necesario para poder continuar su desarrollo, y en el que penetra por medio de una pequeña prolongación de la parte anterior del cuerpo; después de esto pierde las pestañas vibrátiles y se transforma en una larva en forma de saco denominado *esporocisto (fig. 221)*, que encierra varias masas de células *(M)*, que ulteriormente originarán otros tantos embriones denominados *redias (R)*. Éstas *(figura 222)* poseen boca, tubo digestivo *(D)*, etc., y después de atravesar la pared del esporocisto van a los distintos órganos del molusco,

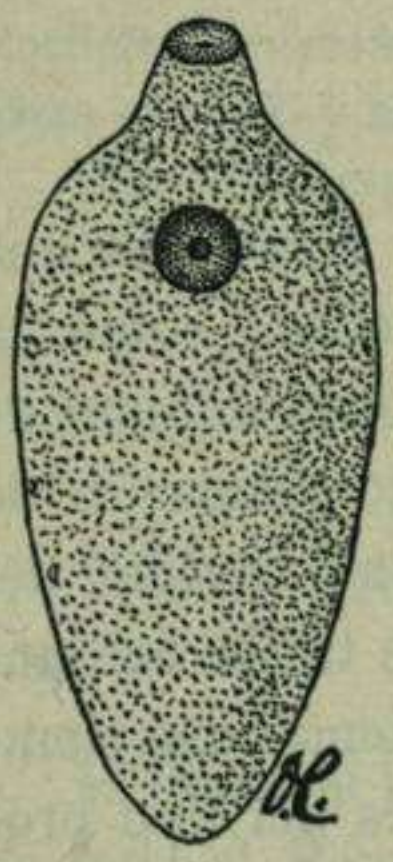


Fig. 441.—Esquema del Trematode adulto y parásito llamado *Fasciola hepática*, visto por la cara inferior. Carece de revestimiento ciliar.

principalmente al hígado, donde evolucionan y originan en su interior nuevos embriones, que reciben el nombre de *cercarias (C)*, los que saliendo por un orificio de la redia atraviesan los tejidos del molusco y caen al agua, en la cual se desplazan con ayuda de su cola *(fig. 219)* hasta llegar a las plantas acuáticas (berros, etc.), o a las próximas al agua, donde se enquista; cuando este quiste es ingerido por un carnero, se rompe en su tubo digestivo, y se origina una duela pequeña, que pasando a los conductos biliares origina la enfermedad. Estas metamorfosis indicadas pueden sufrir gran número de modificaciones en otras especies afines. En el hombre puede desarrollarse, lo mismo que en el carnero y otros Mamíferos, por tomar agua que contenga cercarias (*).



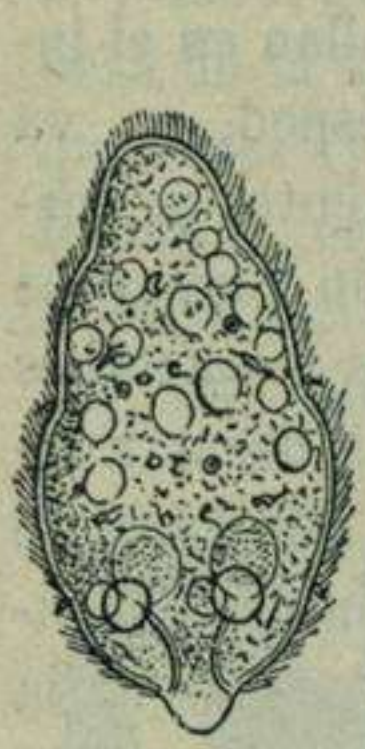
Fig. 442.—*Schistosomum (Bilharzia) hematobium* (según Looss).

Otra de las especies más notables es *la bilarcia de Egipto* o *Schistoso-*

(*) Para otros detalles y profilaxis. véanse las obras de O. Cendrero *Elementos de Higiene*, 8.ª edición, pág. 138, y *Lecciones de Anatomía, Fisiología e Higiene*, pág. 191.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mum hæmatobium, descubierta en 1852 por el notable parasitólogo Bilharz, y que es uno de los poquísimos ejemplos de Trematodes unisexuados. Este animal *(fig. 442)* ataca al hombre y es el agente de una enfermedad denominada *hematuria de Egipto* o *bilharzosis*. Esta enfermedad está muy extendida en el África Oriental y en Egipto.



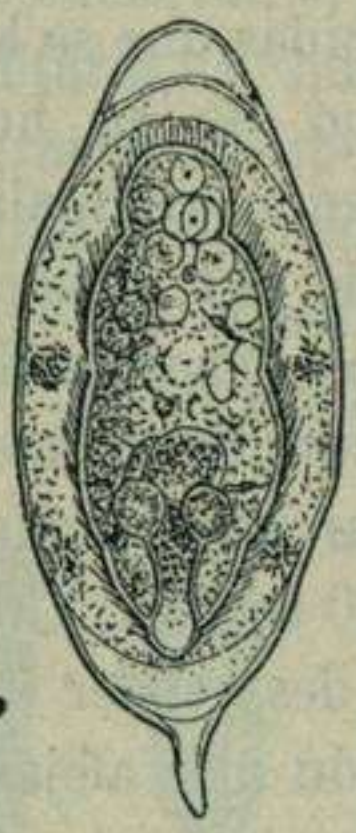


Fig. 443. Fig. 444.

Huevo (443) y miracidio (444) de *Schistosomum* (según Railliet).

El parásito vive habitualmente en los vasos venosos que riegan la vejiga urinaria y otros órganos abdominales.

De los huevecillos *(fig. 443)* nace un *miracidio* ciliado *(fig. 444)* que nada en el agua, el cual, sin intervención de huésped intermedio, penetra directamente a través de la piel, durante el baño o durante las faenas agrícolas.

Orden Cestodes.—Este nombre quiere decir que los seres de este grupo tienen forma de cinta (gr. *késtos*, cinta; *eídos*, aspecto). Las especies más conocidas son las *solitarias*. Todos son parásitos y carecen de aparato digestivo, circulatorio y respiratorio. Son hermafroditas.

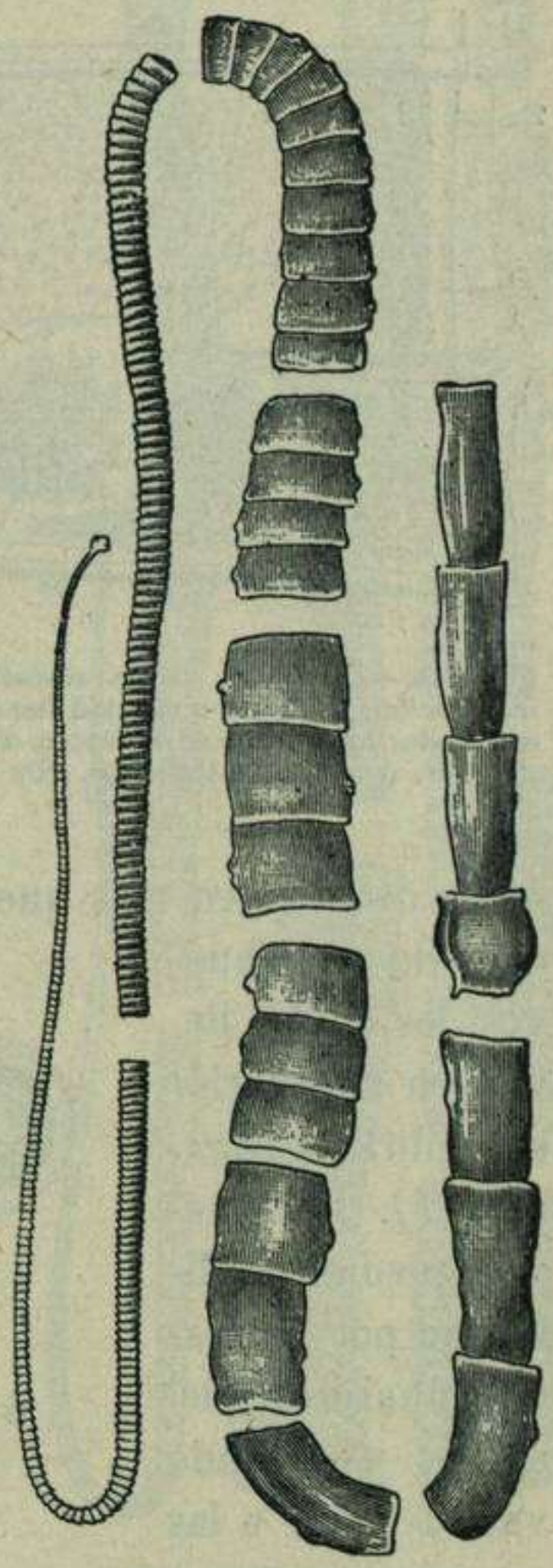


Fig. 445.—Fragmentos de la *Tæn a saginata* o solitaria procedente de los cisticercos de la carne de buey. (De Claus).

Las llamadas *solitarias* comprenden especies correspondientes a los dos géneros *Tænia* y *Bothriocéphalus;* las más frecuentes son las primeras, que a su vez encierran varias especies, de las cuales las principales son: la *Tænia saginata* o *inérmis* y la *Tænia sólium;* la primera *(fig. 445)* vive temporalmente y en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

estado larvario en el buey, y en estado adulto en el intestino delgado del hombre, al cual se fija por medio de las ventosas de que se halla provisto su primer anillo o *escólex* (vulgarmente *cabeza* de la solitaria). Fija de esta manera, se va alimentando por ósmosis de las sustancias digeridas y en estado de ser absorbidas que se hallan en el intestino de su huésped, y va creciendo gradualmente y formando por gemación numerosos anillos denominados *proglotidios* o *cucurbitinos*, hasta llegar a alcanzar un tamaño que varía de 3 a 10 metros. Entonces comienza a desprender los anillos de la porción más alejada del escólex, los cuales salen del intestino mezclados con las heces fecales, ya uno a uno o en pequeños grupos, ya muchos de una vez, constituyendo una *cinta* de solitaria. Estos anillos *(fig. 446)* no se desprenden más que en la madurez, es decir, cuando su útero está cargado de huevos, los cuales llevan en su interior el embrión *(figura 447)*. Los huevos quedan en libertad por la descomposición del anillo, y cuando van a parar a las aguas y con éstas se riegan prados o son tomadas por un buey (o un hombre), tan pronto como los huevos se encuentran en el intestino dejan en libertad el embrión *(fig. 447, b)*, llamado exacanto, por poseer seis espi-

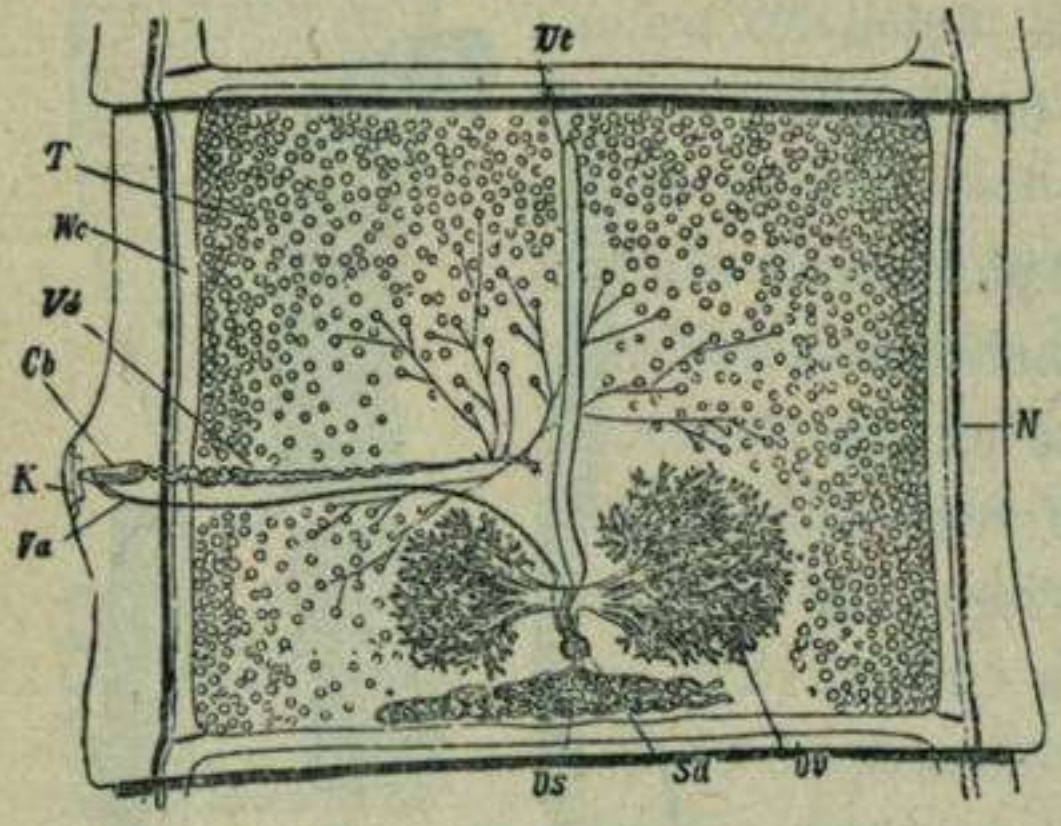


Fig. 446.—Anillo de *Tœnia saginata* en vía de maduración: *Ut*, útero o cavidad donde se hallarán encerrados los huevos en la época de la madurez; *Ov*, ovarios; *T*, testículos. (De Claus).

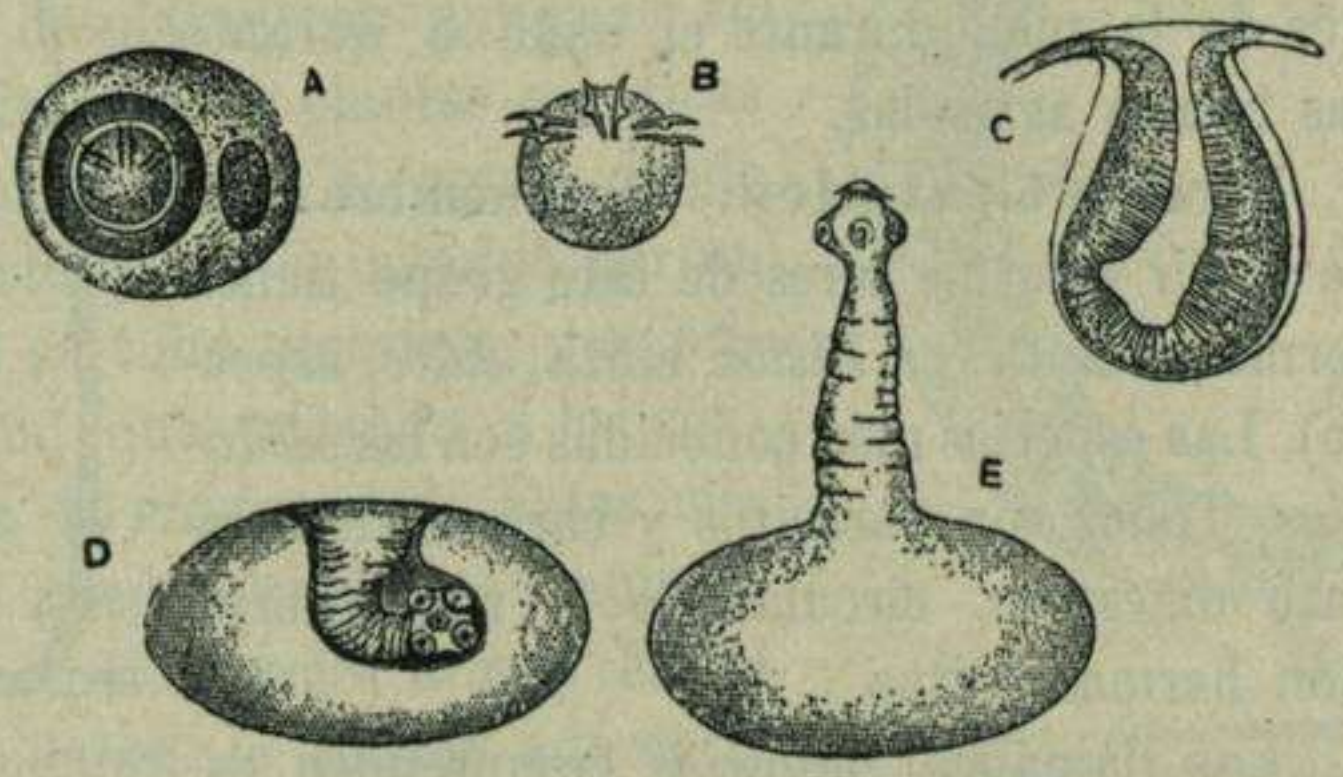


Fig. 447.—Desarrollo de la *Tœnia sólium* o *solitaria* procedente de la carne de cerdo: *a*, huevo con el embrión; *b*, embrión libre; *c* y *d*, comienzo y terminación de la formación del cisticerco; *e*, cisticerco dejando libre el que será el primer anillo o *cabeza* de la solitaria. (De Claus.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nas dispuestas en tres grupos de dos, que, perforando la pared intestinal del animal, va a parar al tejido conjuntivo que une los músculos, originando los llamados *cisticercos (figs. 447, c, d, y 448)*, que encierran el primer anillo o cabeza de la solitaria, y que quedan allí enquistados (durante tiempo indefinido en el hombre), originando la *cisticercosis*. Cuando la carne del buey es consumida por un hombre, del cisticerco se desinvagina la cabeza, que se fija al intestino, y da origen a la solitaria, así llamada por la errónea creencia de que no puede existir más que una en el intestino de cada individuo. La carne de cerdo encierra el cisticerco de la solitaria llamada *Tœnia sólium (figs. 447 y 448)*, que se diferencia de la anterior por tener en la cabeza ganchos además de las ventosas *(figs. 447, e, y fig. 220)*; esta solitaria, cuando se desarrolla en el intestino del hombre, por tomar éste carne de cerdo con cisticercos, alcanza una longitud de dos a tres metros, por término medio.

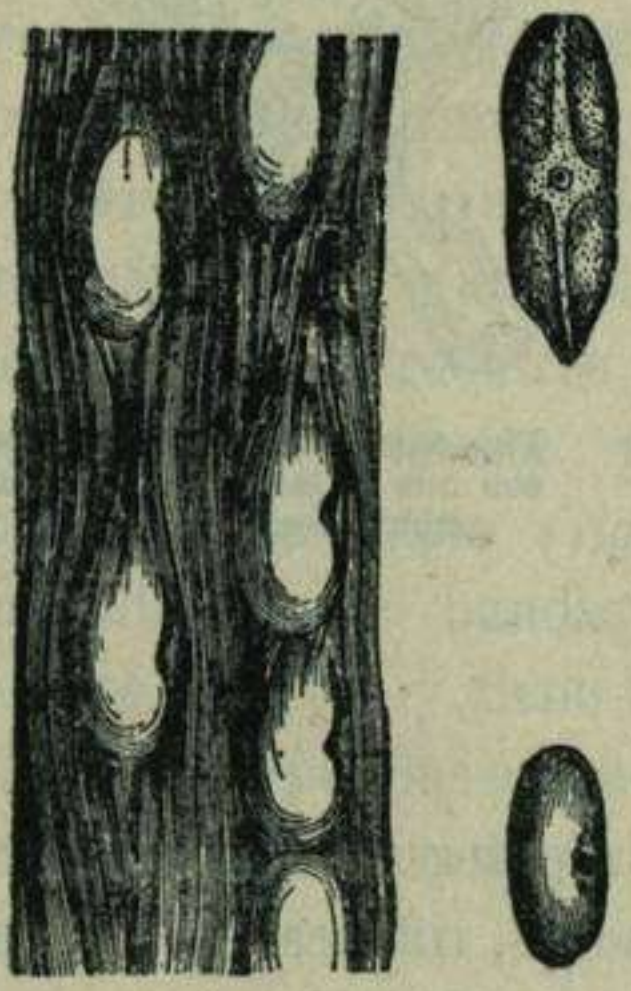


Fig. 448.—Cisticercos de *Tœnia sólium* enquistados en un músculo de cerdo. Al lado, dos cisticercos aislados. (Aumentado varias veces.)

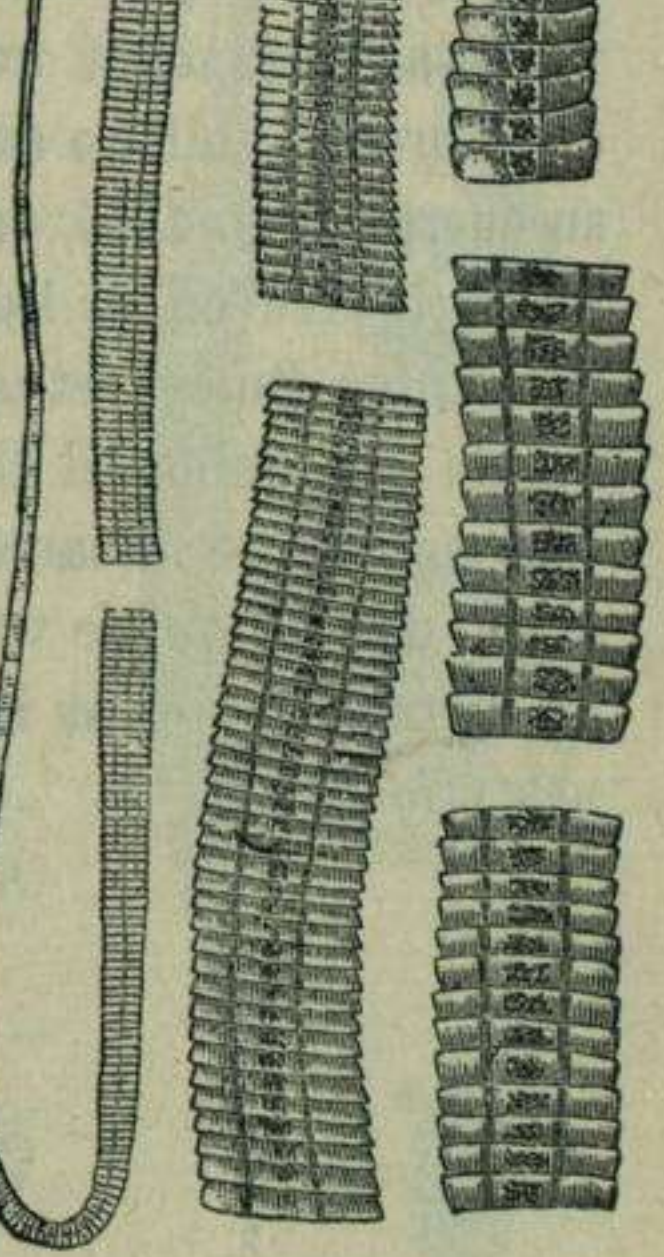


Fig. 449.—*Bothriocéphalus* (De Claus.)

El *Bothriocéphalus* o *Dibothriocéphalus latus (fig. 449)* es la mayor de todas las solitarias, pues mide de 14 a 16 metros. La cabeza tiene dos surcos o *botridios (fig. 450)*, por medio de los cuales se fija en el intestino. Vive en estado de larva en un Copépodo de agua dulce que es devorado por ciertas especies de peces de agua dulce

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(trucha, perca, *Exos lucius*, etc.), en cuyos músculos se enquista, y en

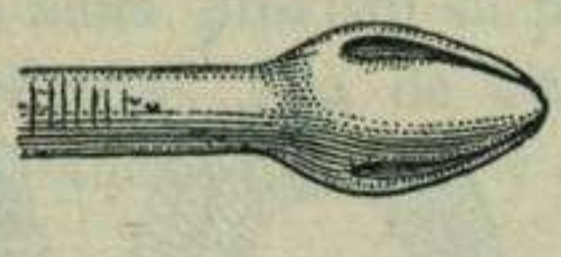


Fig. 450.

estado adulto en el intestino delgado del hombre, en el que origina una anemia grande.

La llamada *Tænia echinocóccus* o *Echinocóccus granulosus* vive en estado adulto en el intestino de los perros, al cual se fija por medio de las ventosas y ganchos que tiene en el primer anillo o cabeza de su cuerpo *(fig. 451);* en estado de *larva* vive en el hombre y rumiantes (buey, etc.), originando en ambos el llamado *quiste hidatídico*, de terribles consecuencias cuando se desarrolla en el hígado, los pulmones, riñones, etc. El tamaño de este quiste varía desde el de un puño hasta 10 ó 12 centímetros de diámetro, y en su interior encierra una o más bolsas llenas de embriones *(fig. 452)* (*).



Fig. 451.—*Tænia echinocóccus*, aumentada doce veces. (De Claus.)

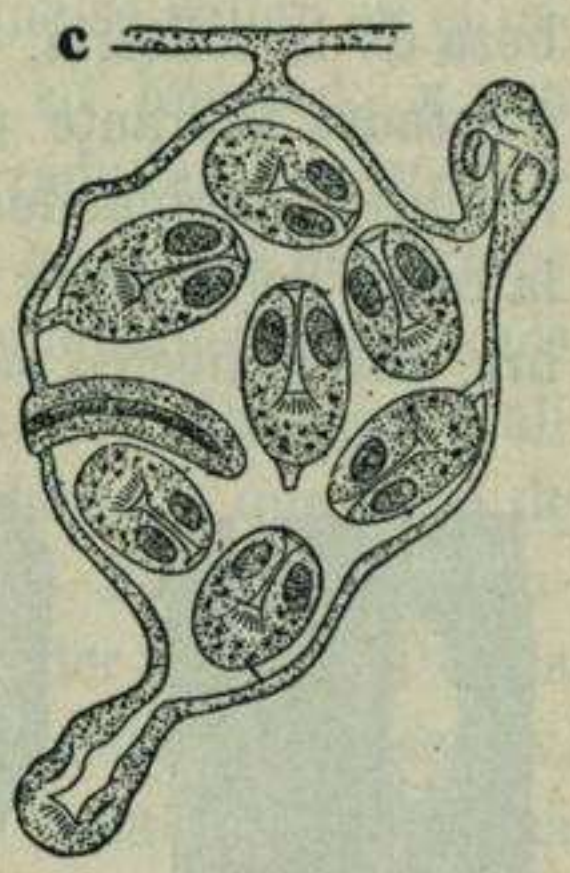


Fig. 452.—*C*, pared del quiste con una de las bolsas llena de embriones. (De Claus.)

CLASE NEMALTEMINTOS

La forma de los Nemaltemintos es la de gusanos alargados y cilíndricos, a lo que alude su nombre, que significa gusanos redondos o en forma de cordón.

Presentan una cavidad del cuerpo perfectamente constituída y falta en ellos constantemente la segmentación. Sus tegumentos están prote-

(*) Para profilaxis de estas enfermedades, véanse las obras citadas en la nota de la pág. 324.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gidos por una delgada cubierta quitinosa. Casi todos ellos tienen intestino provisto de boca y ano.

Son, generalmente, unisexuales. El desarrollo es más sencillo que el de los Platelmintos, siendo en general directo, y si en algún caso existe un huésped intermedio, sus metamorfosis son sencillas. Un rasgo biológico muy frecuente en estos seres son las emigraciones que realizan de unos órganos a otros en la economía de su víctima. Así, por ejemplo, la triquina pasa del intestino a los músculos, y las *Filarias* del aparato digestivo a los vasos sanguíneos o linfáticos.

Los Nematelmintos se dividen en tres Órdenes: *Nematodes*, *Gordiáceos* o *Nematomorfos* y *Acantocéfalos;* aquí sólo nos ocuparemos del primero y del último.

Orden Nematodes.—Son los Nematelmintos más típicos, numerosos y conocidos: corresponden a ellos, entre otros muchos, las *lombrices intestinales*, la *triquina* y las *filarias*. Poseen numerosos mioblastos *(fig. 158)* agrupados, constituyendo varias bandas musculares. El tubo digestivo es recto y tiene boca y ano; la boca se halla provista de papilas o ganchos duros. Carecen de aparato circulatorio y respiratorio. El aparato excretor consiste en dos tubos que se extienden de uno o otro extremo del cuerpo. Generalmente son parásitos.

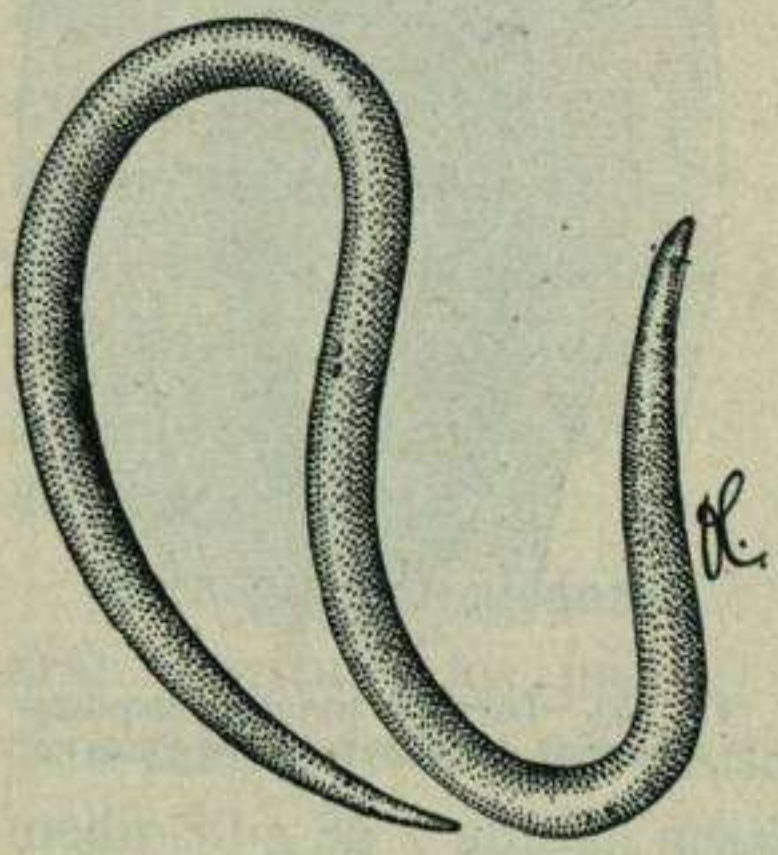


Fig. 453.—*Acaris lumbricoides*, hembra. Tamaño mitad del natural.

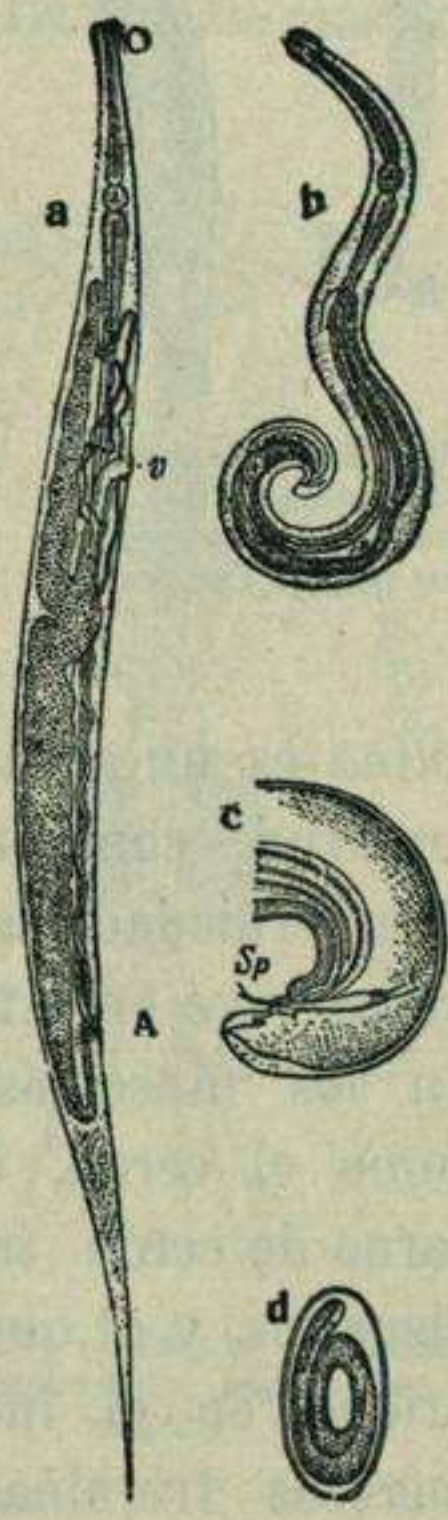


Fig. 454.—*Oxyúrus vermicularis*.—*a*, hembra; *b*, macho; *d*, huevo que contiene un embrión (aumentado). (De Claus.)

Las especies principales son los *Áscaris lumbricóides* y *Oxyúrus vermiculáris*, que son las llamadas vulgarmente *lombrices intestinales*, tan frecuentes en los niños. Las primeras *(fig. 453)* miden 25 ó más centímetros y habitan preferentemente en el intestino delgado. Las segundas *(fig. 454)* miden

Instituto San Isidro de Madrid 2008

hasta doce milímetros, son muy delgadas y viven en el intestino grueso, principalmente. Las hembras de ambos desprenden los huevos, que van a parar con las heces fecales del hombre a las aguas, a las cuales contaminan, así como a las hortalizas regadas con ellas. El *Ankylóstoma duodenális (figura 455)* y el *Necátor Americánus*, son dos pequeños Nematelmintos (de unos 8 a 12 milímetros el macho y 10 a 18 milímetros la hembra), que viven en el duodeno del hombre y originan la *anquilostomiasis* o *anemia de los mineros*, así llamada porque es frecuente en éstos, en los que determina la anemia por efecto de las continuas hemorragias ocasionadas por la picadura y perforación de las paredes del duodeno.

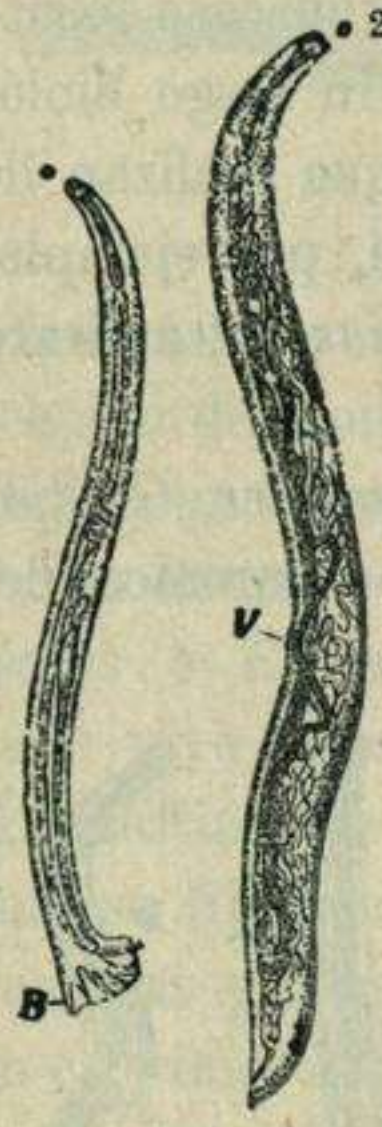
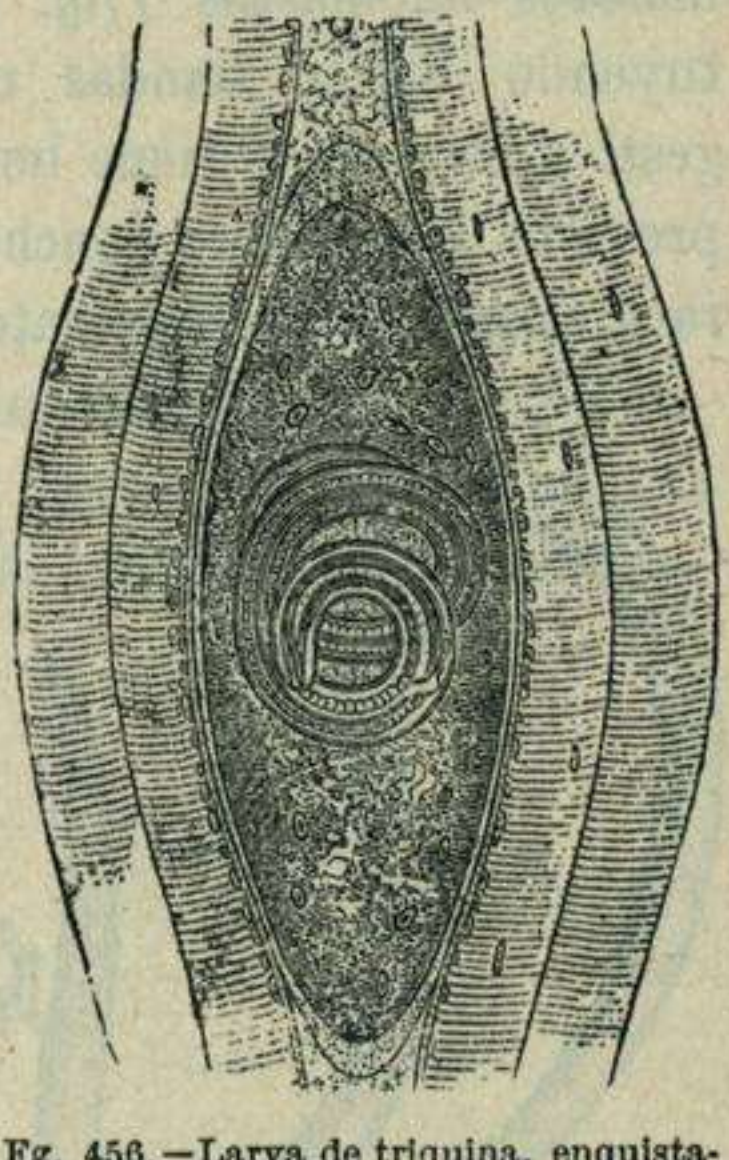


Fig. 455.—*1*, macho, y *2*, hembra de *Ankylóstoma* (aumentado) (según Leuckart).

En nuestros distritos mineros la anquilostomiasis está muy difundida, habiéndose constituído organismos oficiales a fin de combatir el mal.

La *Trichina* (o *Trichinella) spirális* o *triquina* es un gusano de tres milímetros de longitud, como máximum, que produce la enfermedad llamada *triquinosis*. La triquina vive en estado de larva enquistada en los músculos de diversos animales, como el cerdo, etc. Si el hombre come carne de cerdo triquinoso, los quistes son disueltos, y al quedar en libertad los embriones en el intestino, se originan numerosas triquinas machos y hembras; los primeros mueren una vez efectuada la fecundación, pero la mayor parte de las segundas penetran en la mucosa intestinal, en donde depositan alrededor de 1.500 embriones de pequeño tamaño, los cuales atraviesan los vasos linfáticos hasta alcanzar el torrente circulatorio y llegar a los músculos, en los que se encuentra. Cuando la



Fg. 456.—Larva de triquina, enquistada (muy aumentada). (De Claus.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

carne ingerida está muy infectada, la triquinosis puede ser mortal (*).

De la misma Familia que la triquina es el *Trichocephalus trichiurus (figura 457)*, que vive en el intestino del hombre y que modernamente se ha comprobado puede ser causa de la apendicitis.

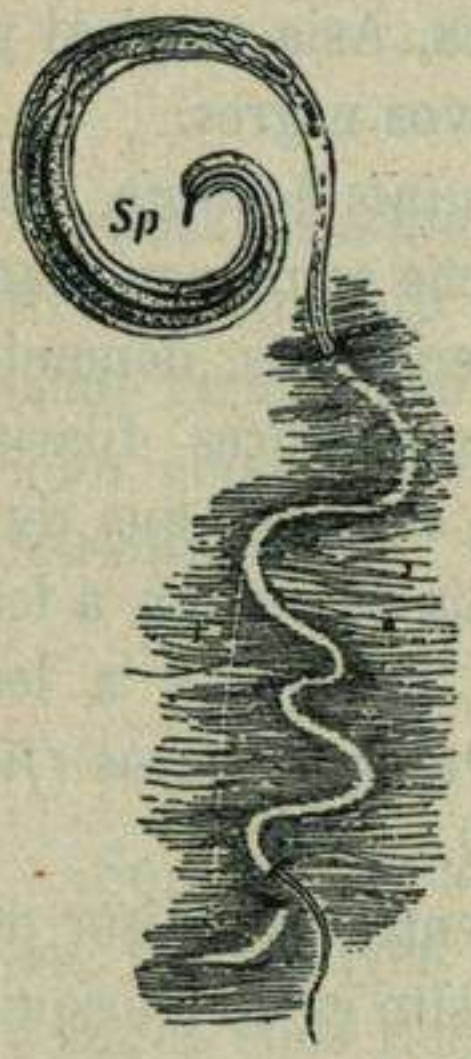


Fig. 457.—Macho de *Trichocephalus* con la parte anterior del cuerpo clavada en la mucosa del intestino. (De Claus).

Las especies del género *Filaria* dan lugar a enfermedades de sintomatología muy diferente, que reciben el nombre genérico de *filariosis*.

La especie más notable y conocida es, sin duda, la *filaria de Medina* o *Filaria medinensis*, conocida desde antiguo con los nombres de *serpiente de fuego*, *dracúnculo* o *gusano de Medina*, etc.

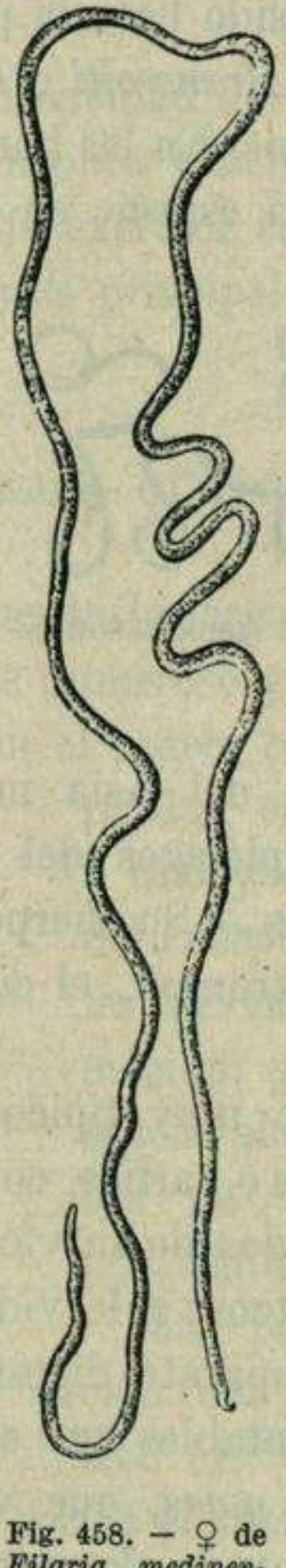


Fig. 458. — ♀ de *Filaria medinensis* (s. Leuckart).

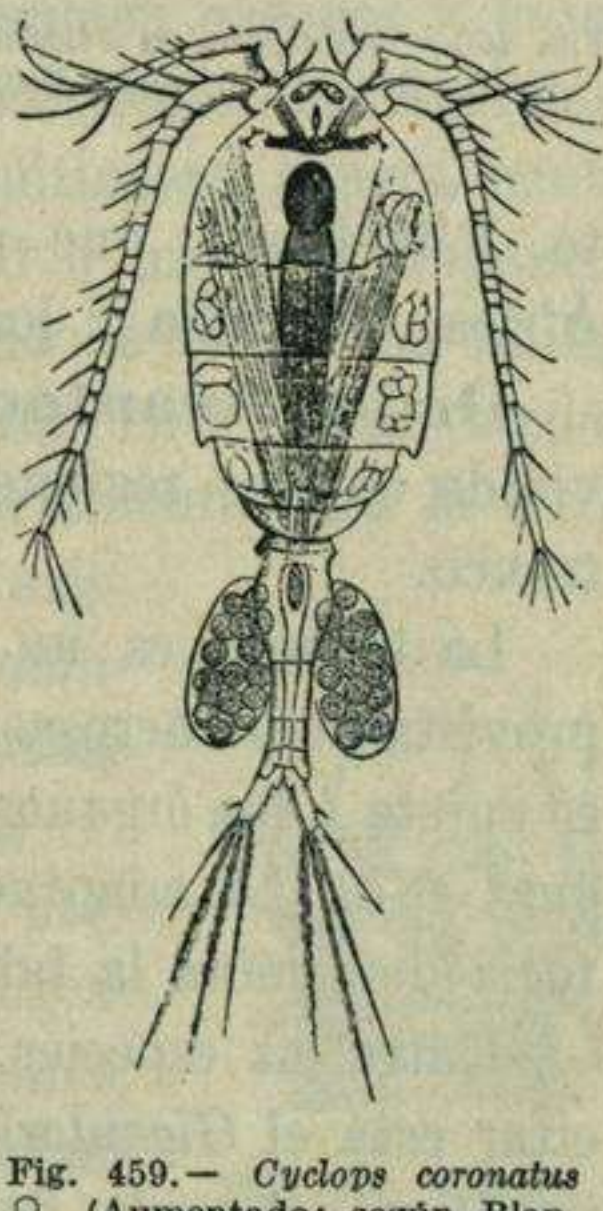


Fig. 459.— *Cyclops coronatus* ♀. (Aumentado: según Blanchard).

Este gusano alcanza gran longitud; los machos miden de 10 a 15 centímetros, en tanto que las hembras llegan a medir 30 a 35 y aun en ocasiones hasta un metro *(fig. 458)*.

Este parásito vive preferentemente en las extremidades inferiores, en las que experimenta un lento desarrollo.

(*) Para más detalles y profilaxis de estas enfermedades, véase *Elementos de Higiene*, 8.ª ed., por O. Cendrero, págs. 136 y 142.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Las larvas de la *Filaria medinensis* viven en el interior de un Copépodo de agua dulce *(Cyclops coronatus) (fig. 459)*.

La infección se produce al beber las aguas en que estos diminutos Crustáceos abundan.

La filaria de Medina está difundida por toda África, Asia tropical y aun por América, adonde ha sido llevada por los esclavos negros.

Otra especie de la *Filaria Brancrofti* o *Filaria sanguinis hominis*, que se aloja en los vasos sanguíneos. En las horas de la noche se reúnen gran número de individuos de esta especie en los vasos periféricos, denominándosele entonces filaria nocturna, en tanto que durante el día se retiran a los vasos del pulmón y a los grandes vasos torácicos *(figura 460)*.

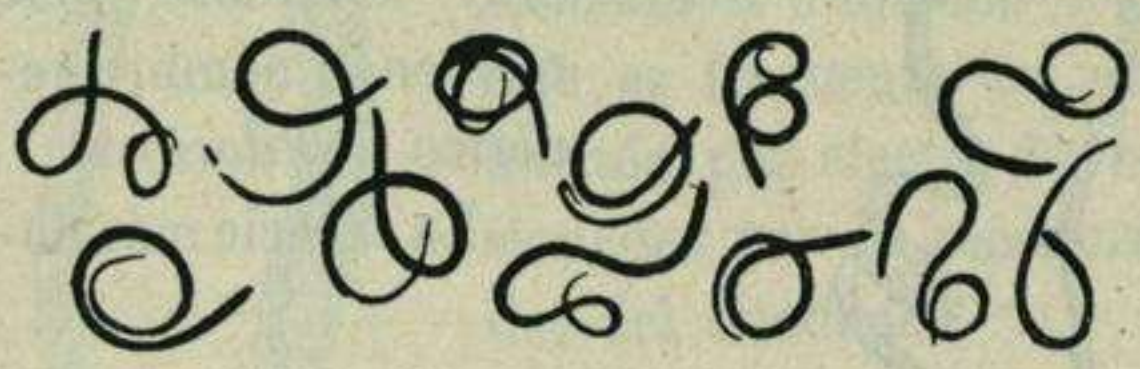


Fig. 460.—Embriones de *Filaria Bancrofti* (aumentados) (según Manson).

El agente transmisor de este parásito es un mosquito. Esta filaria, que procede del Asia meridional, se ha difundido a África, Australia y los Archipiélagos del Pacífico.

Orden Acantocéfalos.—Su cuerpo está dividido en tres regiones: la trompa, el cuello y el tronco.

La trompa es un órgano muy típico, estando provista de numerosas espinas o garfios, con los que se sujeta a los órganos y tejidos de su víctima *(figura 461)*. La adaptación intensa a la vida parasitaria determina la falta de aparato digestivo.

Entre las especies más notables que se pueden citar está el *Gigantorhynchus gigas*, que vive en el intestino del cerdo, del jabalí y de algunos mamíferos domésticos. Los embriones completan su ciclo evolutivo en los escarabajos sanjuaneros y en otros Coleópteros.

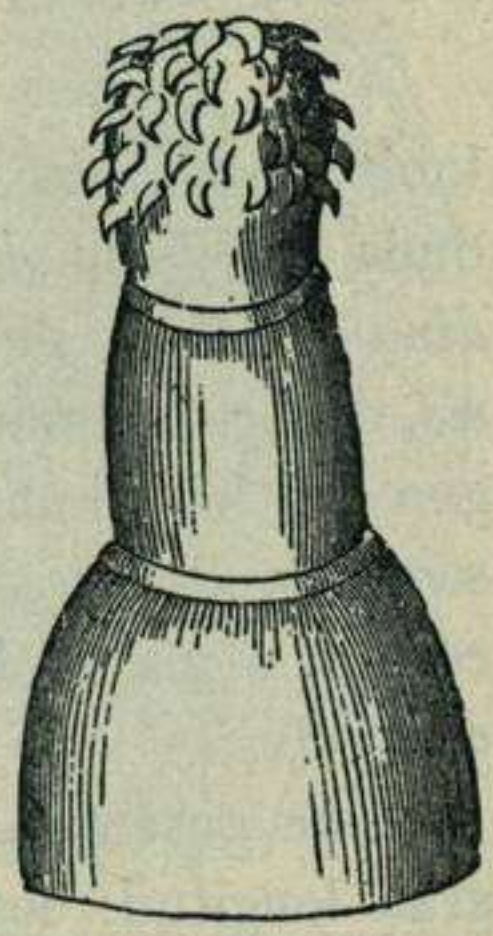


Fig. 461.—Parte anterior del cuerpo de un *Gigantorhynchus gigas*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CLASE ANÉLIDOS

Gusanos segmentados, con cavidad del cuerpo, en general, bien constituída. Aparato digestivo con boca y ano. Sistema circulatorio diferenciado generalmente. El aparato excretor es del tipo nefridiano. Los Anélidos comprenden dos subclases principales, denominadas *Quetópodos* e *Hirudínidos*.

SUBCLASE QUETÓPODOS

Son los llamados vulgarmente *lombrices*, y también *gusanos* y *gusanas*. Constituyen el grupo más numeroso y característico de los Anélidos, y todos ellos tienen de común el poseer *cerdas* quitinosas, generalmente rígidas, en mayor o menor abundancia a uno y otro lado de todos los anillos del cuerpo *(fig. 462, en P)*; estas cerdas les sirven ordinariamente para la locomoción, y a su existencia alude el nombre de la subclase (gr. *chaite*, cerda).

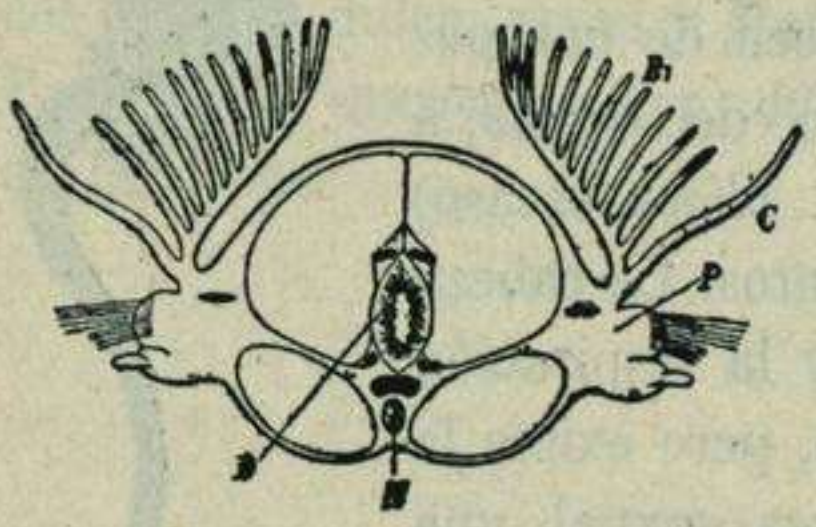


Fig. 462.—Corte transversal de un Anélido *(Eunice)*. *P*, parápodos con cerdas; *br*, branquias; *D*, intestino; *N*, sistema nervioso (s. Claus).

La primera porción del tubo digestivo es, en algunos, muy fuerte, desinvaginable, y recibe el nombre de *trompa*, que a veces está provista de piezas quitinosas que sirven para masticar y se denominan *mandíbulas (figura 463, K)*.



Fig. 463.—Cabeza y primeros segmentos de un Anélido *(Perineréis cultrífera)*. La trompa está desinvaginada para mostrar las mandíbulas *K* (s. M. Edwards).

División.—Comprende dos *Órdenes:* el de los *Poliquetos* y el de los *Oligoquetos*.

Orden Poliquetos (gr. *polys*, mucho; *chaíte*, cerda).—Son casi todos marinos. Sus cerdas, muy numerosas, están implantadas en apéndices o protuberancias no articuladas llamadas *parápodos (fig. 462, P)*,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que muchas veces llevan branquias *(br)*. La parte anterior está en algunos diferenciada en una cabeza provista de diversos órganos sensoriales *(antenas, palpos* y *ojos) (fig. 463, F, P* y *O*, respectivamente).

Entre las especies más conocidas están las de los géneros *Nereis (figura 464)*, *Eunice*, alguna de cuyas especies alcanza 1,50 metros de longitud, etc. Algunos viven encerrados en tubos que ellos mismos se fabrican, y otros en tubos que se excavan en la arena o en el cieno, los cuales tapizan interiormente de mucus. En muchos de los primeros las branquias se hallan en la parte anterior del cuerpo y pueden extenderlas fuera del tubo, dándoles un aspecto muy curioso; en éstos los parápodos están poco desarrollados. Entre los Géneros muy conocidos citaremos los *Spirographis (fig. 305)*, *Sérpula (fig. 314)* y *Arenícola (fig. 465)*, éste con branquias laterales y ramificadas.



Fig. 464. — *Néreis (Perinéreis) cultrifera*

Orden Oligoquetos.—Son terrestres o de agua dulce: carecen de parápodos y poseen escaso número de cerdas, a lo que alude su nombre (gr. *óligos*, escaso) implantadas en los tegumentos. La cabeza es poco aparente. Carecen de branquias, y la respiración se verifica por la piel. Son hermafroditas, pero existe la copulación. En el momento de la madurez sexual, una porción del tercio anterior del cuerpo se abulta y constituye el *clitelo (fig. 340, Cl)*, el cual segrega una sustancia que sirve para envolver a óvulos y espermatozoos en una especie de capullo que sale al exterior. Las especies más conocidas son las de los géneros *Lumbricus* y *Allolobophora*, llamadas vulgarmente *lombrices de tierra (fig. 340)*.



Fig. 465.—*Arenícola marina.*

SUBCLASE HIRUDÍNIDOS

También se denominan *Discóforos*, porque poseen dos ventosas, una rodeando la boca y otra en el extremo posterior del cuerpo *(fig. 416)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Vulgarmente se llaman *sanguijuelas*. Carecen de parápodos y de cerdas. Son animales acuáticos y se desplazan, ya nadando por medio de las ondulaciones del cuerpo, bien arrastrándose sobre la superficie de los objetos con la ayuda de las ventosas. Poseen el cuerpo segmentado; pero los segmentos que se ven exteriormente son más numerosos que los que realmente forman su cuerpo. La boca se abre en la ventosa anterior y en la sanguijuela corriente está provista de tres piezas duras y dentadas, que reciben el nombre de *mandíbulas*. Son parásitos temporales y hermafroditas, si bien necesitan de la copulación para la fecundación.

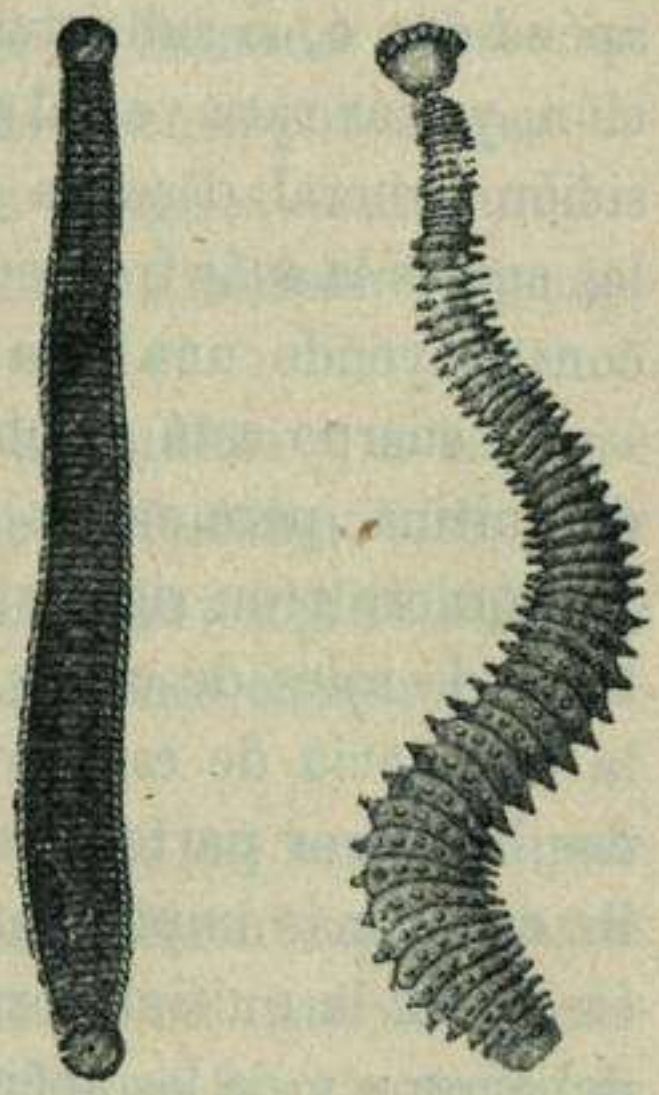


Fig. 466. — Sanguijuela de agua dulce.

Fig. 467.— Sanguijuela marina.

Las especies principales son: la sanguijuela común *Hirúdo medicinális) (figura 465)*, que vive parásita sobre los peces de agua dulce, ranas y Mamíferos, y la *Pontobdélla muricáta (fig. 467)*, que vive sobre las rayas y otros peces marinos.

TIPO ARTRÓPODOS

El cuerpo de estos animales tiene simetría bilateral, está recubierto por la quitina y formado por *anillos* o *segmentos*, los cuales están dispuestos linealmente. Cada uno de estos anillos posee a veces un par de apéndices articulados, a lo que alude el nombre de Artrópodos, o sea animales con patas articuladas (del griego *árthron*, articulación; *podos*, pie). Por efecto de la división del trabajo fisiológico, los anillos y los órganos que éstos contienen sufren una concentración variable que da por resultado la constitución de *regiones* distintas, las cuales, en el caso de mayor complicación, son: la *cabeza*, algunos de cuyos apéndices se adaptan a la masticación y en la cual se hallan ordinariamente localizados los órganos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de los sentidos; el *tórax*, cuyos apéndices sirven generalmente para la locomoción, y el *abdomen*, en el cual desaparecen frecuentemente los apéndices, o, si subsisten, están al servicio de las funciones de reproducción, y más rara vez al de las de la respiración y locomoción. Esta disposición general descrita es susceptible de numerosas modificaciones, de las cuales la más frecuente consiste en la reunión de la cabezay del tórax, constituyendo una sola región, denominada *cefalotórax.*

El cuerpo está recubierto, como en los Nematelmintos, por una capa de quitina; pero en los Artrópodos es mucho más gruesa que en aquéllos y adquiere gran rigidez, rigidez que está aumentada a veces por incrustarse de sales de calcio, principalmente el carbonato. Y precisamente a la existencia de este grueso revestimiento quitinoso deben los Artrópodos la mayor parte de sus rasgos característicos, entre los cuales descuella como más importante la *articulación de los segmentos y apéndices.* En efecto: si la quitina formase un revestimiento continuo, los movimientos del cuerpo y de los apéndices no podrían verificarse: por esto es menester que en algunas zonas del cuerpo no exista la capa quitinosa o que forme una delgada película sobre los tegumentos, que de este modo conservan su flexibilidad y permiten los movimientos de flexión y extensión del cuerpo y de los apéndices. Otra consecuencia importante de la existencia de la quitina es el fenómeno conocido con el nombre de *muda* que se observa en todos los Artrópodos, pues siendo la quitina rígida, esta rigidez impide el crecimiento del animal, que periódicamente necesita hender y desprender el revestimiento quitinoso con el fin de poder crecer hasta que se constituye otra nueva cubierta: este fenómeno es mucho más ostensible en los Crustáceos (quisquillas, cangrejos, etc.), que en otros grupos; en los Insectos, las mudas tienen lugar durante su desarrollo, ya que en la edad sexuada o adulta no crecen, y por tanto, no mudan.

La organización es muy variable, por lo que aquí sólo haremos algunas indicaciones de carácter general.

El sistema nervioso, que es ganglionar, y el aparato digestivo se entrecruzan en la parte anterior del cuerpo. Esto tiene lugar en virtud de la siguiente disposición anatómica *(figs. 181* y *182)*: en la parte anterior o cefálica, por encima del esófago existe un grupo de ganglios denominados *cerebroides* o *supraesofágicos;* en el primer anillo o segmento que sigue a la cabeza se encuentran ventralmente situados, esto es, por debajo del esófago, otro grupo de ganglios denominados *infraesofágicos;* unos y

Instituto San Isidro de Madrid 2008

otros están unidos entre sí por un par de nervios o comisuras que rodean el esófago, constituyendo el llamado *collar esofágico*.

A partir de los ganglios infraesofágicos existe la llamada *cadena infraintestinal*, de posición ventral, formada primitivamente por un par de ganglios en cada segmento o metámero; dichos ganglios están unidos entre sí y con los correspondientes a los segmentos anteriores y posteriores mediante nervios.

Los ganglios de la cadena nerviosa tienden a reunirse y a soldarse unos con otros; los de cada par es frecuente que se fusionen entre sí y los de los segmentos de cada región se pueden soldar en ganglios más voluminosos en correspondencia inmediata con las regiones en que el cuerpo se divide.

El aparato circulatorio es muy variable, existiendo un centro impulsor o corazón dorsalmente situado formado generalmente por varias cavidades. La perfección del aparato circulatorio es un carácter primitivo, hasta el extremo que éste es muy complejo en formas arcaicas, como el cangrejo bayoneta o cacerola *(Limulus)* y el escorpión, y muy sencillo en formas tan evolucionadas como los Insectos.

Unos Artrópodos, como los cangrejos, respiran el aire disuelto en el agua mediante branquias que ofrecen variadísimas disposiciones; otros respiran directamente el aire atmosférico, como los ciempiés y los insectos, generalmente mediante un sistema de tubos ramificados llamados tráqueas que llevan el oxígeno a todos los parajes del cuerpo (pág. 172 y *figs. 174* a *176)*.

El aparato digestivo tiene, generalmente, boca y ano y se diferencia en tres porciones: anterior, media y posterior, que ofrecen múltiples variaciones en los distintos grupos.

Son casi todos ellos unisexuales, existiendo algunas formas sedentarias (percebes) o parásitos *(Saculina)* que son hermafroditas. Los fenómenos de partenogénesis y poliembrionia están muy difundidos en el grupo, especialmente en los *Insectos*.

El grupo de los Artrópodos es, sin duda alguna, el más numeroso del Reino Animal y el que comparte con el de los Vertebrados el dominio de todos los medios biológicos. Son para el hombre de extraordinario interés por sus múltiples aplicaciones, ya que muchos sirven de alimento, y otros proporcionan sustancias útiles, como la seda o la miel. Muchos de ellos son transmisores de enfermedades, como el mosquito y algunas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

garrapatas, o son ellos mismos parásitos, como el arador de la sarna. Otro interés que despiertan para el hombre es el de influir directamente en la prosperidad de los campos y los bosques, ya que unos constituyen verdaderas plagas, como la langosta y muchas orugas, etc., en tanto que otros son favorables por combatir y perseguir precisamente a algunos de aquellos que son perjudiciales.

División.—Para establecer las distintas clases en que se dividen los Artrópodos se atiende a la forma de los apéndices prebucales, a la disposición del aparato respiratorio y al número de patas.

Los apéndices prebucales son en unos sensoriales, generalmente delgados, denominándose *antenas*, y en otros son prensores o inoculadores de veneno, ganchudos o en forma de pinza, denominándose entonces *quelíceros*.

Las Clases que generalmente se admiten son: *Arácnidos*, *Crustáceos*, *Onicóforos*, *Miriápodos* e *Insectos*.

CLASE ARACNIDOS

Su cuerpo aparece dividido en dos porciones, denominadas *cefalotórax* y *abdomen*. En algunos Arácnidos el abdomen está seguido de una porción llamada *telson*.

En el cefalotórax existen seis pares de apéndices: anteriormente, y por delante de la boca, los *quelíceros;* a continuación de éstos, otros cinco pares, que en los más arcaicos, como los *Limulus* o cacerolas, están a los lados de la boca, son todos iguales y realizan análogas funciones, constando: de una parte basal, que es trituradora o masticadora; una parte principal o eje, que sirve como órgano locomotor, y una parte terminal, que tiene forma de pinza y que utilizan para la captura. En los grupos más evolucionados, como en las arañas o en los mismos escorpiones, de los cinco pares de apéndices, los cuatro posteriores sirven para andar y reciben el nombre de *patas*, y el primero, llamado *pedipalpo*, ofrece sus caderas trituradoras y un apéndice que en algunos casos termina en pinza, como ocurre en el escorpión y en los Ácaros.

Unos Arácnidos respiran el aire atmosférico por tráqueas o por dilataciones llamadas *pulmones*, en tanto que otros, los menos numerosos, toman el oxígeno del aire disuelto en el agua.

División.—Comprenden varios Órdenes, de los cuales los más im-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

portantes son los *Merostomas*, los *Escorpiones*, las *Arañas* y los *Ácaros* (*).

Orden Merostomas.—Son Arácnidos acuáticos que datan de la Era Primaria. Actualmente sólo vive el género *Límulus (fig. 468)*, cuyas especies americanas y filipinas son llamadas *cacerolas* por los españoles.



Fig. 468.—*Límulus*, visto por su cara ventral.

Una particularidad notable es que el sistema nervioso se halla encerrado en el aparato circulatorio. Respiran por branquias foliáceas situadas detrás de las patas. Existen diversas especies fósiles *(fig. 469)*.



Fig. 469.—*Pterigótus ánglicus*. Merostoma del silúrico; su longitud dos metros.

Orden Escorpiones.—Son los Artrópodos *terrestres* más antiguos, puesto que se encuentran ya en la Era Primaria *(fig. 470)*. El pedipalpo termina en una pinza muy desarrollada *(fig. 285)*. Su abdomen está segmentado y termina en una gruesa ampolla, provista de una fuerte uña venenosa por abrirse en ella una glándula productora de veneno. Son ovovivíparos, viven debajo de las piedras y vulgarmente se llaman *escorpiones* y *alacranes (Búthus europœus, áfer) (fig. 285)*, etc.

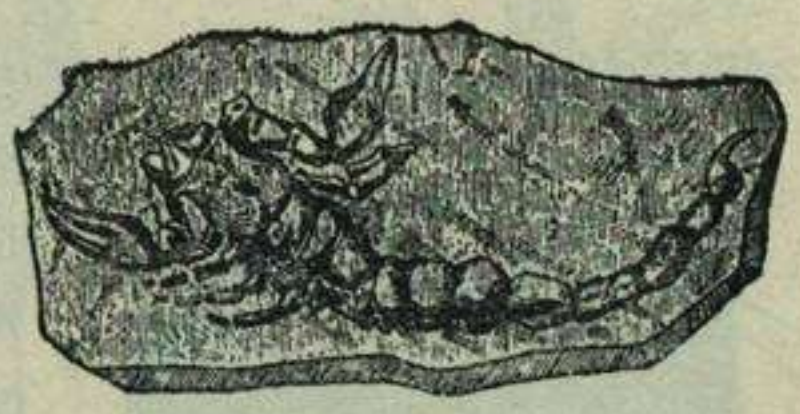


Fig. 470.—*Palœóphonus*, escorpión del Silúrico (Era Primaria): longitud: 5 cm.

Orden Arañas o Aranéidos.—Sus especies son las más conocidas y típicas de la Clase. Poseen quelíceros terminados en una uña perforada, por donde desagua una glándula productora de veneno. En

(*) Los órdenes que hoy se admiten en los Arácnidos son trece, que pueden agruparse del siguiente modo: Unos de respiración branquial, que son los *Xilosuros* y *Euriptéridos*, que juntos han formado el grupo de los Merostomas; los Arácnidos genuinos, es decir, que siempre se han considerado como tales, tienen respiración aérea y están integrados por los *Escorpiones*, *Pedipalpos*, *Palpígrados*, *Solpúgas*, *Seudoescorpiones*, o *Quernetos*, *Opiliones*, *Aranéidos* y *Ácaros;* y, por último, los *Tardígrados*, *Pentastómidos* y *Pantópodos*, los cuales se han considerado como Arácnidos imperfectos o grupos satélites de los Arácnidos, porque no responden estrictamente a las características de la Clase, si bien tienen con ella evidentes analogías.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la terminación del abdomen poseen unos órganos denominados *hileras*, que sirven para segregar la *seda*, la cual es una sustancia líquida que se solidifica en contacto con el aire, y por medio de la cual fabrican sus *telas*. Estas telas tienen propiedades hemostáticas. Las arañas utilizan la seda para tapizar sus viviendas, para construir nidos y, sobre todo,



Fig. 471.—*Tegenária doméstica* (según Claus).

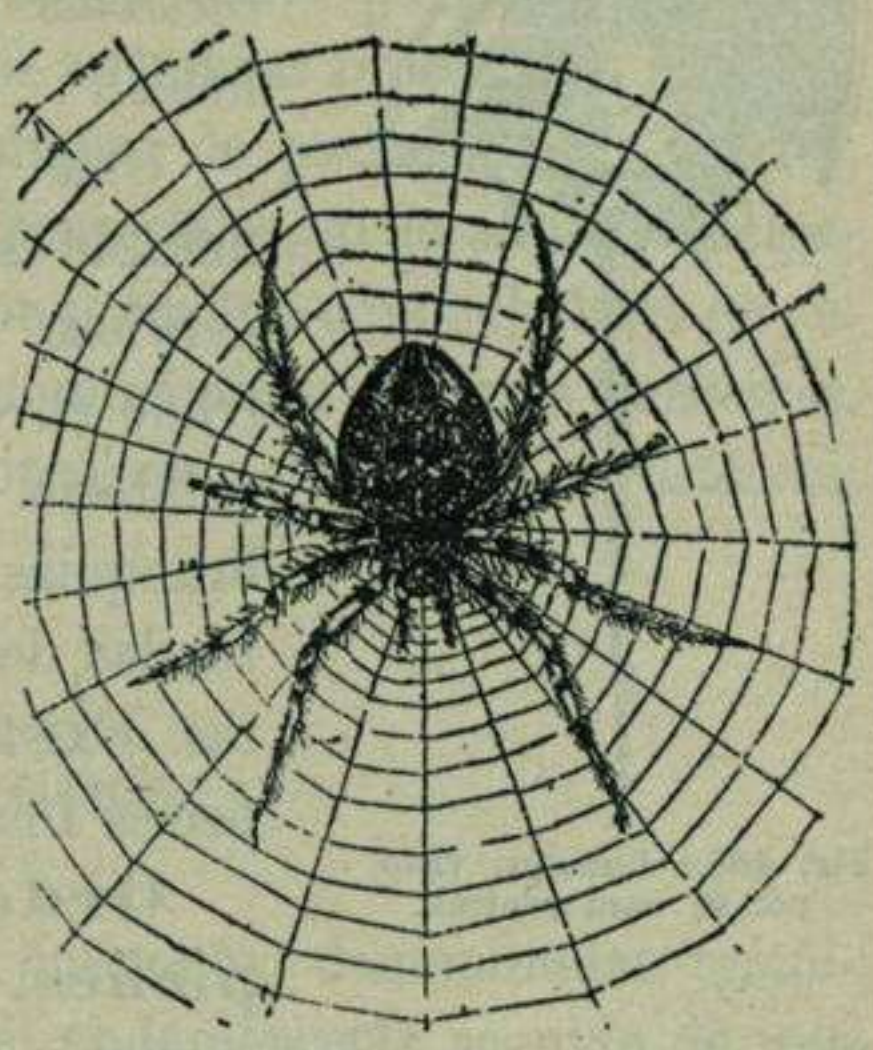


Fig. 472.—Posición normal de la *Epéira diadema*

para tejer las telas, en las que son retenidos los insectos que constituyen su alimento. Como especies principales merecen citarse: la *Tegenária doméstica (figura 471)*, que es la especie más frecuente en las casas; la *Epéira diadema (fig. 472)*, que teje sus telas verticales y muy regulares en el campo y los jardines; la *Argyronéta aquática (figura 473)*, curiosa por ser acuática, si bien tiene respiración traqueal, y por construir en el agua un nido en forma de campana; la *Mygale aviculária (fig. 252)*, y otras especies de *Mygale* de América del Sur, Central y de África, son las de mayor tamaño y atacan y matan a pájaros y hasta pequeños Mamíferos; se llaman vulgarmente *arañas monas* por ser muy peludas; la *Lycósa*



Fig. 473.—*Argyronéta aquática* y su nido.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Narbonénsis (fig. 474) y otras especies análogas, que son las *tarántulas*, las cuales viven en agujeros que se fabrican en el suelo.



Fig. 474.—*Lycósa narbonénsis* (s. Simon).

Orden Ácaros.—Son Arácnidos de pequeño tamaño. Unos se alimentan de los animales que cazan, otros son fitófagos y muchos son parásitos sobre vegetales o sobre animales. Las especies más conocidas son: el *Eriophyes vítis (fig. 475)*, que vive parásito sobre la vid, en la que origina la enfermedad llamada *erinosis;* el *Demódex folliculórum (fig. 476)*, que se aloja en las glándulas sebáceas y folículos pilosos de la piel del hombre; el *arador de la sarna (Sarcóptes scabiéi) (figs. 477* y *478)*, que vive en galerías o surcos que él mismo se abre debajo de la piel y en los cuales las hembras van depositando los huevos, que en

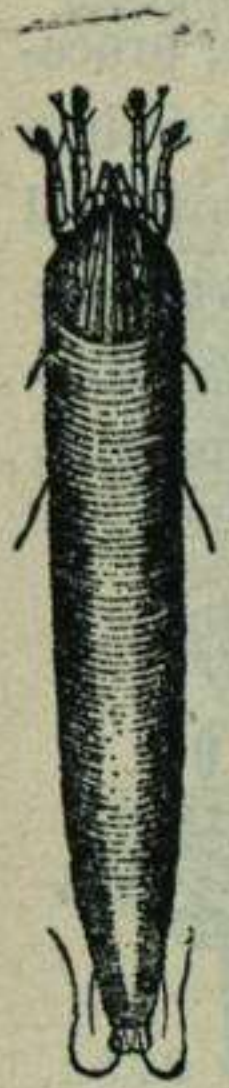


Fig. 475. — *Eriophyes.*



Fig. 476.—*Demódex* (según Megnin).

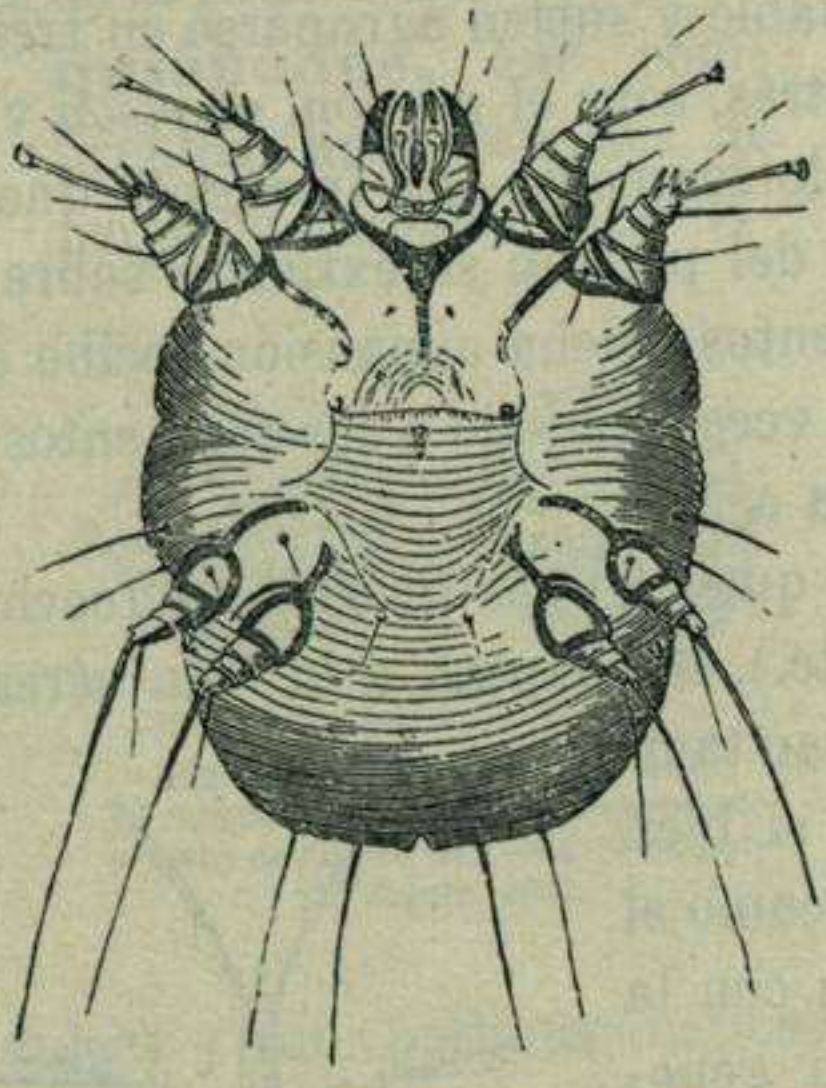


Fig. 477.—*Sarcóptes scabiéi*, hembra; vista por el lado ventral y aumentada.

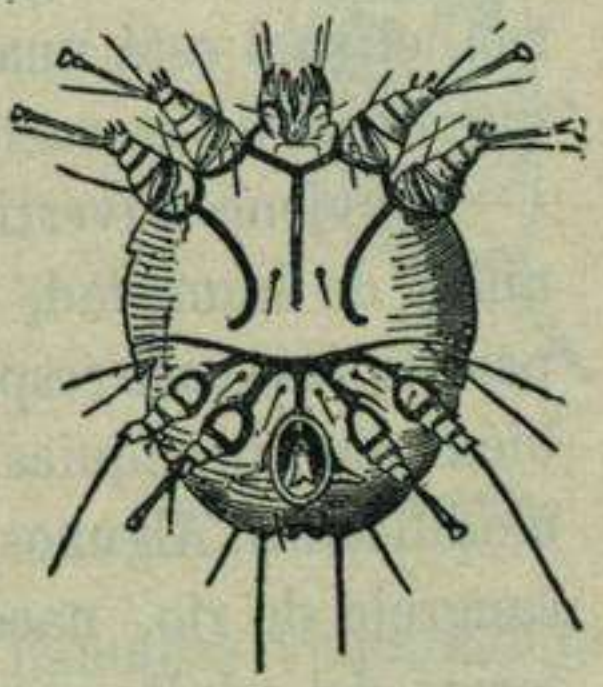


Fig. 478.—*Sarcóptes scabiéi*, macho; visto por el lado ventral y aumentado

cuanto originan otros nuevos aradores dan lugar a su vez a otras nuevas galerías; por último, las *garrapatas* o *cabarras (Ixódes ricinus*, etcétera) *(figs. 479* y *480)*, que viven libres en el campo, entre la hojarasca, etcétera, hasta que logran fijarse a un Mamífero cualquiera, preferente-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mente conejos, perros, ovejas y hasta en el hombre. Varios géneros de garrapatas son transmisoras de enfermedades al hombre y a los animales domésticos, como el *Ornithodorus*, una de cuyas especies transmite la llamada por los americanos fiebre de la garrapata y otras formas de espiroquetosis (páginas 295 y 296).





Fig. 479. Fig. 480

Ixódes ricinus. — 479, en ayunas; 480, al desprenderse.

CLASE CRUSTÁCEOS

Son Artrópodos *acuáticos* que respiran por *branquias*. Poseen *cuatro antenas*, o apéndices prebucales cefálicos que sirven de órganos sensoriales. Su nombre alude a que sus tegumentos son muy duros, por hallarse incrustada la quitina de carbonato cálcico, y formar a la manera de una costra (lat. *crusta*, costra, corteza). El número de segmentos de que están formados es muy variable y suelen agruparse en tres regiones que, procediendo de delante a atrás, son: el *pereion*, el *pleon* y el *telson*, esta última constituída por un solo segmento. Es frecuente que el tegumento dorsal de uno de los anillos del pereion se extienda sobre un número variable de los restantes segmentos: dicha expansión recibe el nombre de *caparazón*, el cual está unas veces soldado a los segmentos que cubre, mientras que otras no se suelda a ellos.

Conviene advertir que algunos Crustáceos (cochinillas de humedad, etc.), se adaptan a la vida aérea; pero en este caso respiran también por branquias, si bien modificadas. Algunos, como el cangrejo de río, nacen con la forma del adulto, pero generalmente sufren notables *metamorfosis;* estas formas larvarias han recibido distintos nombres porque difieren tanto de los adultos que se creyó que eran especies distintas: la forma con que nacen del huevo se de-

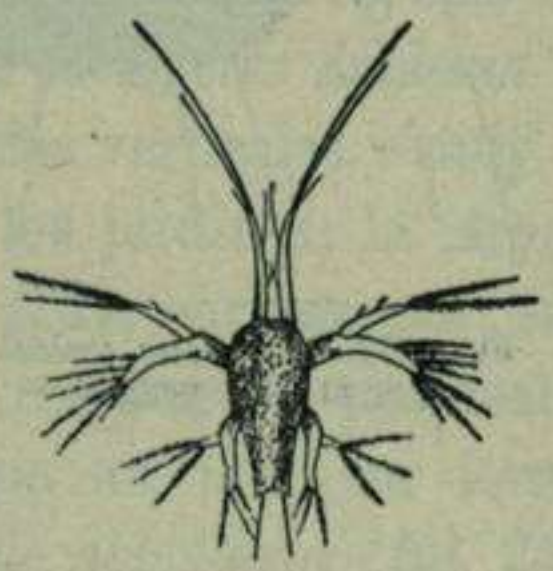


Fig. 481.—*Náuplius.*



Fig. 482.—*Zoëa.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nomina *Náuplius (fig. 481)*, a la que siguen otras varias, entre ellas la *Zoëa (fig. 482)*, etc.

División.—Los Crustáceos se dividen en dos subclases, denominadas *Entomostráceos* y *Malacostráceos*. Los Entomostráceos son, generalmente, de pequeño tamaño, con un número de segmentos muy variable y con un ojo impar sencillo, faltando casi siempre los ojos compuestos que existen en los Malacostráceos. Sus metamor fosis son muy complejas, naciendo en el estado de *Nauplius*. Los Malacostráceos son de mayor talla, con su cuerpo constituído por 21 segmentos y con ojos compuestos. Es regla casi constante el que estos Crustáceos nacen en un estado de desarrollo más complicado que el *Nauplius*.

SUBCLASE ENTOMOSTRÁCEOS

Entre éstos debemos mencionar: los *Trilobites*, con muchos géneros y especies, todos fósiles de la Era Primaria *(figs. 483 a 485)* (*). Los **Branquiópodos,** que comprenden unas especies de pequeño tamaño, que viven en las aguas dulces y son partenogenéticas, llamadas vulgarmente *pulgas de agua (Daphnia púlex) (fig. 486)*, y otras de mayores dimensiones, como los llamados en Valencia tortuguets *(Apus)*, las *Artemias* y los *Branchipus*. Los **Cirrópodos,** entre los que se encuentran los *percebes (Pollicipes cornucópia) (fig. 312)* y las *bellotas de mar (Bálanus) (fig. 313)*, éstas carecen de pedúnculo y son muy abundantes en las rocas de todas las costas. Los **Copépodos** encierran especies de

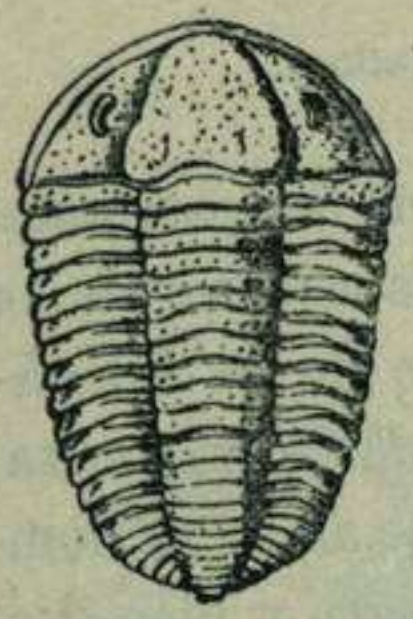


Fig. 483.— Trilobites *(Calymene Blumenbáchi)*, Crustáceo de la Era Primaria.

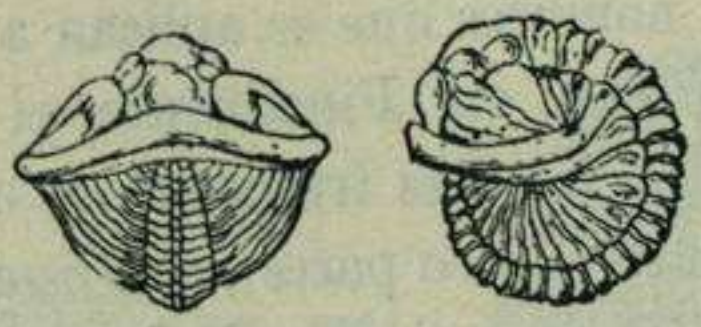


Fig. 484. Fig. 485.
El mismo de la figura 483 enrollado y visto de frente (fig. 484) y de perfil (figura 485).



Fig. 486.—*Dáphnia.*

(*) Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª edición, pág. 194.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

muy pequeño tamaño, que viven en las aguas, tanto del mar como dulces, donde nadan como a saltos: comprende también algunas especies parásitas notables por su dimorfismo sexual.

SUBCLASE MALACOSTRÁCEOS

A ellos corresponden los **Anfípodos,** que comprenden especies tan conocidas como las *pulgas de mar* (géneros *Gámmarus (fig. 487)*, *Talítrus (figura 488)*, etc.), las cuales viven en abundancia en las playas areno-



Fig. 487 —*Gámmarus* (s. Sars).

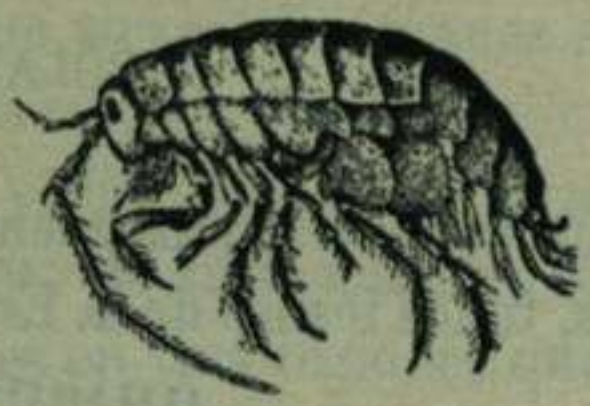


Fig. 488.—*Talítrus*.

sas, donde se las ve saltar. A los **Isópodos** pertenecen las *cochinillas de humedad* o *perdigones*, nombres que se aplican a varias especies de los géneros *Porcéllio*, *Armadillium*, etc. Finalmente, el Orden de los **Decápodos** comprende las especies más frecuentes y conocidas, caracterizadas todas por poseer 10 patas (cinco pares), que es a lo que alude su nombre (gr. *deka*, diez). De ellos unos tienen el *pleon* o *cola largo* y bien desarrollado, sirviéndose de él para nadar: éstos constituyen el suborden de los MACRUROS (gr. *makrós*, grande; *oura*, cola), y a ellos corresponden el *cangrejo de río (Ástacus fluviátilis) (fig. 489);* la *langosta de mar (Palinúrus vulgáris) (fig. 490)*, de carne muy apreciada; el *bogavante*, también llamado *abricanto (Homárus gámmarus) (fig. 491);* la *cigala (Nephrops norvegicus) (fig. 492);* las *quisquillas*, *esquilas* o *camarones (Leander)* y los *langostinos (Penæus caramóte) (fig. 493)*, de pleon o abdomen comprimido y carne muy apreciada.

El suborden de los BRAQUIUROS está constituído por todos aquellos cuyo *pleon es corto*, está recogido debajo del pereion y no les sirve para nadar (gr. *brachys*, corto): sus especies suelen llamarse también, colecti-

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 489.—*Astacus* (cangrejo de río).



Fig. 490.— *Palinúrus* (langosta)



Fig. 491.—*Homárus* (bogavante).

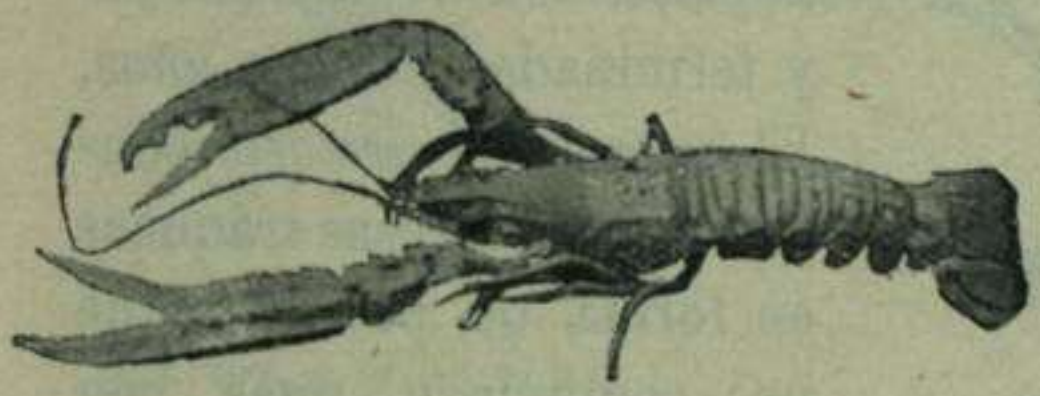


Fig. 492.—*Néphrops* (Fot. O. Cendrero).

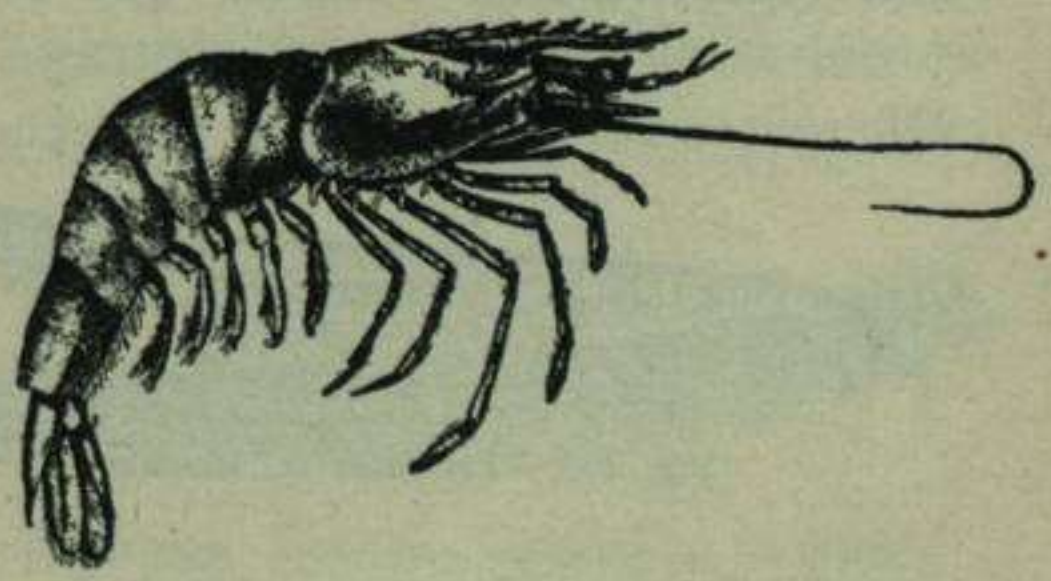


Fig. 493.—*Penœus caramóle* (langostino).

vamente, *cangrejos de mar*, si bien este nombre se aplica preferentemente al *Cárcinus mænas (fig. 494)*, que es comestible, y se le llama en algunas regiones *cámbaro* y *carramarro;* las *centollas* o *cámbaras (Mája squinádo*, etc.) *(fig. 495)* tienen el cuerpo espinoso, etc. Por último, existe un suborden, los ANOMUROS, en el que se incluye el género *Pagúrus (figura 267)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

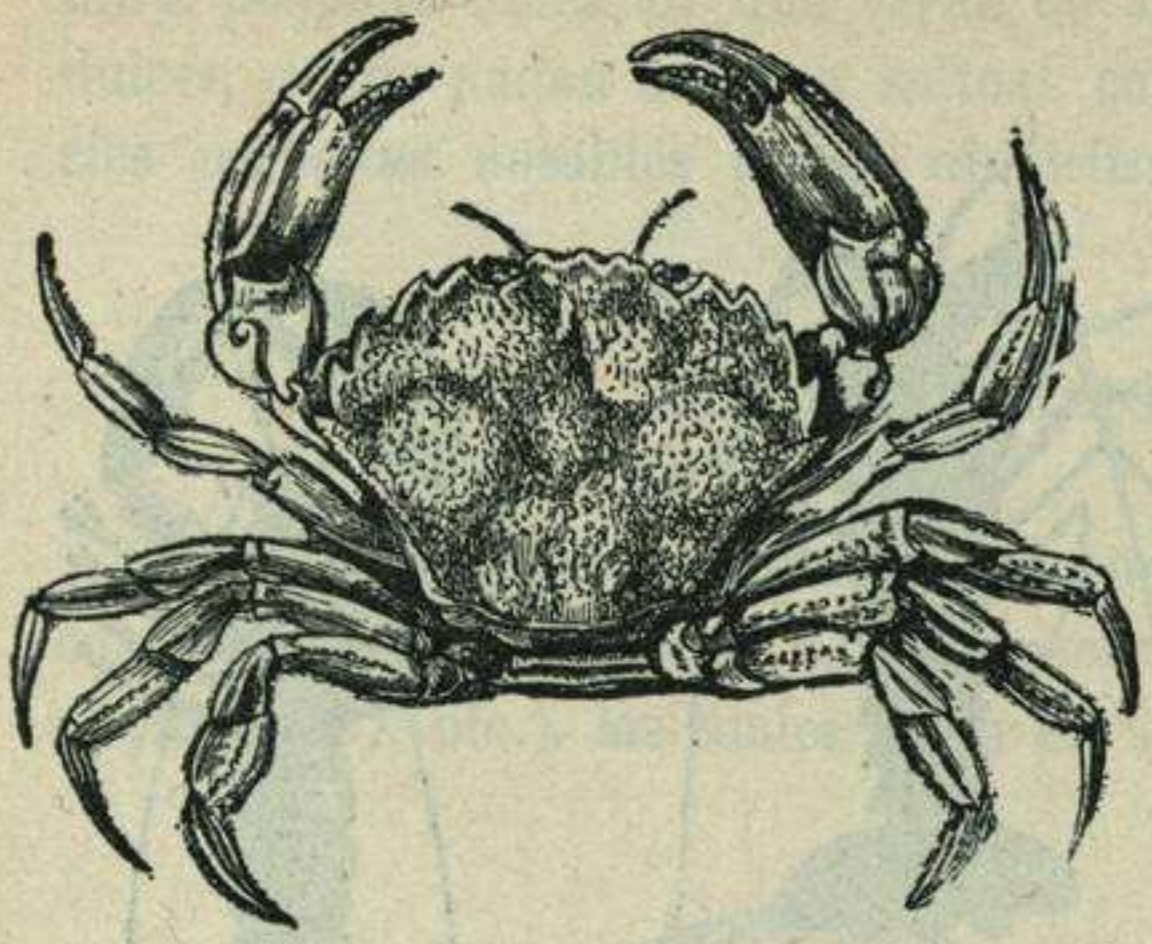


Fig. 494.—*Cárcinus mœnas.*

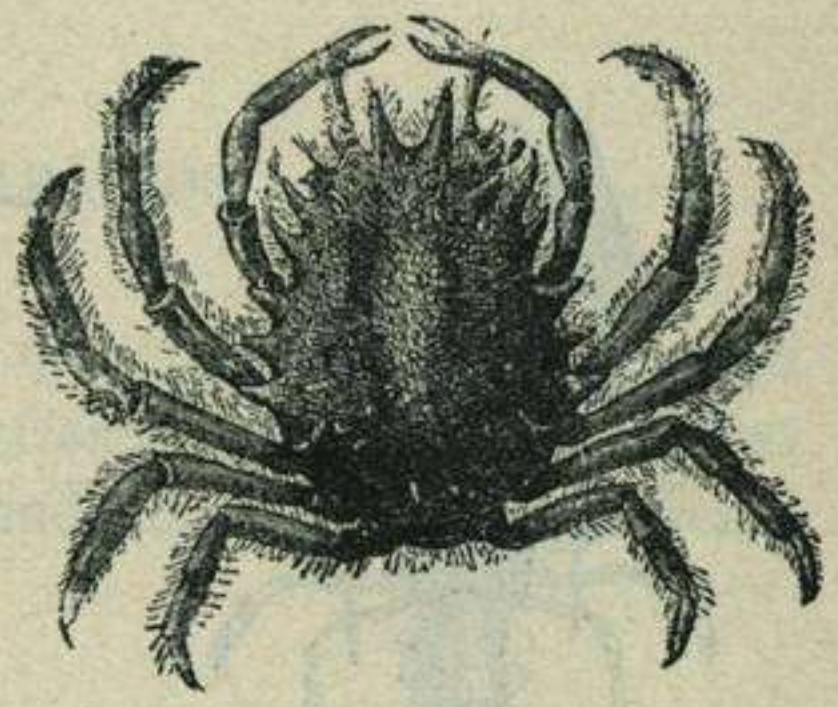


Fig. 495.—*Mája squinado* o centolla.

CLASE ONICÓFOROS

Son Artrópodos *terrestres* con respiración *traqueal* y un par de *antenas.* Su cuerpo es *vermiforme* no dividido en regiones *(fig. 496)* y con una segmentación exterior que no corresponde con la interior: cada anillo lleva un par de patas *imperfectamente articuladas* y terminadas por *dos uñas.* El *aparato respiratorio* consiste en numerosas tráqueas en forma de penacho que no comunican unas con otras y cuyos orificios exteriores están irregularmente distribuídos por la superficie del cuerpo. Poseen *órganos segmentarios* análogos a los de los Gusanos. Son vivíparos.



Fig. 496.—*Peripatus* (s. Mosseley).

El género principal es el *Perípatus (fig. 496)*, con especies en América, África, India y Oceanía.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CLASE MARIÁPODOS

Son Artrópodos *terrestres* con respiración *traqueal*, un par de *antenas* y cuerpo alargado; pero se diferencian de ellos en que los tegumentos están recubiertos de gruesa capa de quitina; en que los anillos son perceptibles *(fig. 497)*, correspondiendo la segmentación interior a la exterior, y en que cada anillo lleva uno o dos pares de patas *articuladas*, perfectamente constituídas. Su nombre alude a que poseen muchas patas (gr. *myrias*, diez mil; gr. *myriori*, innumerables). Generalmente son unisexuales y oníparos, y excepcionalmente ovovivíparos *(Scolopéndra)*.

Entre los Miriápodos más conocidos están las especies denominadas *ciempiés*, que son zoófagas, viven debajo de las piedras y tienen al servicio de la boca un par de salientes apéndices o *forcípulas* en los que desembocan unas glándulas venenosas: el género principal es el *Scolopéndra (fig. 497)*. También se incluyen en este grupo los *Júlus*, que son fitófagos, tienen dos pares de patas en cada segmento y cuyas especies se denominan vulgarmente *milpiés* y también *cardadores (fig. 498)*.

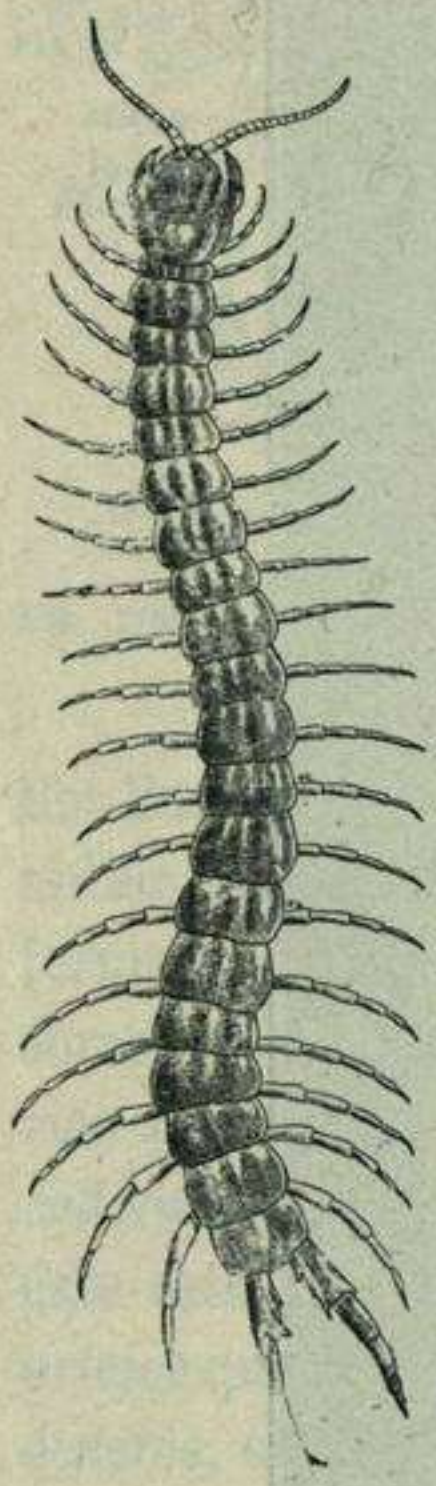


Fig. 497. — *Scolopendra* o ciempiés.

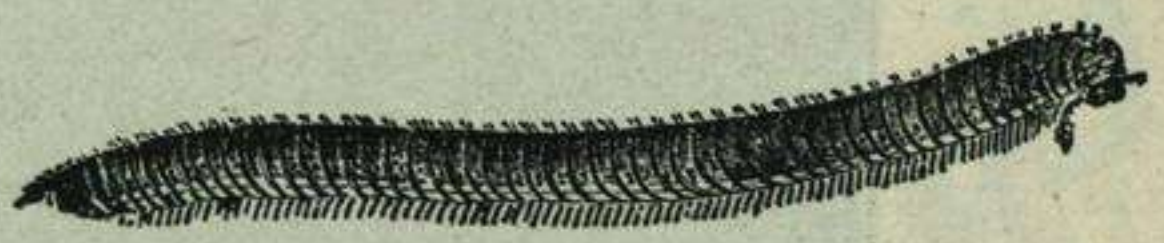


Fig. 498.—*Júlus terréstris* o cardador (s. L. Koch).

CLASE INSECTOS (*)

Son Artrópodos generalmente *terrestres*, con un par de *antenas*, respiración *traqueal* y *tres pares de patas*. Su cuerpo *(fig. 500)* está dividido

(*) En este grupo seguimos principalmente las lecciones de nuestro maestro, el ilustre naturalista español y Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Doctor Ignacio Bolívar Urrutia *(figura 499)* que ha adquirido renombre mundial por sus trabajos sobre insectos, especialmente Ortópteros.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en tres regiones, denominadas *cabeza*, *tórax* y *abdomen*. La *cabeza* lleva las *antenas*, los *ojos* y las *piezas bucales*: las primeras son órganos senso-

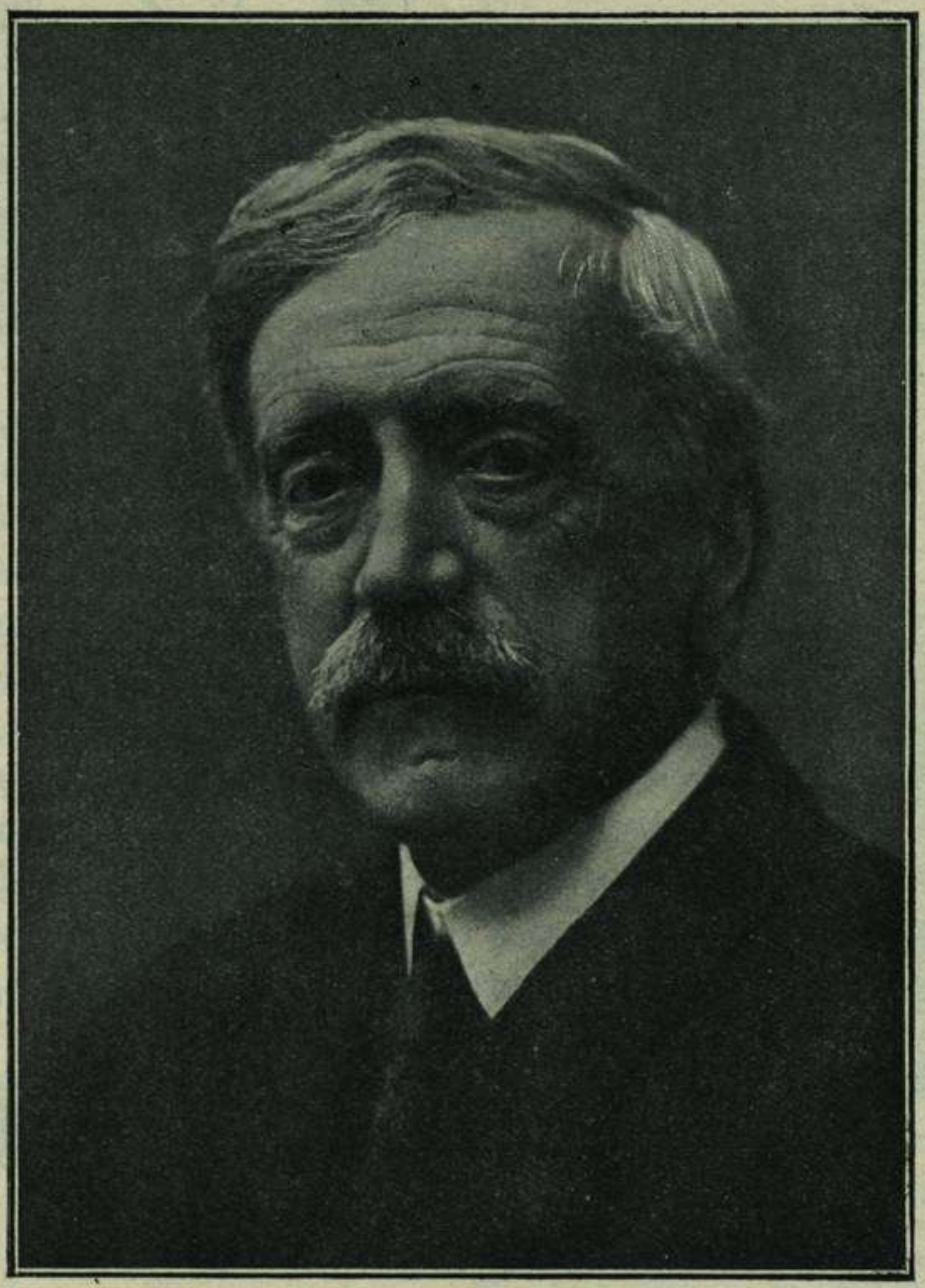


Fig. 499.—Doctor Ignacio Bolívar, ilustre entomólogo español y Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales, a cuyo impulso se debe el actual florecimiento de las Ciencias Naturales en España.

riales de formas variadísimas *(fig. 501)*: los segundos son, ordinariamente, dos grandes ojos *compuestos* a los lados y tres *sencillos* en el centro *(figura 184)*: las piezas bucales varían en su forma y disposición de unos Órdenes a otros, en consonancia con su régimen alimenticio; las más típicas se encuentran en los *insectos masticadores*, en los cuales constan *(fi-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gura 502) de un *labio superior* o *labro*, de un par de fuertes *mandíbulas (M)* dentadas y sin palpo, de un par de *maxilas (MI)* provistas de un *palpo maxilar (PM)*, y de un *labio inferior (LI)* formado por la soldadura de un segundo par de maxilas, el cual también posee *palpos* que se denominan *labiales (PL)*. El *tórax (fig. 500)* consta de tres anillos llamados *protórax*, *mesotórax* y *metatórax*; cada anillo lleva en su cara ventral *un par de patas* cuya forma varía según la función, pudiendo ser prensoras, nadadoras, saltadoras, cavadoras, etc.; cada pata consta de varias piezas que, de la base a la punta, son: *cadera* o *coxa*, *trocánter*, *fémur*, *tibia* y *tarso;* éste está formado por un número de piezas o *artejos* que varía de 1 a 5. Hay muchos Insectos *ápteros*, es decir, *que carecen de alas* (gr. *a*, sin; *pterón*, ala); pero la mayor parte poseen uno o dos pares de alas: el primer par pertenece al *mesotórax* y el segundo al *metatórax (figura 500)*. A veces se convierten en órganos *duros* y *fuertes* que no sirven para volar, sino para *proteger* a las alas voladoras: estas alas duras reciben el nombre de *élitros* (gr. *élytron*, estuche) y corresponden siempre al mesotórax. El *abdomen (fig. 500)* está formado típicamente de 12 segmentos o anillos, y es unas veces sentado y otras pediculado. Ordinariamente carece de apén-

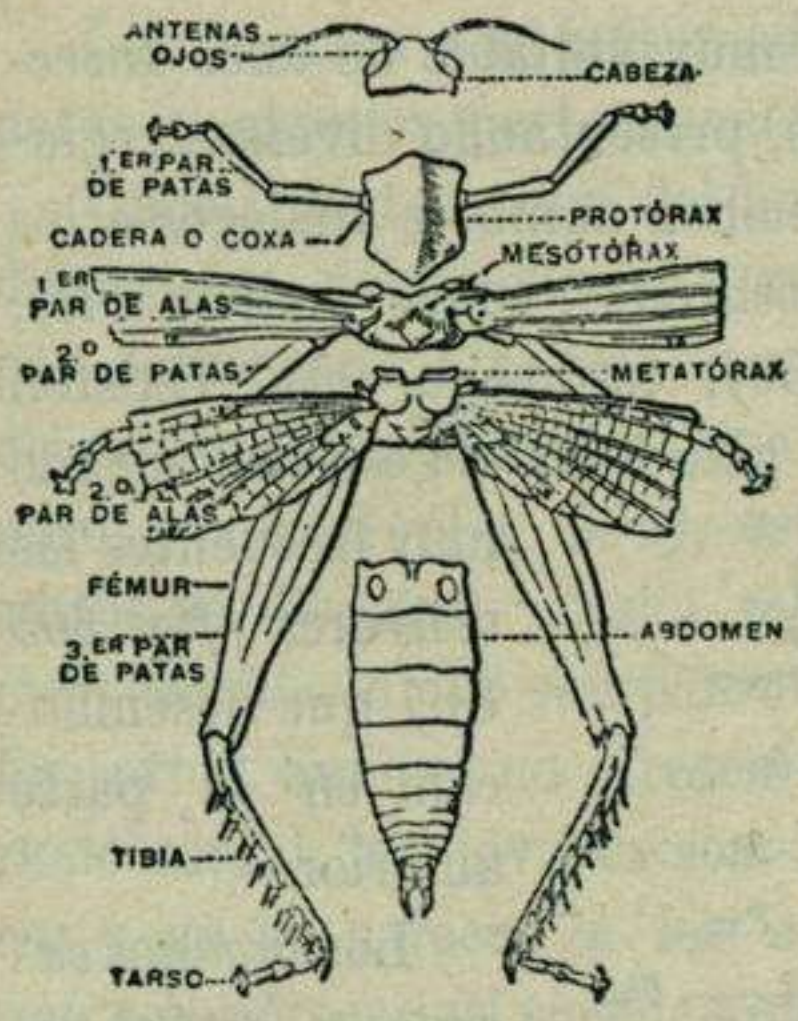


Fig. 500.—Conjunto esquemático de un Insecto (saltamontes).

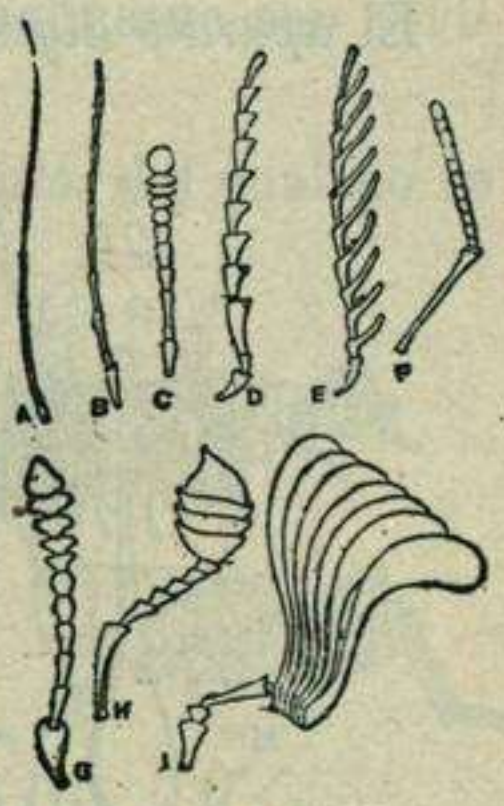


Fig. 501.—Diversas formas de antenas: *A*, en forma de cerda (setácea); *B*, filiforme; *C*, moniliforme o en forma de rosario o de collar; *D*, aserrada; *E*, pectinada o en forma de peine; *F*, geniculada o en forma de ángulo o de rodilla doblada; *G*, en forma de maza; *H*, en forma de clava, *I*, foliada (s. Burmeister).

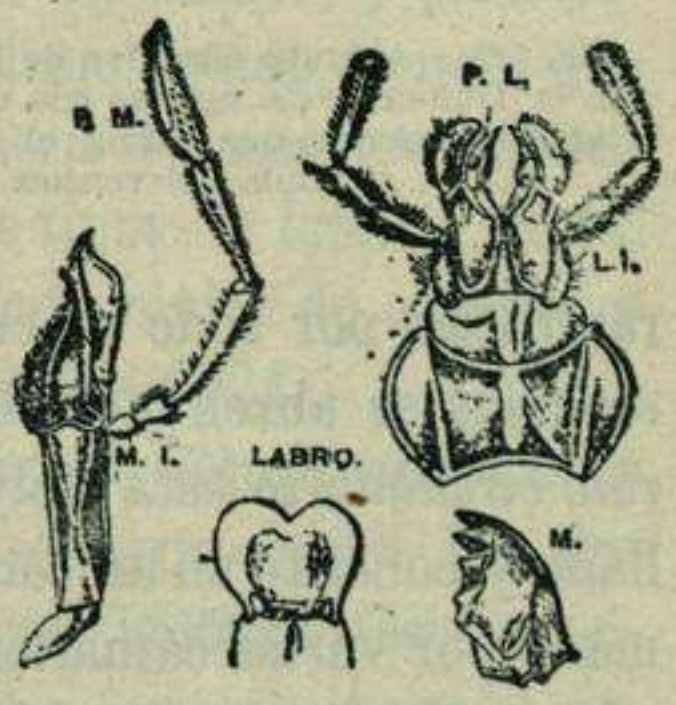


Fig. 502.—Piezas bucales de un Insecto masticador (cucaracha): *M*, mandíbula; *M I*, maxila con su palpo *P M*: *L I*, labio superior con sus palpos *P L* (s. Savigny).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dices y en caso de tenerlos suelen estar relacionados con las funciones de reproducción.

El *aparato digestivo (figs. 503* y *504)* es muy variable de unos Insectos a otros, presentando diversas regiones, que reciben nombres análogos a los de los Vertebrados, como molleja *(R)*, esófago *(Oe)*, estómago, etc. Existen diferentes glándulas digestivas, siendo muy frecuentes las salivares *(fig. 503 Sp)* que desembocan en la parte anterior.

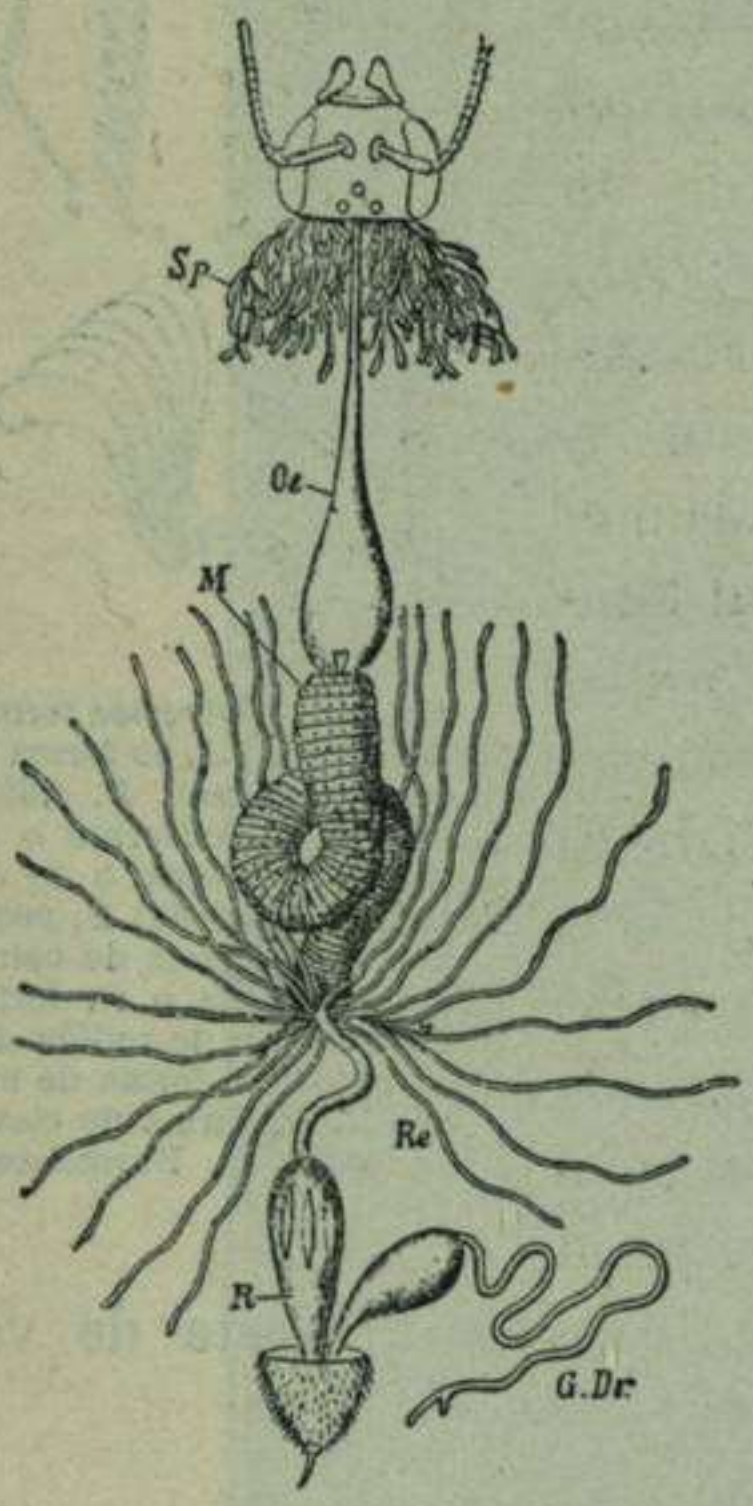


Fig. 503.—Aparato digestivo de la abeja (s. Dufour).—*Oe*, esófago con una dilatación inferior que forma el buche. *G. Dr*, glándula del veneno.

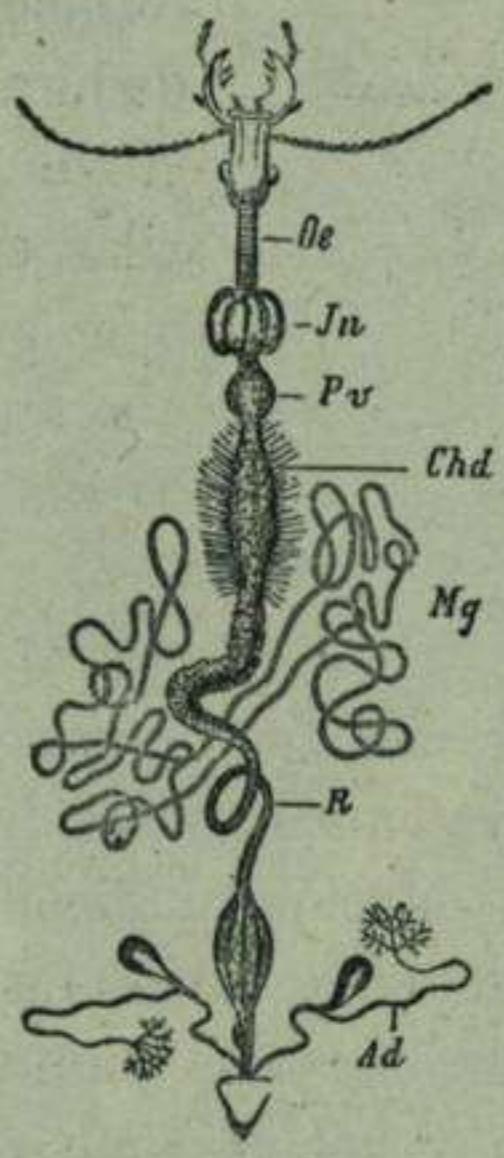


Fig. 504.—Aparato digestivo de un insecto carnicero. *Pv*, molleja (según Claus).

Los *órganos excretores* están representados por los *tubos de Malpigio*, que desembocan en el aparato digestivo *(figs. 502, Re* y *504, Mg)*. El *aparato respiratorio (figs. 174, 175* y *176)* está formado por las *tráqueas*, las cuales se ramifican por todo el cuerpo *(fig. 176)* y cuyos orificios exteriores o *estigmas* se abren lateralmente. El *aparato circulatorio* está muy poco desarrollado y consiste en un *corazón* dorsal formado por varias cámaras consecutivas y encargado de dar impulso a la sangre. El *sistema nervioso* está bien desarrollado *(figs. 181* y *182)*, así como los *órganos de los sentidos*. Algunos insectos *cantores* poseen aparatos *auditivos* especiales situados en distintos puntos del cuerpo, como los saltamontes, que

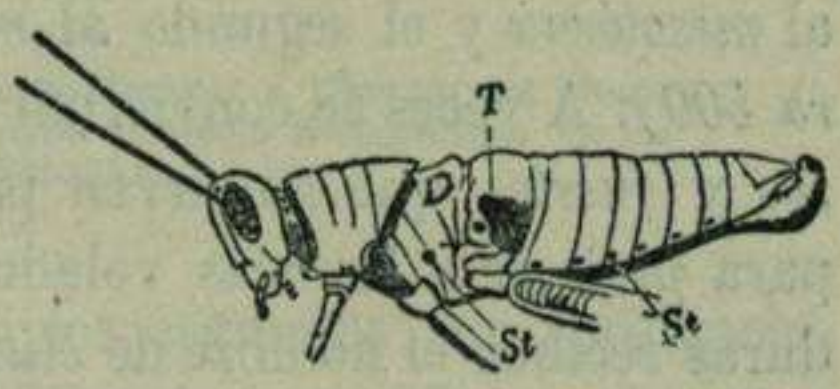


Fig. 505.—Insecto (langosta) visto de perfil para mostrar sus estigmas *St*, y la membrana del aparato auditivo, *T* (s. Claus.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los tienen en la base del abdomen *(fig. 505, T);* los grillos, en el primer par de patas, etc.

Los insectos son unisexuales y ovíparos: excepcionalmente son vivíparos y algunos partenogenéticos.

Unos Insectos salen del huevo con la *forma del adulto*, del cual no se diferencian, principalmente, más que por carecer de alas, no presentando en su desarrollo una fase de reposo o ninfal *(fig. 506);* estos Insectos se dice que poseen *metamorfosis sencillas* o que son *paurometábolos;* otros, aunque no ofrecen un período ninfal, los jóvenes son acuáticos y no se parecen a los adultos, que son aéreos; así sucede en las *Libélulas;* a este grupo pertenecen los insectos *hemimetábolos* (gr. *emi*, mitad; *metábolos*, cambio, metamorfosis). Un tercer grupo se dice que poseen *metamorfosis complicadas* o que son *holometábolos* (gr. *olos*, completo) porque salen del huevo *(figura 507)* con una forma que en nada se parece a la del adulto, y para llegar a este último estado tienen que recorrer una serie de fases que pueden reducirse a los tipos de *larva* y *ninfa*, siendo el período ninfal de quietud y reposo *(figs. 199 a 202)*.

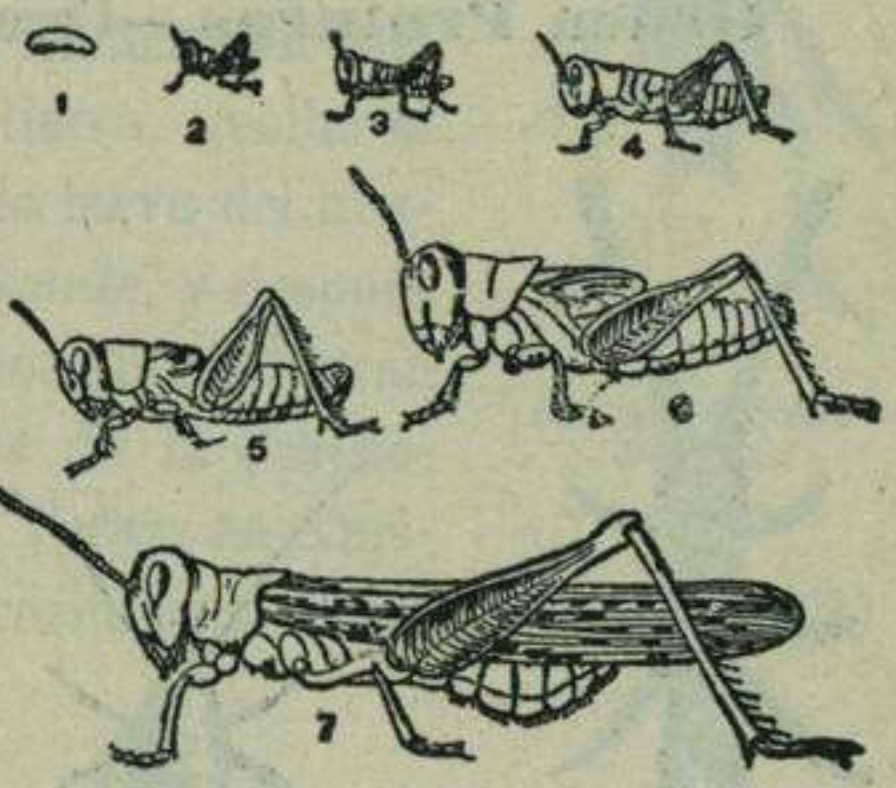


Fig. 506.—Esquema de las metamorfosis sencillas de una langosta. *1*, huevo; *7*, insecto adulto.

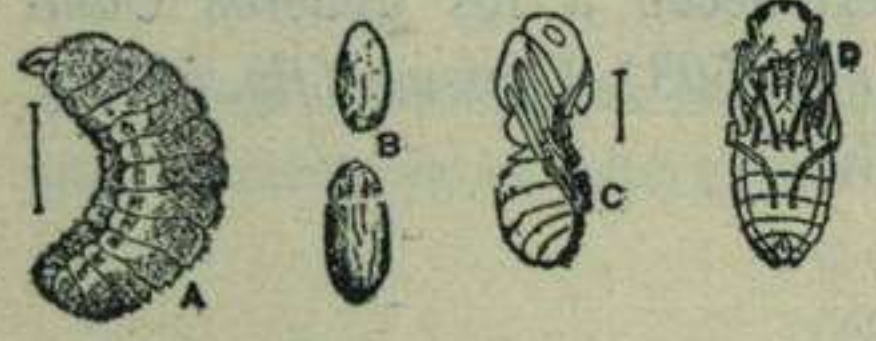


Fig. 507.—Metamorfosis complicadas de una hormiga. *A*, larva aumentada; *B*, ninfas (vulgarmente llamadas *huevos*, con evidente error) envueltas en una especie de capullo blanco; *C* y *D*, ninfas de perfil y de frente sin la envoltura y aumentadas.

División. — Comprende varios *Órdenes* que se agrupan en las dos Subclases siguientes: *Apterigogéneos*, sin alas y con metamorfosis sencillas de un modo constante, y *Pterigogéneos*, con alas o que, aunque carezcan de ellas, como las pulgas y las hormigas, derivan de un modo evidente de formas aladas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SUBCLASE I: APTERIGOGÉNEOS

Son Insectos muy primitivos. Sus especies son poco numerosas y se agrupan en tres Órdenes, denominados: *Proturos*, *Colémbolos* y *Tisanuros*.

Orden Proturos.—Carecen de antenas, de ojos y a veces hasta de aparato respiratorio. Viven en los sitios húmedos, debajo del césped, en la turba, en la corteza de los árboles, etc., etc. *(Eosentomon)*.



Fig. 508. — *Campodea.*



Fig. 509.—*Lepisma.*

Orden Colémbolos. — Son saltadores, viven entre la hojarasca, en las cavernas, debajo de las piedras, a la orilla del mar, en los hormigueros, etc. El género más conocido es el *Podura*, que vive sobre la superficie de las aguas estancadas.

Orden Tisanuros.—Son parecidos a los anteriores. Encierran numerosas formas; las más conocidas pertenecen a los géneros *Campodea (fig. 508)*, *Lepisma (fig. 509)* y *Machilis*.

SUBCLASE II: PTERIGOGÉNEOS

Comprende varios Órdenes, de los cuales estudiamos a continuación los principales.

Orden Ortópteros.—Son Insectos *masticadores* con *metamorfosis sencillas* y provistos de *cuatro alas*, de las cuales las superiores son *rectas*, a lo que alude el nombre del Orden (gr. *orthós*, recto), elitroideas e impropias para el vuelo, y las inferiores membranosas y, durante el reposo, *plegadas a lo largo* como un abanico, con objeto de que las del primer par puedan protegerlas. Las especies principales son: las *Santa Teresas (Mántis religiosa) (fig. 277)*, de patas anteriores prensoras;

Instituto San Isidro de Madrid 2008

las *cucarachas* o *correderas (Blátta orientális) (fig. 510)*, comunes en las casas; el *Phyllium siccifólium (fig. 264)*, de Asia, notable porque sus alas se asemejan a las hojas de las plantas sobre que vive; sus huevos parecen semillas o frutos; las langostas *(Dociostaurus maroccánus) (fig. 276)* son herbívoras y constituyen una plaga para la agricultura, tanto por su voracidad y por el número en que se congregan. Su puesta, colocada en tierra, recibe el nombre de *canuto (fig. 276, b);* al salir la larva del huevo *(fig, 506, 2)* recibe el nombre de *mosquito*, y después el de *mosca (3, 4)* y *saltón (5, 6)*. Algunos años emigran del Senegal a Europa verdaderas nubes de la *Schistocérca peregrina (fig. 511)*, también muy voraz; en América existe otra especie de langosta *(Schistocérca americana) (fig. 512)*



Fig. 510.—*Blátta orientalis.*



Fig. 511.—*Schistocérca peregrina.*



Fig. 512.—*Schistocérca americana* (de Bolívar).

de mayor tamaño que las anteriores y tan voraz como ellas; por último, se incluyen en este grupo los *grillos (Acheta campéstris) (fig. 513)* y el *alacrán cebollero*, *grillo real*, etcétera; *(Curtilla gryllotálpa) (fig. 339)*, que causa grandes daños en las huertas.



Fig. 513.—Grillo.

Orden Dermápteros.— Este grupo, incluído antes en los Ortópteros, se separa de éstos, no obstante de que los Insectos que en él se incluyen tienen boca masticadora y metamorfosis sencillas. Sus élitros son truncados y sus alas se pliegan a la vez en abanico y transversalmente. Su abdomen termina en dos cercos o pinzas de ramas curvas. La especie más conocida es la tijereta *(Forfícula auricularia) (fig. 514)*.



Fig. 514.—*Forficula.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Orden Odonatos.—Insectos de boca masticadora, cuatro alas membranosas, hemimetábolos, o sea que las primeras fases de su existencia, o las correspondientes a su vida larvaria, transcurren en el agua. Su abdomen es alargado y cilíndrico o deprimido, y su cabeza, transversal, con enormes ojos, se articula de tal modo con el tórax, que goza de amplios movimientos.

Las formas más frecuentes son los caballitos del diablo o libélulas *(Libellula depressa) (figs. 515 y 516)*, que viven en la proximidad de los ríos y estanques, en donde nadan sus larvas



Fig. 515.—*Libéllula depréssa.*



Fig. 516.—Larva de un caballito del diablo *(Æschna)* (s. Claus).

Orden Isópteros, Termítidos o Termes.—Son insectos de metamorfosis sencillas, masticadores y casi siempre con cuatro artejos en los tarsos. Las alas sólo existen en los individuos sexuados durante un corto período de su vida, siendo casi iguales los de los dos pares. Los *Termes (figs. 297* a *300)* forman sociedades que compiten en complejidad y organización con las abejas y hormigas (pág. 240). Cada colonia consta de individuos sexuados y estériles; a estos últimos pertenecen las castas de los obreros y los soldados. Los obreros *(fig. 300)* son los constructores de los termiteros y las que realizan todos los menesteres que el mantenimiento de la comunidad requiere; y los soldados *(fig. 299)* son los encargados de la defensa de la sociedad.

En cada sociedad de *Termes* existe una pareja real. La hembra o reina *(fig. 297)* pone numerosos huevos, que las obreras cuidan. En España vive el *Térmes lucífugus*, que también tiene un polimorfismo análogo al de las especies exóticas *(figs. 297* a *300)*.

Orden Neurópteros.—Son Insectos *masticadores*, generalmente de hábitos carnívoros, con *metamorfosis complicadas* y provistos de *cuatro alas membranosas* no plegables y recorridas por finas líneas salientes o *nerviaciones*, a lo que alude su nombre (gr. *neuron*, nervio). Se parecen a

Instituto San Isidro de Madrid 2008

los caballitos del diablo, de los que se diferencian por sus metamorfosis y por tener cinco artejos en los tarsos. Comprende especies muy útiles para el agricultor, porque se alimentan de insectos perjudiciales, sobre todo de pulgones, como ocurre con las *Chrysópa (fig. 517);* la *hormiga león (Myrméleon formicárius) (fig. 518)*

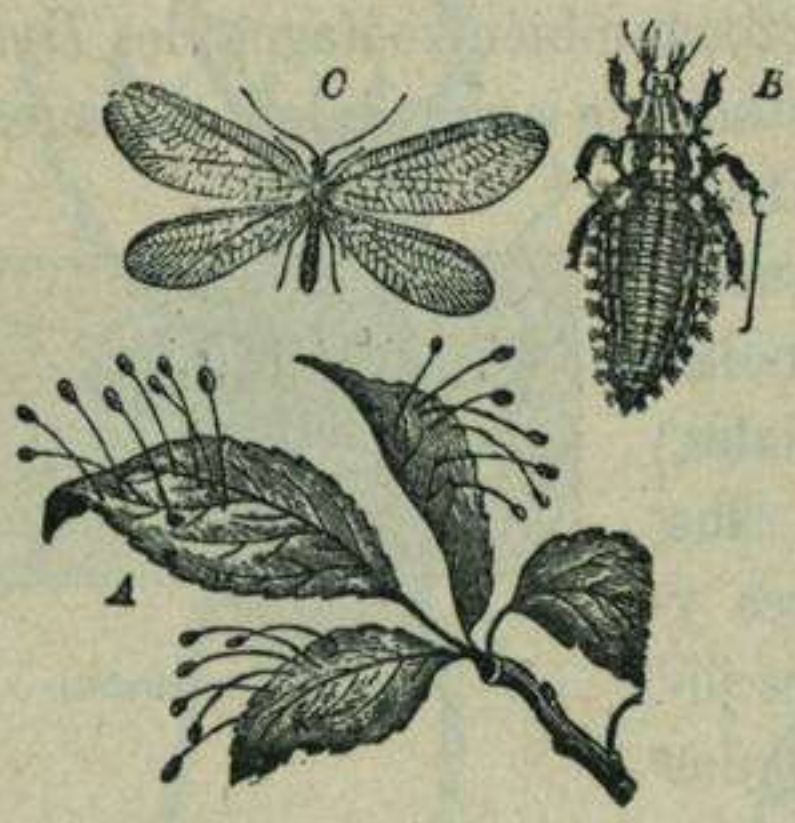


Fig. 517.—*Chrysópa perla;* A hojas con huevos pedunculados; *B*, larva; C, adultos.



Fig. 518.—*Myrméleon* adulto.

es notable porque sus larvas *(fig. 519)* viven en la arena enterradas en el fondo de unas depresiones *(fig. 520)*, de las que sólo sacan sus robustas mandíbulas, continuamente abiertas, hasta que algún insecto, principalmente hormigas, llega al borde de la depresión, en cuyo momento, arrojándole tierra con la cabeza, cae al fondo, donde es devorado por la larva.



Fig. 519. — Larva de *Myrméleon.*

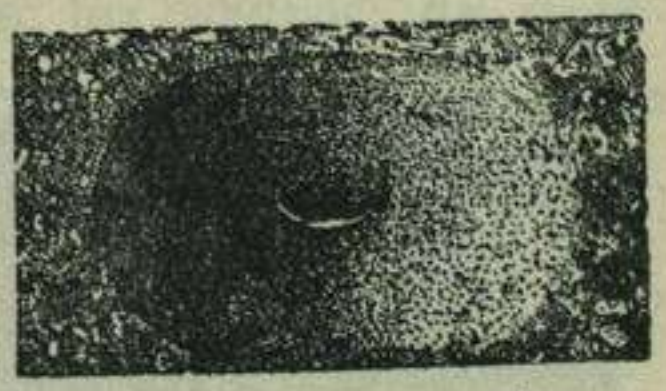


Fig. 520.—Larva de *Myrméleon* enterrada en una depresión.

Orden Coleópteros.—Son Insectos *masticadores*, con *metamorfosis complicadas* y provistos de *cuatro alas*, de las cuales las superiores son *élitros* y protegen como un estuche (gr. *chóleos*, estuche; *pterón*, ala) a las del segundo par, que son membranosas y *más largas* que los élitros, por lo cual tienen necesidad de plegarse a lo largo y al través, es decir, longitudinal y transversalmente, con objeto de poderse resguardar bajo las primeras durante el reposo. Es el Orden más numeroso y entre ellos se encuentran especies útiles y especies perjudiciales para el agricultor: en general son útiles todas las que de jóvenes o de adultas son zoófagas, pues ordinariamente se alimentan de insectos fitófagos; en cambio son perjudiciales las que de larvas o adultas son fitófagas. Las especies prin-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cipales son: la *Cicindéla campéstris (fig. 521)*, zoófaga en todos sus estados; la larva *(fig. 521)* vive en agujeros que se hace en el suelo, en los cuales espera sus presas; los *Cárabus (fig. 522)*, también zoófagos; los *Dytiscus (fig. 523)*, que son de agua dulce, zoófagos y muy voraces, sobre todo sus larvas, que causan grandes daños en las piscifactorías fluviales, porque devoran los huevos de los peces y los alevinos o peces jóvenes; los *Hydróphilus (fig. 524)*, también de agua dulce, pero fitófagos cuando adultos; los *enterradores (Necróphorus) (figura 525)*, así llamados porque depositan sus huevos en los cadáveres de pequeños Mamíferos y luego entierran éstos; el *ciervo volador* o *volante (Lucánus cérvus)*, de gran dimorfismo sexual, pues el macho *(fig. 526)* posee unas robustas mandíbulas de que carece la hembra: los *Melolóntha (figura 527)* y *Rhizotrógus*, llamados vulgarmente *abejorros sanjúaneros*, *jorges* y *cochorros*, que en estado larvario viven a expensas de las raíces de los vegetales; los *escarabajos*, nombre común a varias especies de *Coleópteros coprófagos* (gr. *kopros*, excremento) en to-



Fig. 521.—Adultos y larva de *Cicindéla campéstris*.



Fig. 522. — *Cárabus*



Fig. 523.—Larva y adulto de *Dytiscus marginális*.



Fig. 524.—*Hydróphilus*.



Fig. 525.—Enterrador *(Necróphorus)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dos sus estados, y de las cuales las más conocidas son el *escarabajo sagrado* de los egipcios *(Atéucus ægyptiorum)*, y el *escarabajo pelotero (Atéucus sácer) (fig. 528)* así llamado porque hace bolas con los excrementos de los animales, en cada una de las cuales coloca un huevo, y después las lleva rodando hasta colocarlas en un sitio resguardado; los *gusanos de luz* o *luciérnagas (Lampyris noctilúca)*, cuyos machos *(fig. 529)*, son alados y las hembras *(figura 530)* ápteras y con el abdomen fosforescente; los *cucuyos*, de América *(Pyróphorus noctilúcus)*, también fosforescentes; las *cantáridas (Lytta vesicatória) (fig. 531)*, de color verde metálico, y las *carralejas* o *aceiteros (Méloë) (fig. 532)*, de color negro y sin alas membranosas; el cuerpo de ambos, principalmente el abdomen, produce una sustancia vesicante (cantaridiana) que se utiliza en Medicina y Veterinaria, respectivamente; los *gorgojos*, nombre común a varias especies cuyas larvas viven en diversos frutos y semillas, como el del trigo *(Calándra granária) (fig. 553)*, el del guisante, lenteja, etc. *(Brúchus písi) (figura 534)*, etc.; la *mariquita de las uvas* o *vaquitas de San Antón (Coc-*



Fig. 526.—*Lucánus* ♂



Fig. 527. — *Melolóntha.*

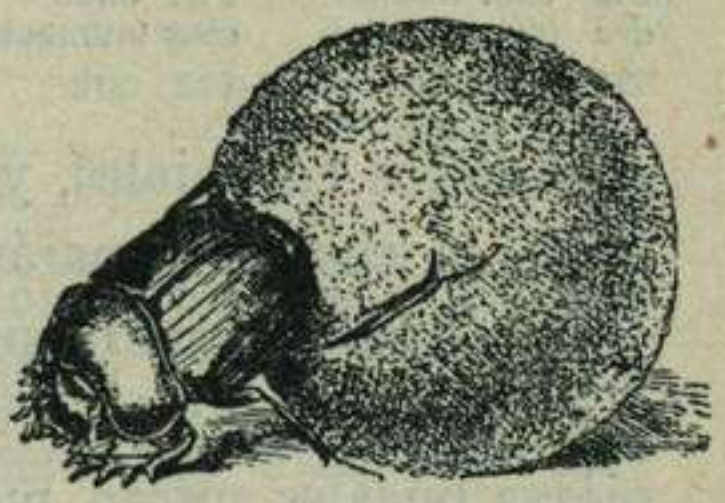


Fig. 528.—*Atéucus sácer.*



Fig. 529.—*Lampyris* ♂



Fig. 530.— *Lampyris* ♀



Fig. 531.— *Lytta.*



Fig. 532. — *Méloe*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cinélla septempunctáta) (fig. 535), que son utilísimas porque sus larvas y adultos se alimentan de pulgones. Otras especies afines a esta última son útiles por devorar parásitos de plantas, como el *Chilocorus bipustulatus*, que destruye en gran cantidad los insectos que producen el *poll-roig* de los naranjales, y el *Novius cardinalis*, que ataca a la *Icerya purchasi*, la cual vive parásita en diversas plantas.



Fig. 533.—*Calandra* (aumentado).



Fig. 534.—*Brúchus* (aumentado).



Fig. 535.—Adulto, larva y ninfa de *Coccinella*.

Orden Himenópteros.—Aun cuando son Insectos *masticadores* y están, por tanto, provistos de *mandíbulas (fig. 536, M)*, las restantes piezas bucales sufren modificaciones muy variables, con objeto de adaptarse a recoger las sustancias líquidas de los nectarios (*) de las plantas, que son las que constituyen la base de su alimentación: esta modificación recae principalmente sobre las *maxilas (MI)*, que son largas y acanaladas con el fin de poder alojar el *labio inferior*, una parte del cual se alarga y se convierte en un órgano flexible y peloso denominado *promuscis (P)*, que es el que hace el oficio de lengua antes indicado. Tienen cuatro alas *pequeñas*, transparentes, con escasas nerviaciones y *membranosas;* a este último carácter se refiere el nombre del Orden (gr. *ymen*, membrana): durante el vuelo las alas de cada lado funcionan como una sola porque están unidas entre sí por medio de unos pelitos ganchudos. Sus *metamorfosis son complicadas (fig. 507)*. El abdomen de las hembras suele terminar en un *taladro* o en un *aguijón* que sirve para depositar los huevos: el aguijón *(fig. 537, Str)* contiene en su interior dos cerdas aserradas *(Stb)* y en él desemboca, en algunas especies, una *glándula venenosa (GD)*, que sirve para

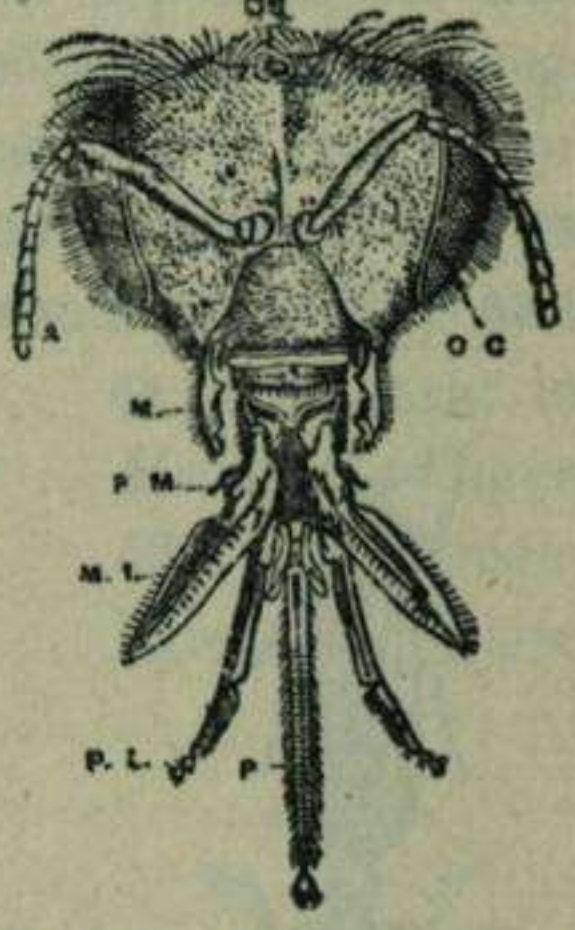


Fig. 536.—Cabeza y aparato bucal de una abeja obrera. *OS*, ojos sencillos; *OC*, ojos compuestos; *A*, antenas; *PM*, palpo maxilar; *PL*, palpo labial.

(*) Véase *Botánica*, pág. 541.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la defensa del animal. Las especies más conocidas son: los *Cynips* (*) del roble *(fig. 282)*, etc., cuyas hembras introducen los huevos, por medio de su taladro, en las hojas y tallos jóvenes de los robles, etc., en los cuales determinan la formación *(fig. 283)* de *agallas* o *agállaras:* por esto reciben dichos insectos el nombre de *galícolas* (lat. *galla*, agalla; *colére*, habitar); la numerosa familia de los *Calcídidos*, cuyas especies son muy útiles porque son parásitos de insectos de muy diversos Órdenes, que a su vez son parásitos de muchas plantas cultivadas (**); existen otros muchos Himenópteros beneficiosos porque depositan sus huevos en el cuerpo de diversos adultos y larvas de otros insectos que son perjudiciales; tal ocurre con muchos Icneumónidos *(fig. 284)*. Todos los Himenópteros antedichos viven solitarios; pero hay otros que forman sociedades, como las *abejas*, *avispas* y *hormigas*. Las colonias de las abejas *(Apis mellifica)* están constituídas: por una *hembra fecunda* denominada *reina (fig. 290);* por unos cuantos cientos de *machos fecundos* llamados *zánganos (fig. 291)*, los cuales carecen de aguijón y son expulsados de la colonia o muertos por las obreras en cuanto uno fecunda a la reina, y, finalmente, por 20 a 30.000 *hembras estériles* llamadas *obreras (figura 292):* el nombre de éstas es debido a que son las que construyen los *panales* con la *cera* o sustancia que producen en la parte ventral de su abdomen y que, recogiéndola, masticándola y mezclándola con la saliva, les sirve para ir formando las celdas exagonales que constituyen los panales; de estas celdas unas están destinadas a que la reina vaya poniendo un huevo en cada una, después de lo cual una obrera se encarga de proporcionar el sustento, consistente en miel y polen, a cada larva; las otras celdas sirven para ir acumulando en ellas miel, con objeto de que durante el invierno no falte alimento a la colonia. La *miel* es un alimento azucarado que las abejas fabrican con el néctar de las flores. Con objeto de poder recoger y transportar el polen en cantidad, las obreras poseen el primer artejo del tarso de las patas posteriores ensanchado a modo de

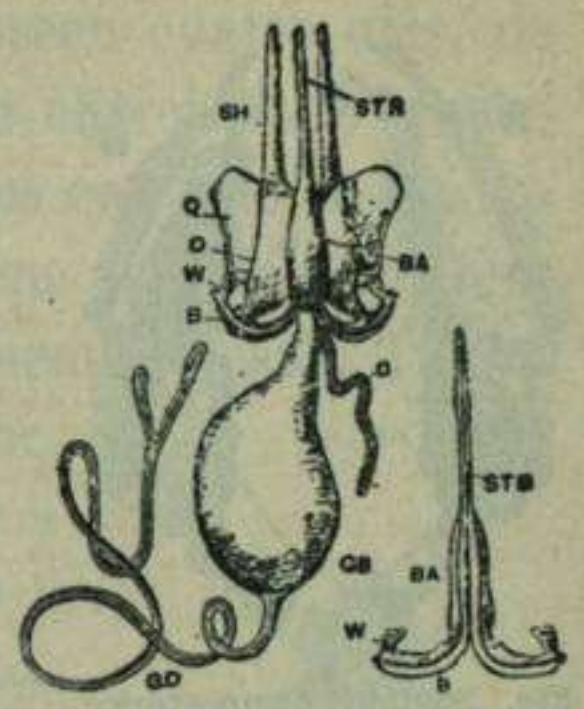


Fig. 537.—Aparato venenoso de una abeja.

(*) A pesar de este nombre no tienen nada de común con los llamados vulgarmente *cínifes*, que no son sino los mosquitos (pág. 367)

(**) Sobre la tribu *Afelininos* de esta familia hay un trabajo muy interesante publicado en 1912 por la Junta de Ampliación de estudios, y cuyo autor es el sabio naturalista español D. Ricardo García Mercet.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

paleta y peloso, formando una especie de *brocha* o *cepillo (fig. 538, AR)* y en la tibia una depresión llamada *cesta* o *cestita (fig. 538, T)* donde acumulan el polen. La reina tiene la notable particularidad, desde el punto de vista de la reproducción, que puede producir a voluntad obreras o zánganos: los óvulos no fecundados o huevos partenogenéticos producen machos y los fecundados obreras. En cada colmena sólo existe una reina; cuando otra u otras están próximas a nacer, la antigua abandona la colmena seguida de un número grande de obreras, constituyendo un *enjambre* que formará sus panales en otra nueva colmena. Si nacen otras reinas y la población de la colmena es numerosa, se producen nuevos enjambres Las *avispas (Véspa vulgáris*, etcétera) forman también colonias, si bien mucho menos numerosas que las de las abejas, en cada una de

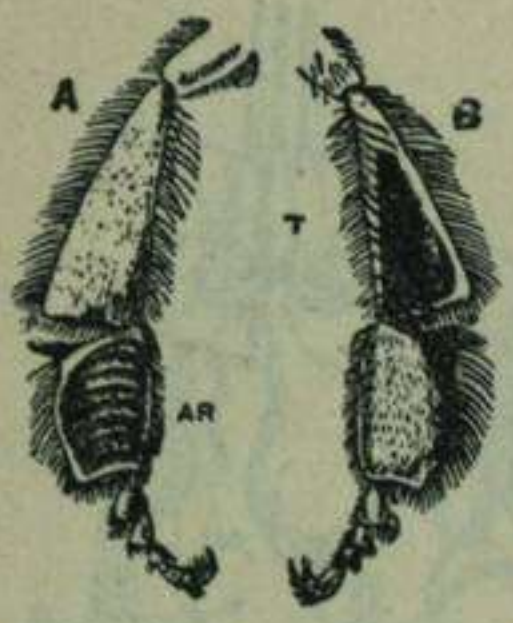


Fig. 538.—Pata posterior de una abeja obrera, vista por el lado interno *(A)* y por el externo *(B)* para mostrar el artejo del tarso *(AR)* ensanchado y peloso, y la tibia *(T)*, con una cavidad (aumentado).

las cuales hay una reina *(fig. 539)*, algunos machos *(fig. 540)* y numerosas obreras *(fig. 541)*: construyen nidos que parecen estar hechos de papel grueso de color gris; para fabricar éstos, así como los panales de celdas exagonales encerrados en ellos, arrancan trozos de las cortezas de los árboles y los mastican e insalivan lo mismo que las abejas la cera. Finalmente, las *hormigas (Formica rufa*, etc.) *(figs. 293* a *295)* son también sociales, pero no poseen alas más que las hembras y machos fecundos, y esto sólo en el momento de la fecundación; las obreras son ápteras: sus costumbres son en extremo interesantes.



AVISPAS

Fig. 539. Reina. Fig. 540.—Macho. Fig. 541. Obrera.

Orden Hemípteros.—Son insectos *chupadores*, por lo cual sus piezas bucales están modificadas y adaptadas para la succión: la modificación recae sobre el *labio inferior*, el cual se alarga y constituye un tubo *articulado* y abierto por su parte superior, dentro del cual se encuentran las dos *mandíbulas* y las dos *maxilas*, que están convertidas en largas y punzantes cerdas, cuya misión es perforar los tejidos vegetales o ani-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

males con el fin de que salgan los líquidos nutritivos y puedan ser chupados por el tubo formado por el labio inferior. Poseen cuatro *alas*, de las cuales las superiores pueden ser la mitad anterior elitroidea y la posterior membranosa, de donde el nombre de *hemélitros* con que se les conoce (gr. *emi*, mitad) *(fig. 542)* y de donde proviene también el nombre del Orden: otras veces las cuatro alas son membranosas. Tienen *metamorfosis sencillas*. Los primeros forman el *Suborden* de los *Heterópteros* y los segundos el de los *Homópteros*.



Fig. 542.— *Pentátoma.*



Fig. 543. —*Cimex* (aumentada)

SUBORDEN HETERÓPTEROS.—El género *Pentátoma (fig. 542)* comprende especies terrestres y fitófagas, llamadas *chinches de campo*, pues, como las *chinches comunes (Cimex lectulárius) (figura 543)*, poseen en el tórax glándulas que segregan una sustancia de olor desagradable, siendo el agente transmisor de algunas enfermedades infecciosas, como el kalazar en la India; el *escorpión de agua (Népa cinérea) (fig. 544)* vive en las aguas poco profundas y respira sacando fuera de ésta los dos largos tubos en que termina el abdomen; su picadura es muy dolorosa: los *zapateros (Hydrómetra stagnális) (fig. 545)* nadan, o mejor, patinan con extraordinaria rapidez por la superficie de las aguas.



Fig. 544. *Népa.*



Fig. 545.— *Hydrómetra.*

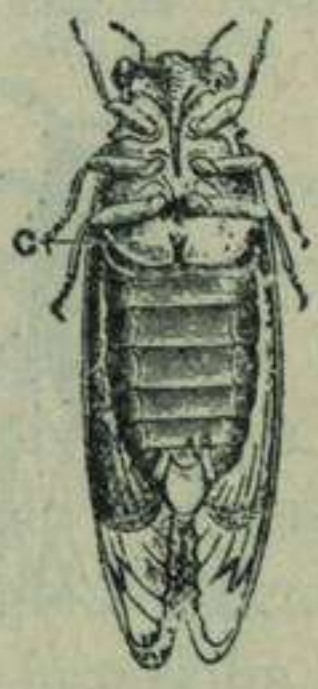


Fig. 546. *Cicáda*

SUBORDEN HEMÓPTEROS—Entre los más notables están las *cigarras (Cicada)*, cuyos machos llevan un aparato cantor *(C)* en la cara ventral de la base del abdomen; los individuos jóvenes de la *Aphróphora spumária (fig. 547)* despiden por el ano esferitas gaseosas que se reúnen en torno del animal y forman una masa espumosa parecida a la saliva,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

por medio de la cual se ocultan a la vista de las aves; la *Schizonéura lanígera (fig. 548)* ataca a los perales, a los que causa la muerte. Los *pulgones (Aphis) (figs. 66* y *67)* encierran varias especies, todas ellas muy perjudiciales para los vegetales. La filoxera *(Phylloxéra vastátrix) (figura 549)*, que tan grandes estragos causa en la vid, tiene formas que viven en las raíces encerradas en excrecencias o nudosidades, donde depositan sus huevos.



Fig. 547.—*Aphróphora*. A, cabeza vista por debajo y aumentada.

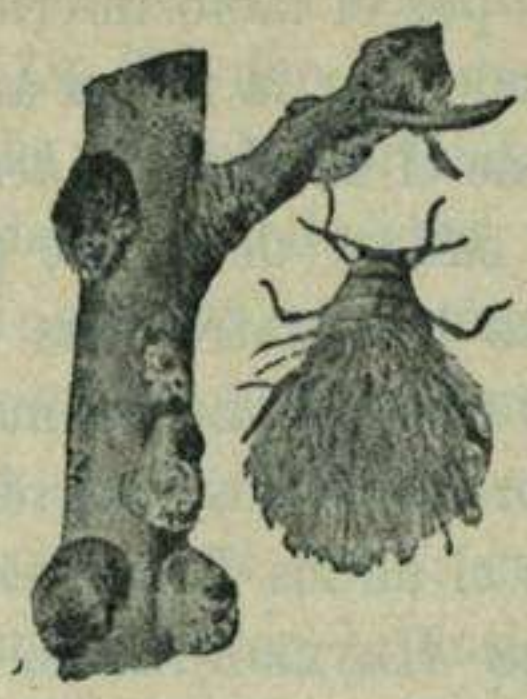


Fig. 548.— Excrecencias producidas en una rama de peral por la *Schizonéura lanígera:* a la derecha, adulto aumentado.

Por último, corresponden a este grupo los *Cóccidos*, entre los que hay que señalar el *piojo rojo* o *poll-roig* del naranjo *(Crysómphalus dictyospermi)* y otras especies *(Icerga purchasi*, etc.), parásitas de diversos frutales, a los que terminan por aniquilar: la *cochinilla (Cóccus cácti) (figura 550)*, de cuyas hembras, que son ápteras *(A)* y viven en las chumberas, se extrae el carmín; los machos son alados *(B)*.

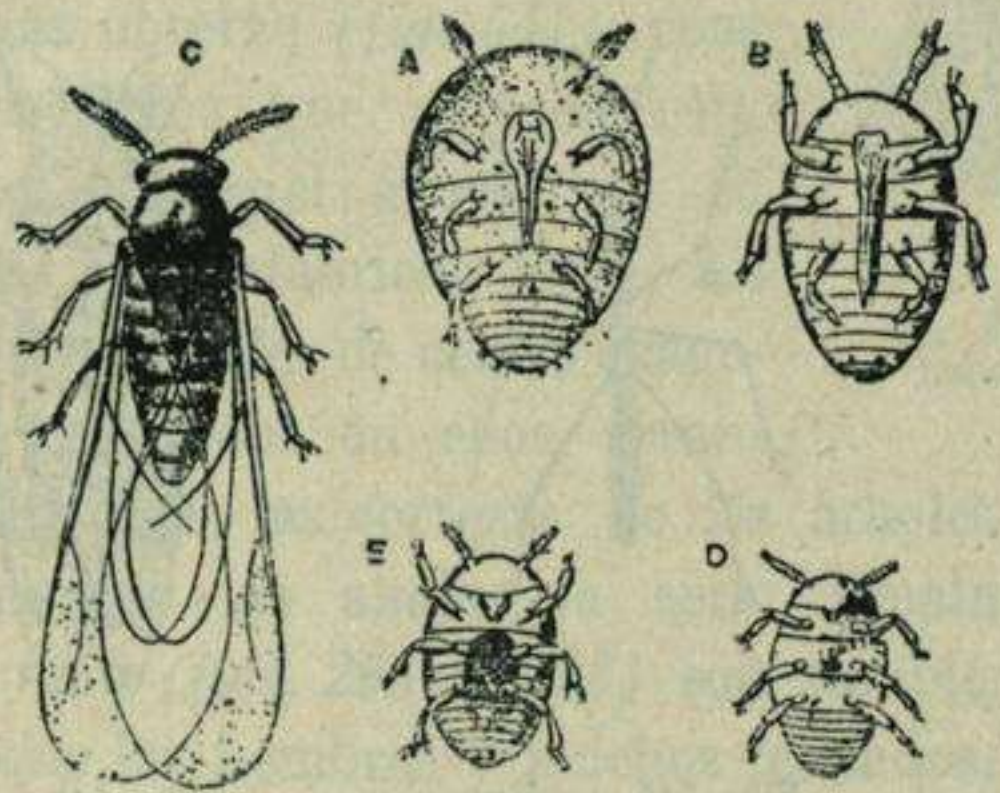


Fig. 549.—*Phylloxéra vastátrix*. *A*, ♀ radicícola; *B*, ♀ que sube a las hojas; *C*, ♀ alada; *D*, ♀ y *E*, ♀ fecunda encerrando el huevo de invierno.

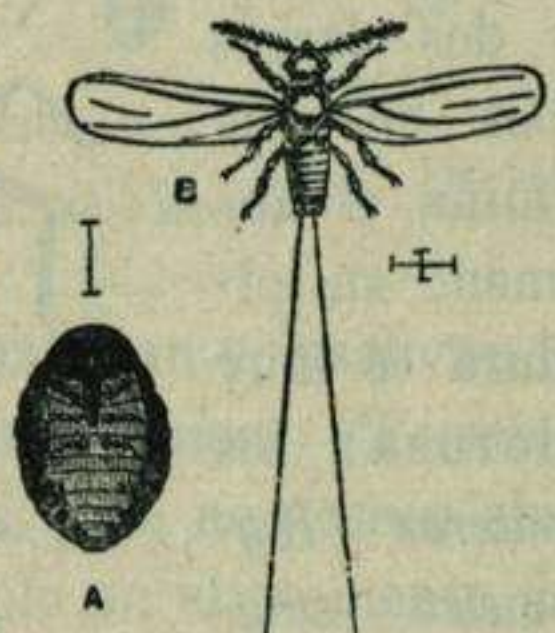


Fig. 550.— Cochinilla.

Orden Anopluros.—Son Insectos adaptados al parasitismo, con su boca chupadora, sin alas y con las patas terminadas en una especie

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de uña prensora para sujetarse a los pelos de los animales sobre los que viven. Sus ojos son sencillos. Carecen de metamorfosis. Las especies más frecuentes son: el *piojo de la cabeza (Pediculus capitis)*, cuyos huevos, llamados *liendres*, se adhieren a los pelos; el *piojo de los vestidos (P. vestimentis)* y la *ladilla (Phthirius inguinalis)*.

Algunos naturalistas incluyen aquí los llamados *Malófagos*, que son, como éstos, parásitos de los Mamíferos y de las aves, pero que se diferencian de ellos por ser masticadores.

Orden Lepidópteros.—Son insectos *chupadores* que tienen atrofiadas la mayor parte de las piezas bucales; no conservan más que las *maxilas* y los *palpos labiales:* las primeras son muy largas, acanaladas interiormente y se hallan soldadas, constituyendo un tubo o *trompa* que durante el reposo está enrollada en espiral, por lo que recibe el nombre de *espiritrompa (figs. 203* y *551, Mx);* los *palpos labiales (Lt)* son grandes y ocultan a la espiritrompa durante el reposo. Poseen *cuatro alas membranosas* y recubiertas de un tenue polvillo que, examinado al microscopio, se ve que está formado por *escamitas* empizarradas de forma y dimensiones variables: a la presencia de estas escamas alude el nombre del Orden (gr. *lepidós*, escama). Sus *metamorfosis son complicadas* y sus larvas u *orugas* son masticadoras y ordinariamente fitófagas y muy voraces, por lo que causan grandes daños a la agricultura: estas orugas suelen poseer en el labio inferior un tubérculo llamado *hilera*, provisto de un orificio por donde sale una secreción líquida que se consolida en contacto con el aire y que constituye la *seda;* ésta, poco abundante en algunas especies, lo es mucho en otras, y entonces les sirve para formar un capullo, dentro del cual pueden pasar la fase de *ninfa* o *crisálida*, que en la mayoría de los casos aparece al descubierto. Los adultos poseen frecuentemente un *dimorfismo sexual* considerable *(figs. 70* y *71)*, y los machos suelen morir después de la cópula. Comprende numerosas especies, de las cuales las más conocidas son: *la mariposa de la col (Pieris brassicæ) (fig. 552)*, cuyas orugas viven sobre las coles, etc.; el género *Papilio*, con sus numerosas y vis-

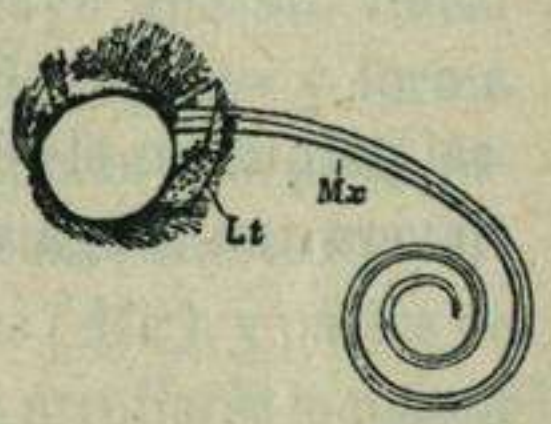


Fig. 551.—*Espiritrompa de una mariposa (Zygæna) vista de perfil.*

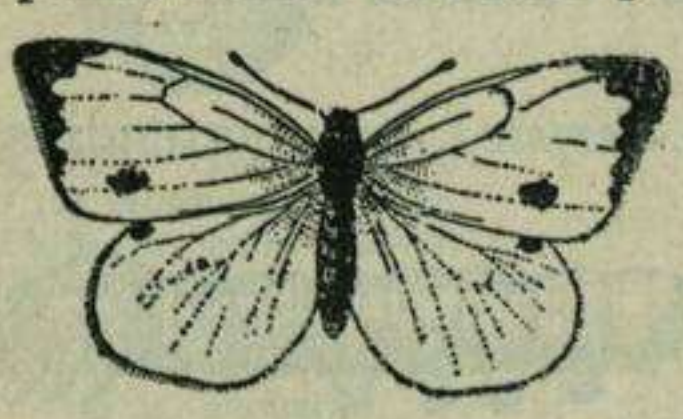


Fig. 552.—*Pieris brássicæ*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tosas especies *(fig. 202)*. Sus crisálidas *(fig. 203)* se hallan sujetas a las plantas por medio de un hilo de seda segregado por la oruga *(figura 200);* el género *Mórpho*, de América, tiene sus colores nacarados *(figs. 553* y *554);* también son de América y muy vistosas diversas especies del género *Actias (figura 555);* la *mariposa de la muerte* o *de la calavera (Acheróntia átropos) (figura 556)* se llama así porque en el tórax lleva un dibujo que semeja remotamente una calavera; su oruga ataca principalmente a las hojas y tallos de las patatas: las orugas de las *procesionarias (Thaumetopœa pityocampa)* los causa también grandes en los pinares, etc.; la *lagarta (Lymantria dispar)*, tan extendida por nuestro país, en donde causa graves daños en los encinares; el llamado *gusano de la seda (fig. 557)* es la oruga de la mariposa *Sericária* o *Bómbyx móri (fig. 558)* originaria de China, que se cría con objeto de utilizar la seda de que forma el capullo ninfal; por



Fig. 553.—*Mórpho Leonte* visto por su cara superior

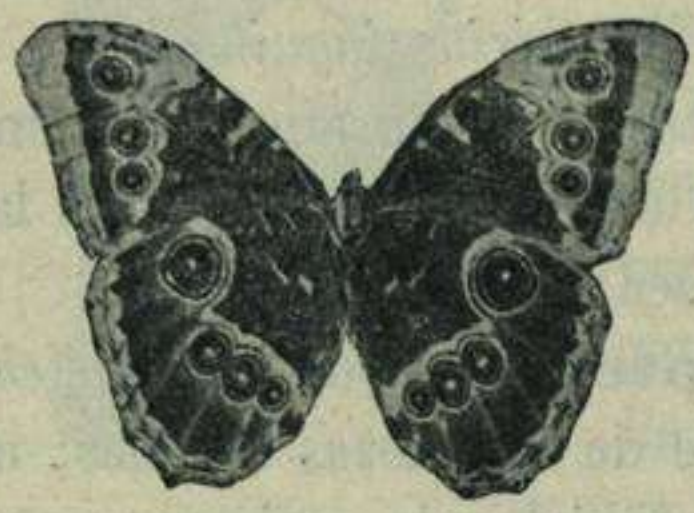


Fig. 554.—*Mórpho Leonte* visto por su cara inferior.

(Fots. O. Cendrero).

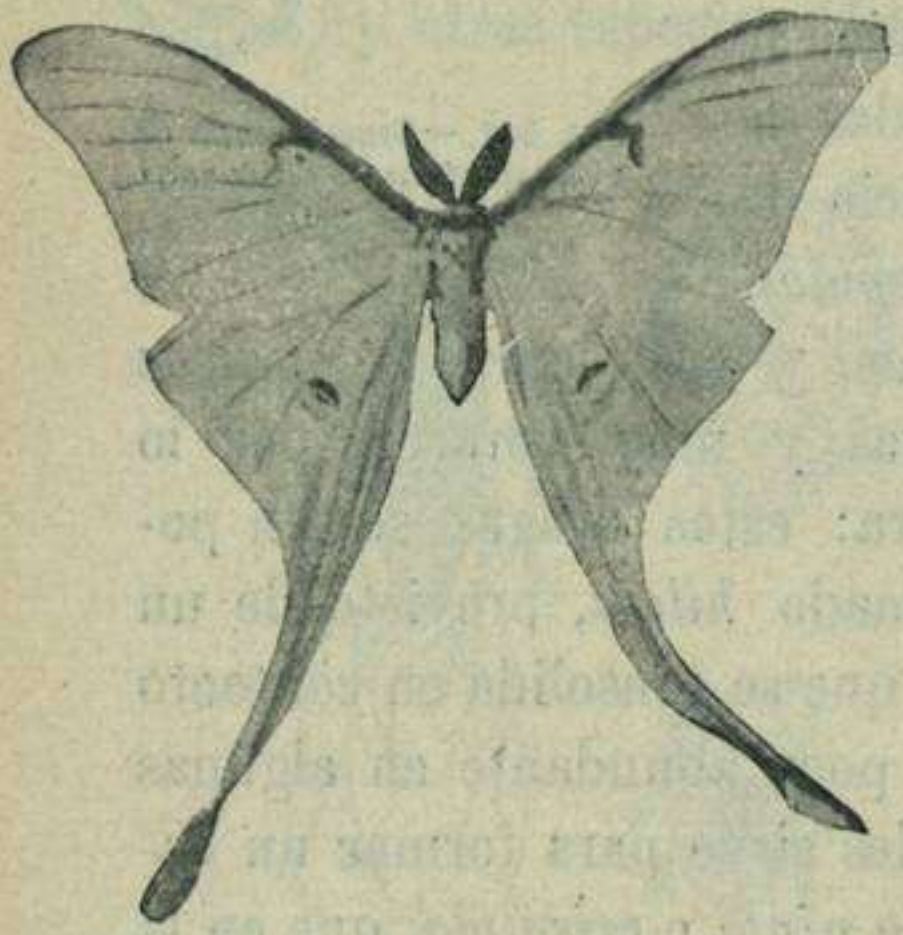


Fig. 555.—*Actias luna*. (Fot. O. Cendrero).

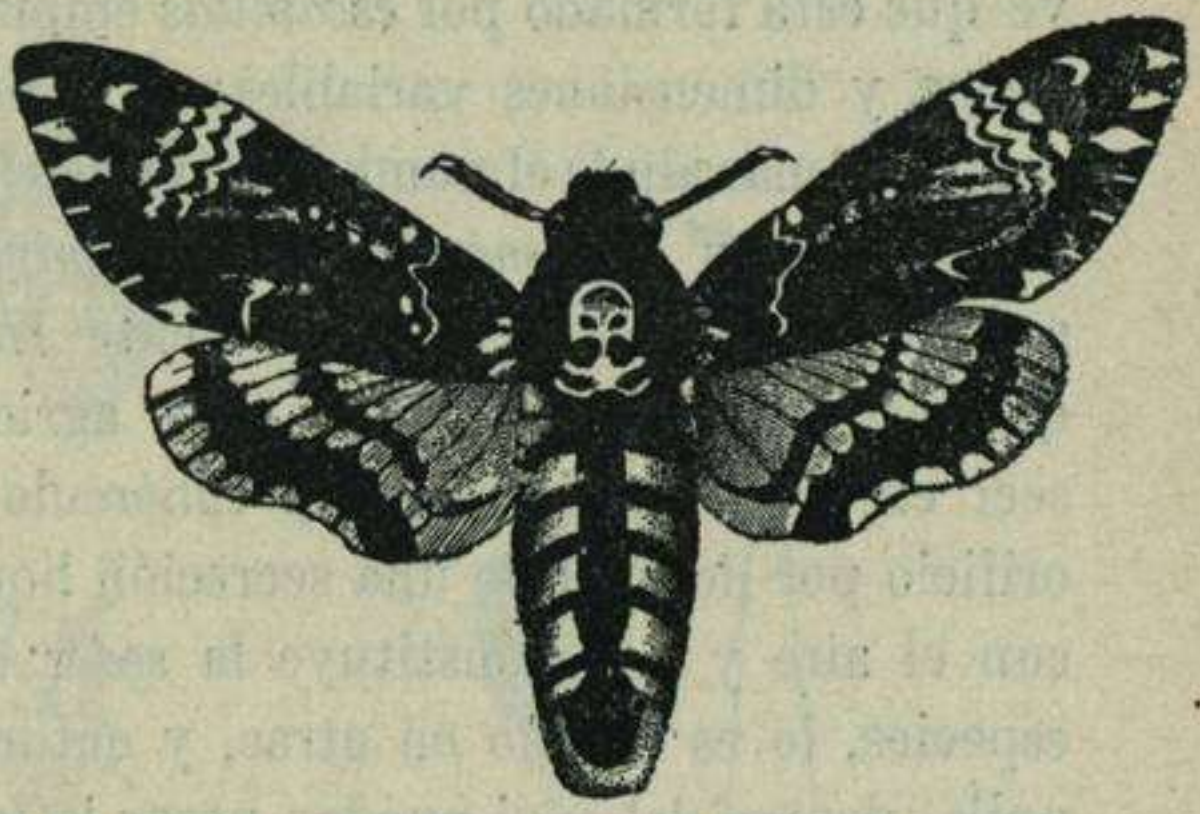


Fig. 556. — *Acheróntia atropos*.



Fig. 557.—Gusano de la seda.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

último, las orugas de las *Carpocápsa (fig. 559)* viven dentro de las manzanas, peras, etc., y las de la *Tínea pellionélla* o polillas, en las ropas de lana, principalmente.

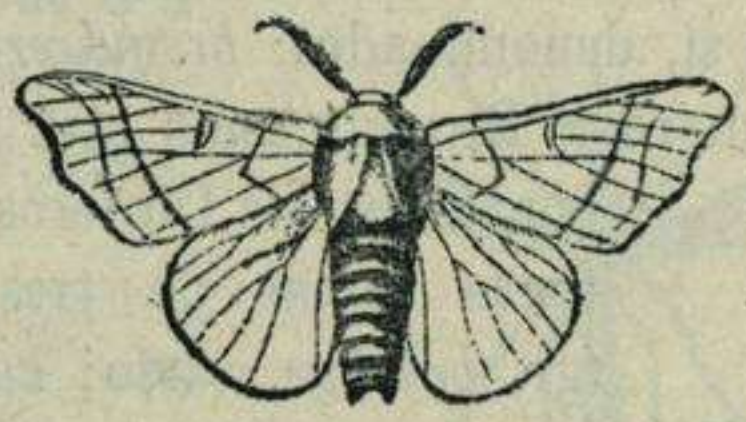


Fig. 558. — *Sericária móri* ♂

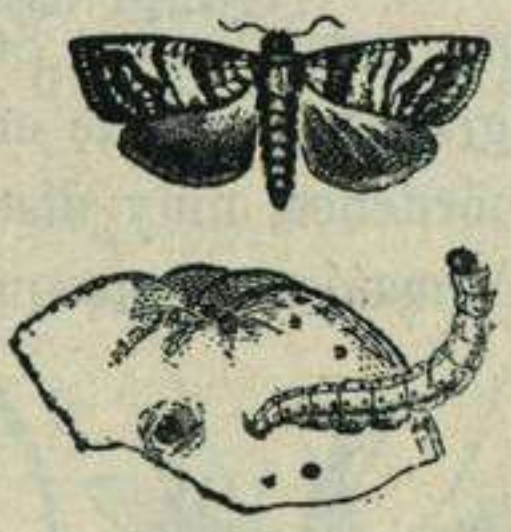


Fig. 559.—*Carpocápsa pomonélla.*

Orden Dípteros.—Son Insectos *chupadores* cuyo aparato bucal está constituído por una *trompa* hueca o *probóscide*, de aspecto y forma muy variable *(fig. 560, Lb)*, formada por la prolongación del *labio inferior*, dentro de la cual se encuentran cuatro o más cerdas fuertes y perforantes que representan las mandíbulas *(Md)*, maxilas *(Mx)*, y partes de ambas muy modificadas *(H)*, de todas las cuales pueden atrofiarse la mayor parte y subsistir sólo una o dos *(fig. 561, O)*. La trompa es en unos rígida

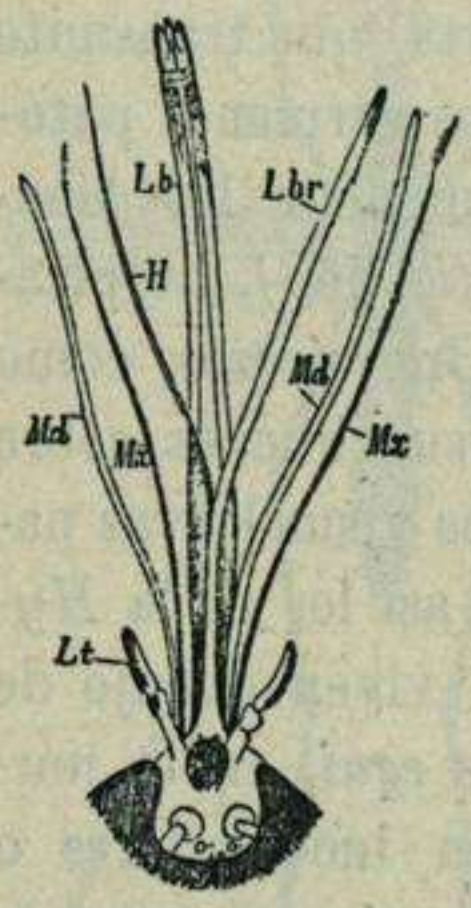


Fig. 560.—Piezas bucales de un mosquito ♀: *Lbr*, labro; *Lt*, palpo labial; *Md*, mandíbula; *Mx*, maxila; *H*, hipofaringe o pieza modificada y punzante (s. Becher).

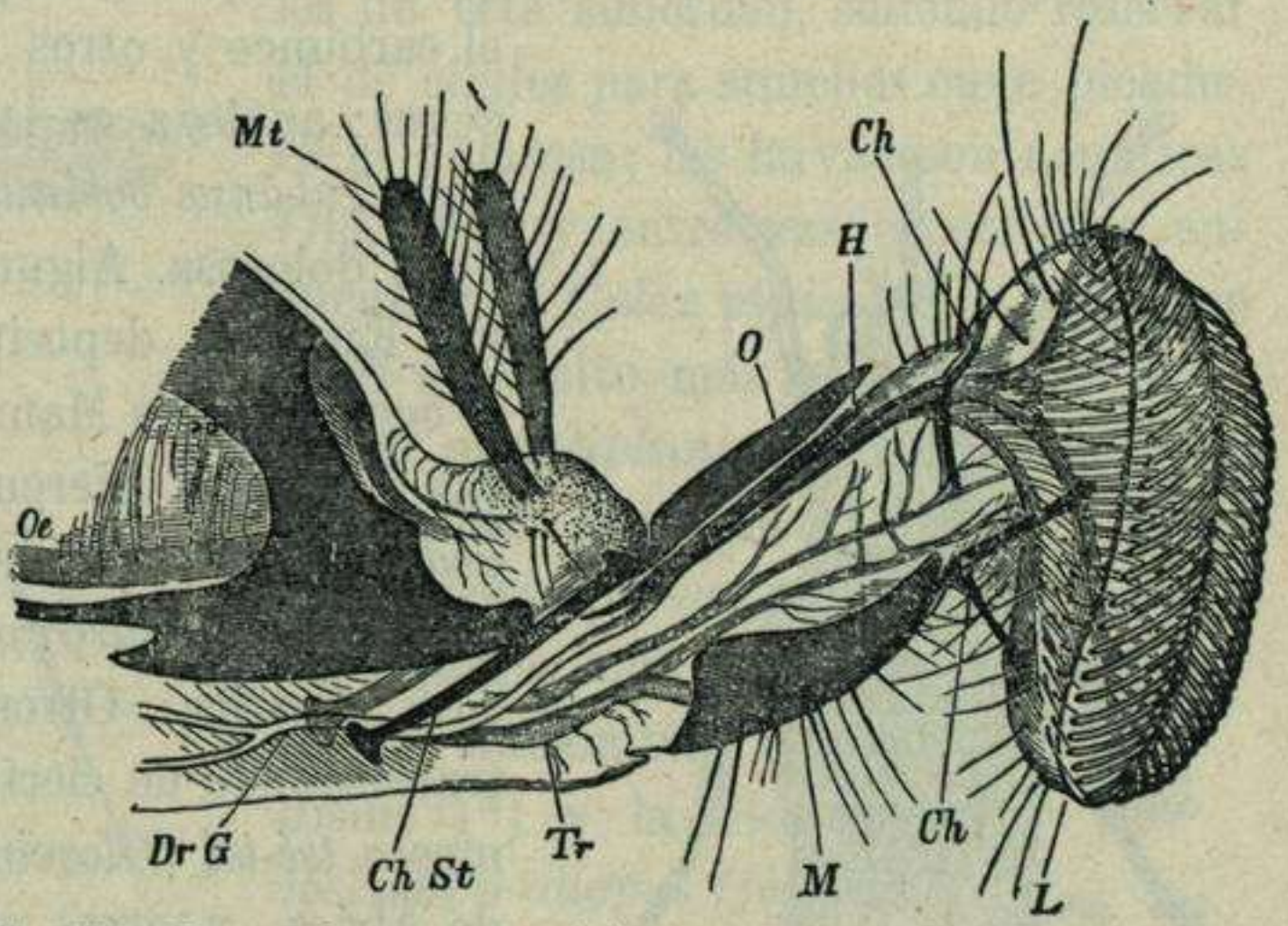


Fig. 561.—Trompa de una mosca vista con gran aumento: *O*, resto de las maxilas; *Mt*, sus palpos; *L*, labio inferior *DrG*, conducto excretor común de las glándulas salivares; *Oe*, esófago; *Tr*, tráqueas (s. Claus).

y puntiaguda *(fig. 560)* y en otros *(fig. 561)* termina en una masa más o menos blanda, como en la mosca; pero en ningún caso es articulada.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

No tiene más que *dos alas*, a lo que alude el nombre del grupo (gr. *dis*, dos), que son membranosas; el segundo par de alas está representado en algunos por unos órganos mazudos denominados *balancines*. Tienen *metamorfosis complicadas*. Son animales muy perjudiciales para el hombre por el gran número de enfermedades que le transmiten (*). Comprende dos subórdenes, muy distintos entre sí, denominados: *braquíceros* (moscas) y *Nematóceros* (mosquitos). El suborden BRAQUÍCEROS está formado por todos los Dípteros de antenas cortas de tres artejos (gr. *brachys*, carto; *keras*, antena, cuerno), como la mosca común *(Músca doméstica)*, la de la carne *(Sarcóphaga carnária)*, que es vivípara; la mosca carbuncosa o de los establos *(Stomóxys cálcitrans) (fig. 562)*, de trompa rígida y corta, que transmite el carbunco y otros varios gérmenes patógenos; análoga es la trompa de los *tábanos (Tabánus bobínus) (fig. 563)*, de picadura dolorosa. Algunos Braquíceros, como los Éstridos, depositan sus huevos sobre el cuerpo de los Mamíferos y sus larvas pasan a órganos diferentes; así los de la *Hypoderma bovis*, del buey, viven debajo de su piel, y el *Gastrophilus equi*, en la mucosa gástrica. Otros son inoculadores o transmisores de ciertas afecciones, como la mosca *tsé-tsé (Glossina palpalis) (fig. 564)*, de África, y otras especies americanas del mismo género que transmiten la *enfermedad del sueño* (pág. 293). Una de las Familias de Braquíceros son los *Pupíparos*,

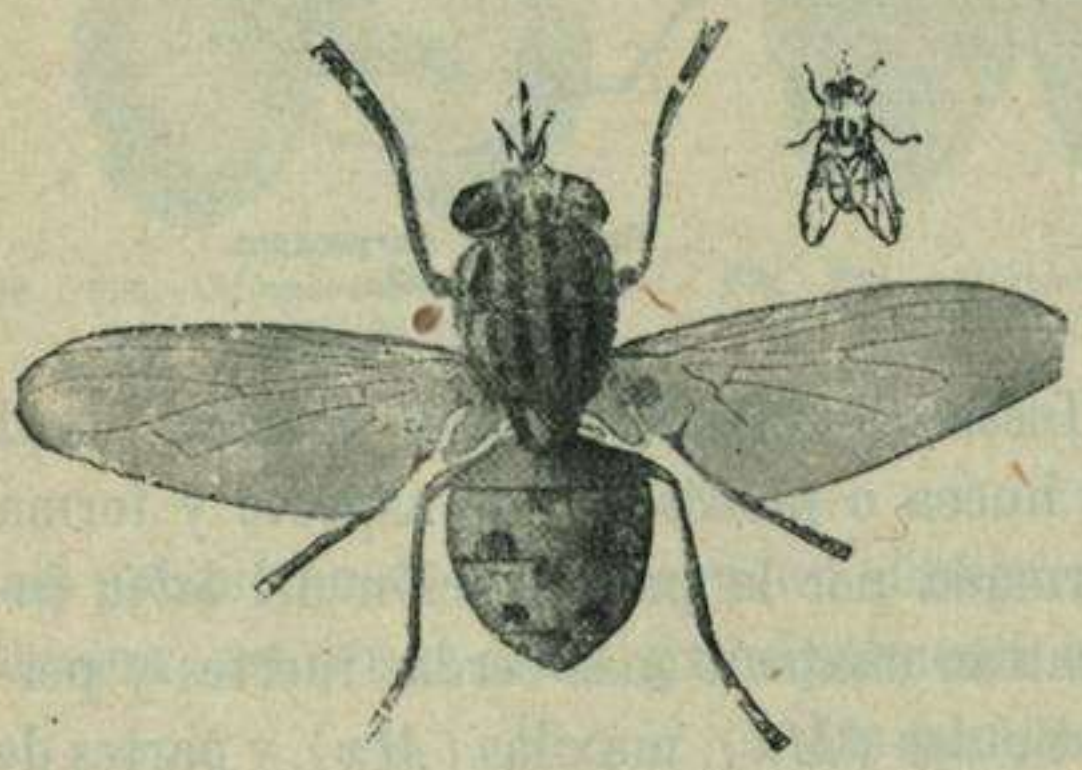


Fig. 562.—*Stomóxys:* a la derecha, la mosca de tamaño natural.



Fig. 563.— *Tábanus.*

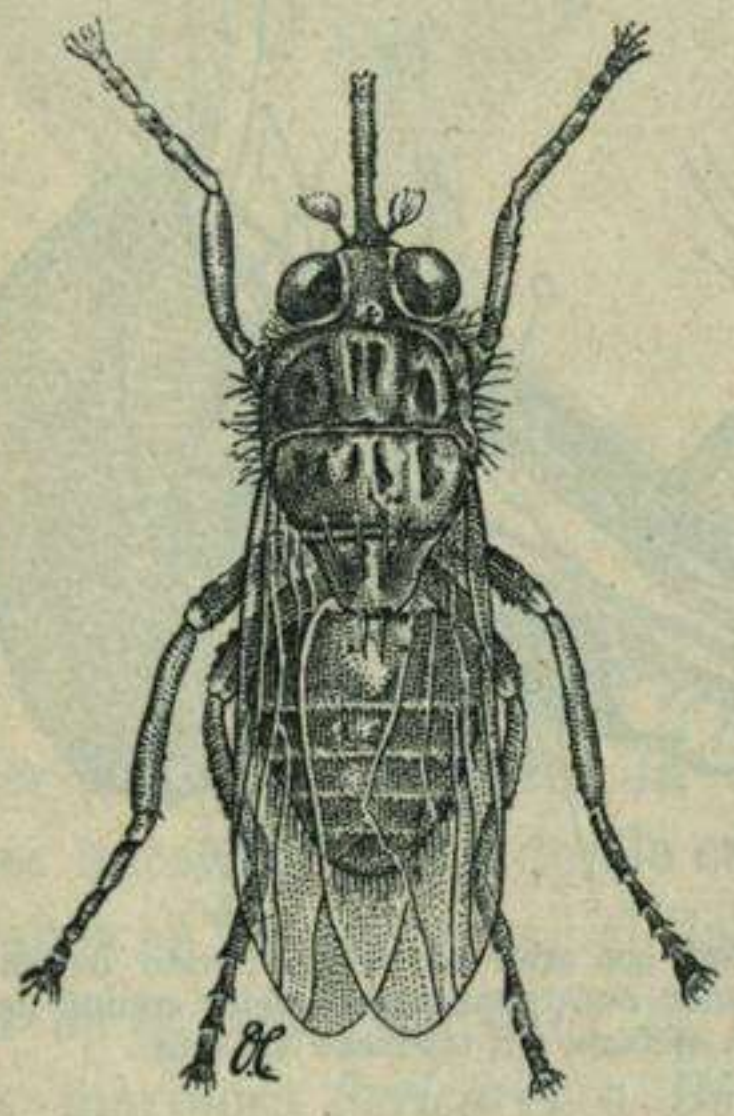


Fig. 564.—*Glossina.* Aumentada unas cinco veces.

(*) Véase la obra *Elementos de Higiene*, por O. Cendrero. 8.ª ed., págs. 39. 43. 57. etc.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cuyos huevecillos se desarrollan en el interior del cuerpo de la madre de modo tal que éstas paren larvas próximas a transformarse en ninfas: entre ellas está la *mosca borriquera (Hippobosca equina)*.

Los NEMATÓCEROS comprenden todos los que tienen las antenas largas y de 6 a 15 artejos y delgadas (gr. *nema*, hilo, filamento), como los *mosquitos* o *cínifes (zancudos* en América), bajo cuyo calificativo incluye el vulgo todos los animales de este suborden, soliendo reservar el de cínifes para aquellos cuya picadura es dolorosa; las larvas son acuáticas *(fig. 565)* y entre sus especies se encuentran el *Cúlex pípiens (fig. 566)*, que es el mosquito más frecuente; el *Anópheles maculipénnis (fig. 567)*, el *Myzorhynchus pseudopictus* y el *Pyretophorus superpictus*, que son las especies que principalmente transmiten el paludismo (*) y la *Stegomyia fasciata* o *cálopus (fig. 568)*, de América, España, etcétera, que transmite la fiebre amarilla (**); esta especie se distingue de las demás por el dibujo en forma de

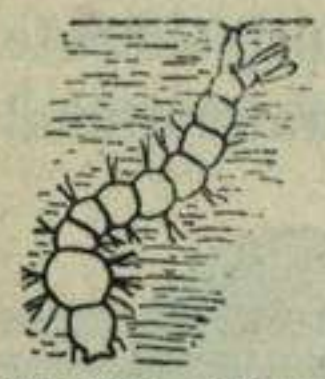


Fig. 565. — Larva de un mosquito. *(Stegomyia)*

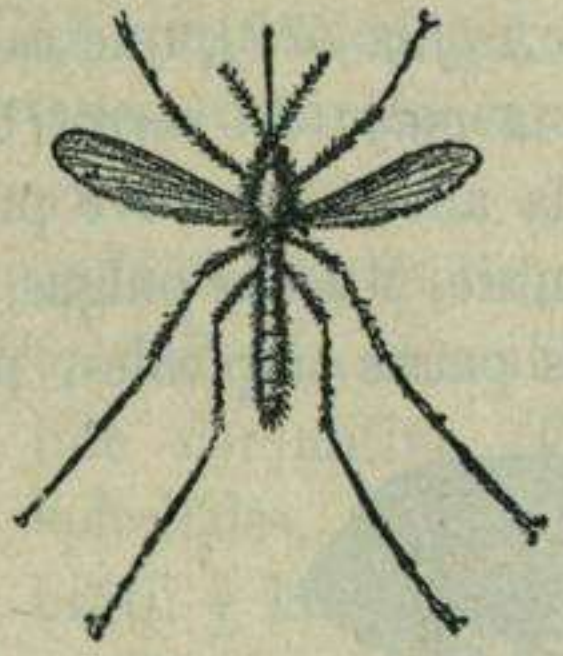


Fig. 566.—*Cúlex* ♀ aumentado.

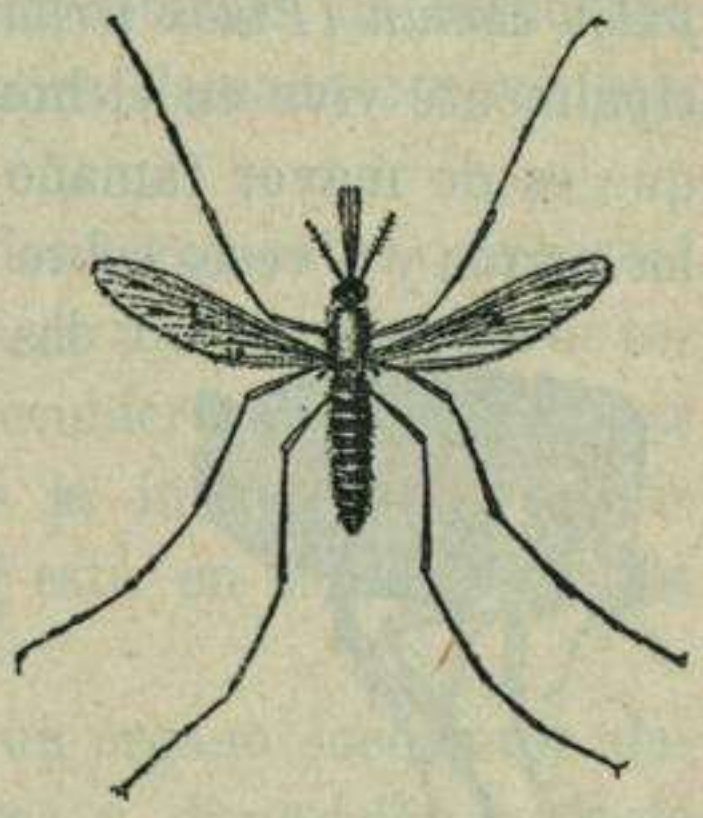


Fig. 567.—*Anópheles* ♀ aumentado.

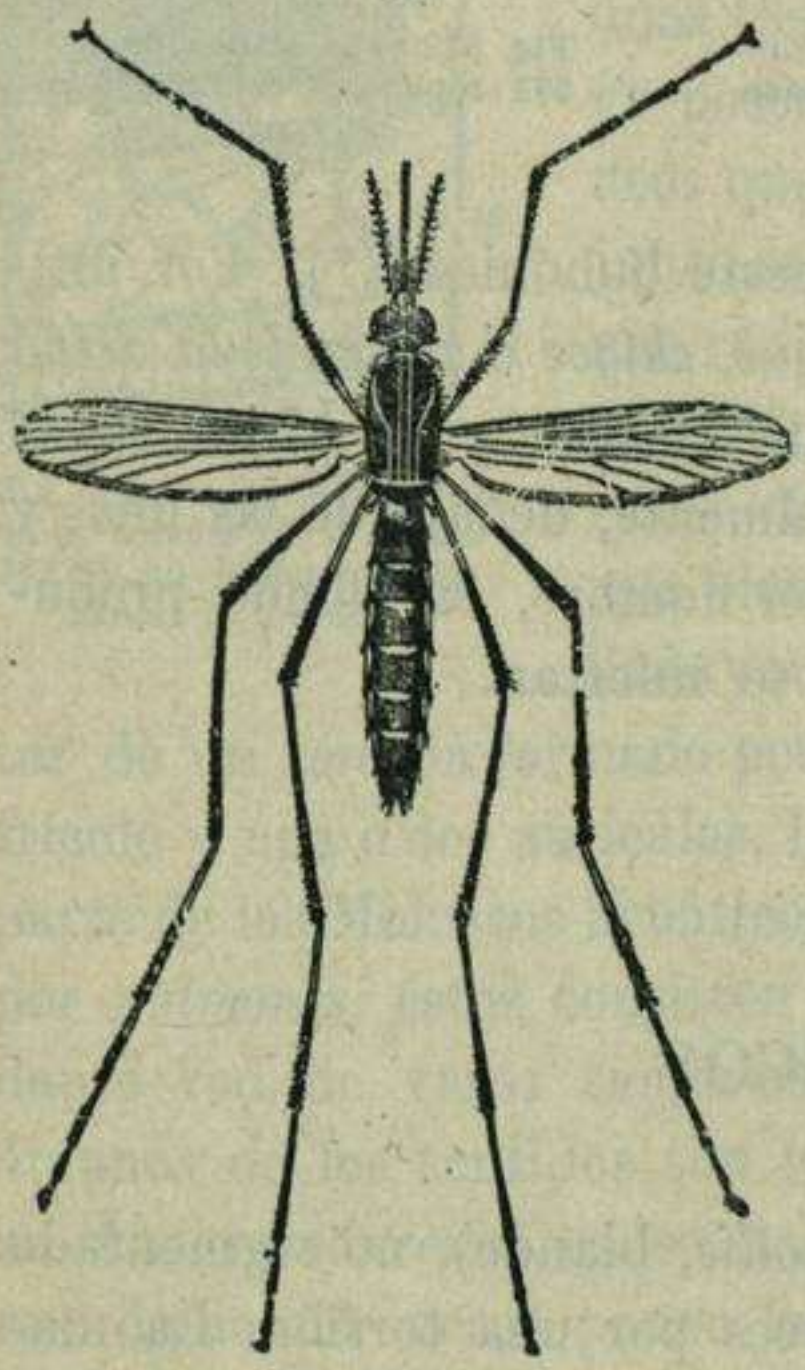


Fig. 568.—*Stegomyia* (aumentado).



Fig. 569

(*) Véase pág. 299 y la obra *Elementos de Higiene*, por O. Cendrero, 8.ª ed., pág. 92.
(**) Véase *Elementos de Higiene*, por O. Cendrero, 8.ª edición, pág. 86.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

lira invertida que lleva en el tórax *(fig. 569)*. Por último, la *Cecidomyia destructor* ataca a los cereales, en los que sus larvas producen graves daños.

Orden Afanípteros.—Estos Insectos carecen de alas (griego *áphanes*, invisible; *ptéron*, ala) y tienen sus patas posteriores dispuestas para el salto y metamorfosis complicadas: entre ellos se encuentra la *pulga común (Púlex irritans*, etc.) *(fig. 570)*, que es la especie que principalmente vive en el hombre; la *pulga del perro (Ctenocéphalus cánis)*, que es de mayor tamaño que la anterior y vive preferentemente sobre los perros y a veces sobre el hombre. Muchas pulgas, pero principalmente las de los países tropicales, pueden transmitir al



Fig. 570.—*Púlex Pirritans:* aumentada unas 16 veces.

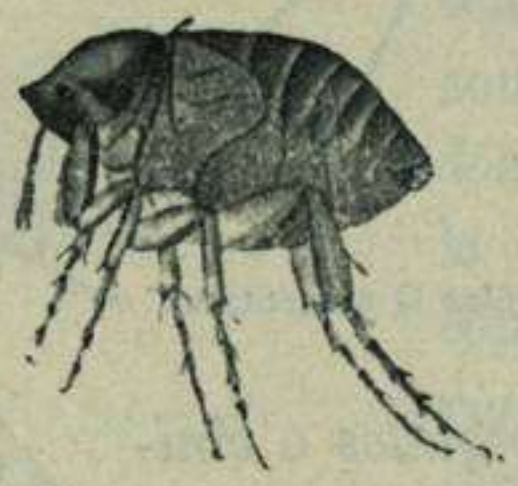


Fig. 571.—Pulga nigua *(Sarcopsilla)* en ayunas: aumentada unas 25 veces.



Fig. 572.—La misma de la 571 repleta y cargada de huevos.

hombre algunas enfermedades, como la peste bubónica (*). Por último, corresponde a este grupo la *nigua*, *pique*, *chigoe* o *pulga de la arena (Sarcopsylla pénetrans) (figs. 571* y *572)*, de América y de África, cuyas hembras fecundadas se introducen, principalmente, debajo de las uñas y de la piel de distintos Mamíferos, incluso del hombre, en donde producen molestos abscesos que con frecuencia se infestan.

TIPO MOLUSCOS

Son Metazoos de cuerpo blando (lat. *mollis*, blando), no segmentado y de simetría bilateral, enmascarada a veces por una torsión. La mayor parte tienen el cuerpo protegido por una *concha* de carbonato cálcico, que puede constar de una sola pieza o *valva*, como en los caracoles, en cuyo caso se llaman *univalvos*, o de dos piezas, como en las ostras, deno-

(*) Véase *Elementos de Higiene*, por O. Cendrero, 8.ª edición, pág. 84.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

minándose entonces *bivalvos:* también existen algunos *(Chíton)* cuya concha está formada por varias piezas *(fig. 238)*. La concha *(figura 573, C)* está formada: por una capa exterior denominada *cutícula* o *periostracum (CU)*, cuya coloración varía con las especies; una capa media *(CC)* formada por prismas de carbonato cálcico (aragonito) (*) y por una capa interna *(CI)* constituída por láminas alternas de carbonato cálcico y de una sustancia orgánica característica llamada *conquiolina*, la cual da lugar a veces al nácar.

La concha es segregada por un repliegue de los tegumentos que recibe el nombre de *manto (fig. 573, M)*, el cual consta de una capa media de tejido conjuntivo *(TC)* recubierta por dos capas epiteliales, de las cuales la interna *(EI)* es vibrátil y la externa *(EE)* está en contacto con la concha.

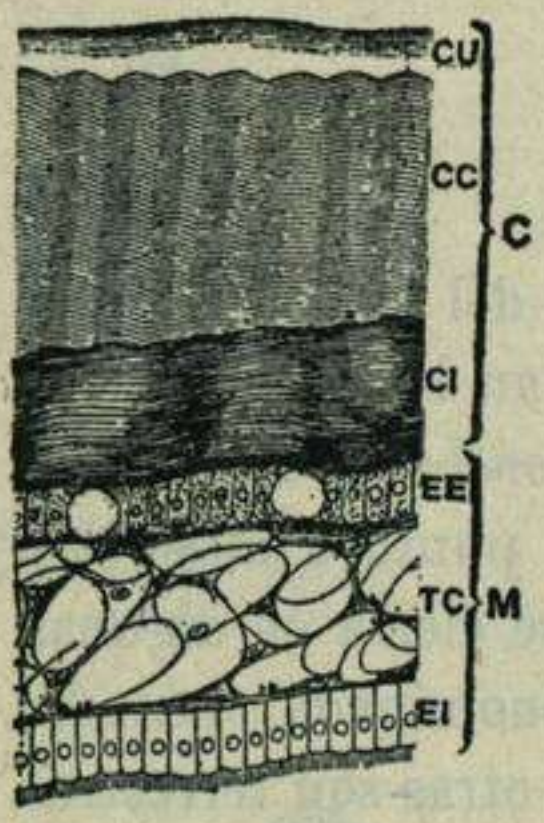


Fig. 573.— Corte vertical de la concha *(C* y manto *M)* de un Molusco *(Anodonta)* (s. Leydig).

Los Moluscos poseen un órgano locomotor denominado *pie*, cuya forma y disposición varía de unas Clases a otras. En muchos, el aparato digestivo posee en la faringe varias filas de dientes córneos que en conjunto se denominan *rádula (figura 574)*. El *aparato circulatorio* está bien desarrollado y suele constar de un *corazón* formado por un ventrículo y una o dos aurículas. La mayor parte de los Moluscos acuáticos respiran por *branquias* y todos los aéreos por *pulmones;* éstos consisten en cavidades cuyas paredes tienen abundante red de vasos sanguíneos. El *sistema nervioso* es ganglionar. Los órganos de los sentidos son muy variables por su situación y naturaleza. La *reproducción* es sexual; muy frecuentemente son hermafroditas andróginos. A veces ponen los huevos aislados, pero ordinariamente lo hacen en filamentos o masas y también en racimos fijos a algunas plantas marinas.



Fig. 574.—Rádula del caracol común. (De la obra *Prácticas de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero).

(*) Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª ed., pág. 94, y *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero, pág. 365.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

División.—Comprende varias *Clases*, de las cuales las principales son: *Anfineuros*, *Gasterópodos*, *Lamelibranquios* y *Cefalópodos*.

CLASE ANFINEUROS

Son moluscos exclusivamente marinos. Conservan la simetría bilateral y la mayoría de ellos, como el género *Chiton (fig. 238)*, poseen una concha múltiple que los permite enrollarse en forma de bola.

CLASE GASTERÓPODOS

Su cabeza está perfectamente destacada del resto del cuerpo: en ella existen tentáculos sensoriales, que algunas veces llevan los ojos. Poseen un *pie ventral* que les sirve para la locomoción: la *concha es univalva* y ordinariamente arrollada en espiral alrededor de un punto o alrededor de un eje llamado *columnilla:* la boca de la concha se cierra en algunas especies por medio de una pieza caliza o córnea denominada *opérculo.* Unas especies son acuáticas y respiran por *branquias;* otras son terrestres y respiran por *pulmones.*

Entre los que respiran por *branquias* y que viven en el mar o en aguas salobres, se encuentran: las *lapas (Patélla) (figs. 575* y *576)*, de concha cónica; las *orejas de mar (Haliótis) (figs. 577* y *578)*, así llamadas por su forma; los *bígaros (Littorina, Monodonta), (figs. 579* y *580)*, que viven en las rocas del litoral. De algunas especies de los géneros *Purpura* y *Múrex (figs. 581* y *272)* extraían los antiguos las sustancias con que teñían sus telas; las *porcelanas (Cypræa)*; la *margarita (Trívia europæa) (figs. 582* y *583)*, etc. Entre los que respiran por *pulmones* se encuentran unos que viven normalmente en el agua, si bien necesitan salir con frecuencia a la superficie, como ocurre con las especies de los géneros *Limnæa (fig. 209) Ancylus*, *Planorbis*, etc. y otros que son siempre terrestres; ejemplo de estos últimos tenemos: los *caracoles comunes (Hélix)*, entre los que hay numerosas especies *(fig. 584)*; las *babosas*, *limacos* o *lumiacos* (géneros *Aríon (fig. 585)* y *Límax)*, que carecen

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 575.



Fig. 576.

Patélla vulgáta vista por su cara externa (575) e interna (576) (s. G. Hidalgo) (*).



Fig. 577.



Fig. 578.

Haliótis lamellósa vista por su cara externa (577) e interna (578) (s. Hidalgo).



Fig. 579. — *Littorina* (según Hidalgo).



Fig. 580.— *Tróchus sagittíferus* (s. Hidalgo)



Fig. 581.—*Múrex brandáris.*





Fig. 582 Fig. 583.

Trivia europæa (según Hidalgo).



Fig. 584.—*Hélix aspérsa* (s. Hidalgo).

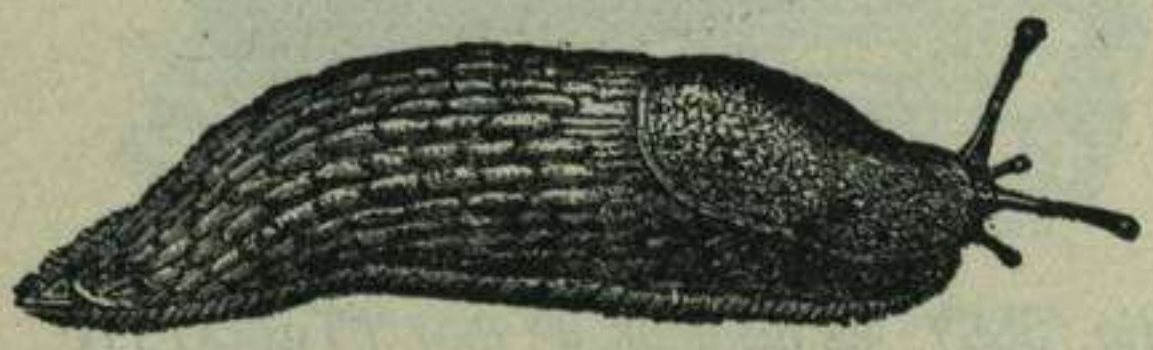


Fig. 585.—*Arion rúfus.*

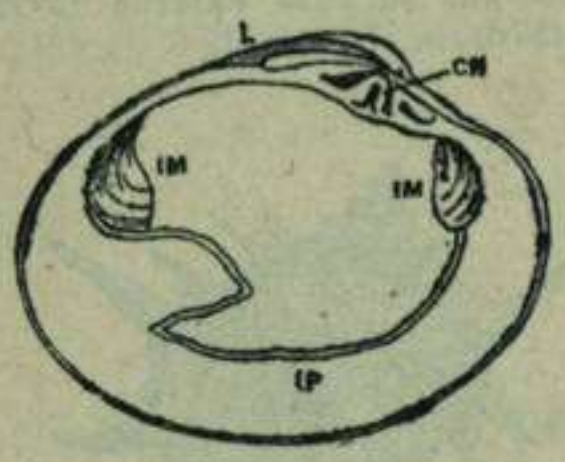
(1) Este dibujo y otros varios se han tomado de la obra del doctor D. Joaquín González Hidalgo titulada *Moluscos marinos de España, Portugal y las Baleares.* El doctor G. Hidalgo (1843-1923) fué catedrático de la Asignatura Animales inferiores y Moluscos en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, Miembro de la R. A. de Ciencias Exactas, Fís. y Nat., etc., etc., y una de las mayores autoridades del mundo en Malacología.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de concha: todas estas especies son fitófagas y causan grandes daños en las hortalizas.

CLASE LAMELIBRANQUIOS

Se llaman también *Pelecípodos* por la forma de su pie (gr. *pélekys*, hacha). El nombre de Lamelibranquios alude a que poseen branquias en forma de lámina. Su concha está formada por dos valvas, por lo que se les llama *Bivalvos*, que ordinariamente se articulan por la parte dorsal merced a la *charnela (fig. 586, CH)*, la cual está formada por elevaciones o dientes en una valva, que encajan en cavidades de la otra, e inversamente. La apertura o separación de las larvas se verifica en virtud de la elasticidad de que goza un *ligamento (L)* situado cerca de la charnela, y el cierre u oclusión de las mismas, merced a uno o dos fuertes *músculos* que se insertan en ambas valvas; estos músculos dejan en la cara interna de la concha impresiones características *(IM)* y lo mismo ocurre con el borde del manto *(IP)*.

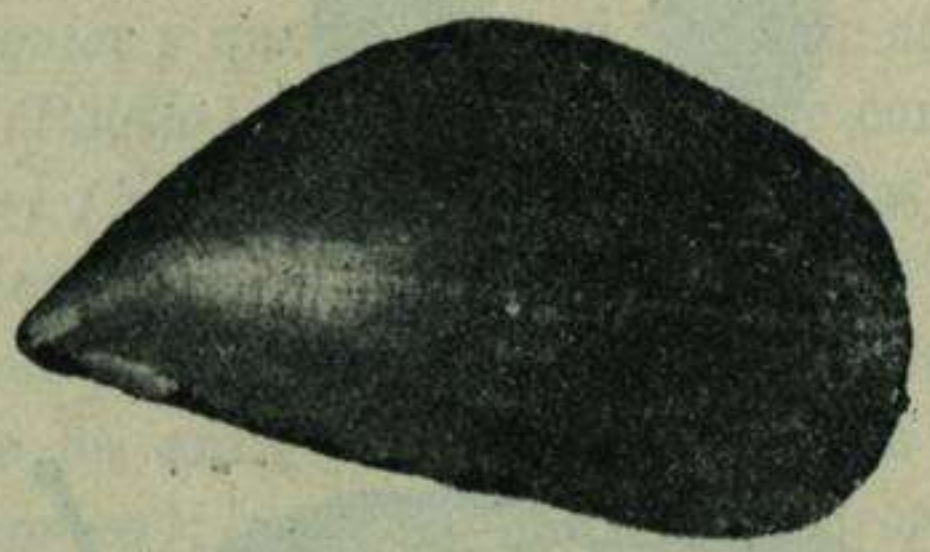


Fiig. 586. — Esquema de la cara interna de la valva de un bivalvo dimiario (s. Woodward).

Las especies más conocidas son: las *ostras (Ostrea edúlis) (fig. 587)*, que forman bancos, de considerable extensión a veces; son comestibles y muy apreciadas:



Fig. 587.—*Ostrea edúlis.*



Fg. 588.—*Mitylus edúlis* (s. Hidalgo).

los *mejillones (Mitylus edúlis) (fig. 588)*; las *almejas de mar (Tápes) (figura 589)*, las *conchas de peregrino (Pécten) (fig. 590)*; los *mangos de cuchillo* o *muergos (Sólen) (fig. 591)* y los Moluscos *litófagos (Phólas*, etcétera) *(fig. 592)*, así llamados porque viven en agujeros que se hacen en las rocas *(fig. 316)*; la *broma, taraza* o *polilla de mar (Terédo navá-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

lis) (fig. 593) causa grandes daños en las construcciones marinas porque hacen agujeros en las maderas de éstas para alojarse en ellos; final-



Fig. 589.—*Tápes decussáta* (s. Hidalgo).



Fig. 591.—*Sólen silicua.*

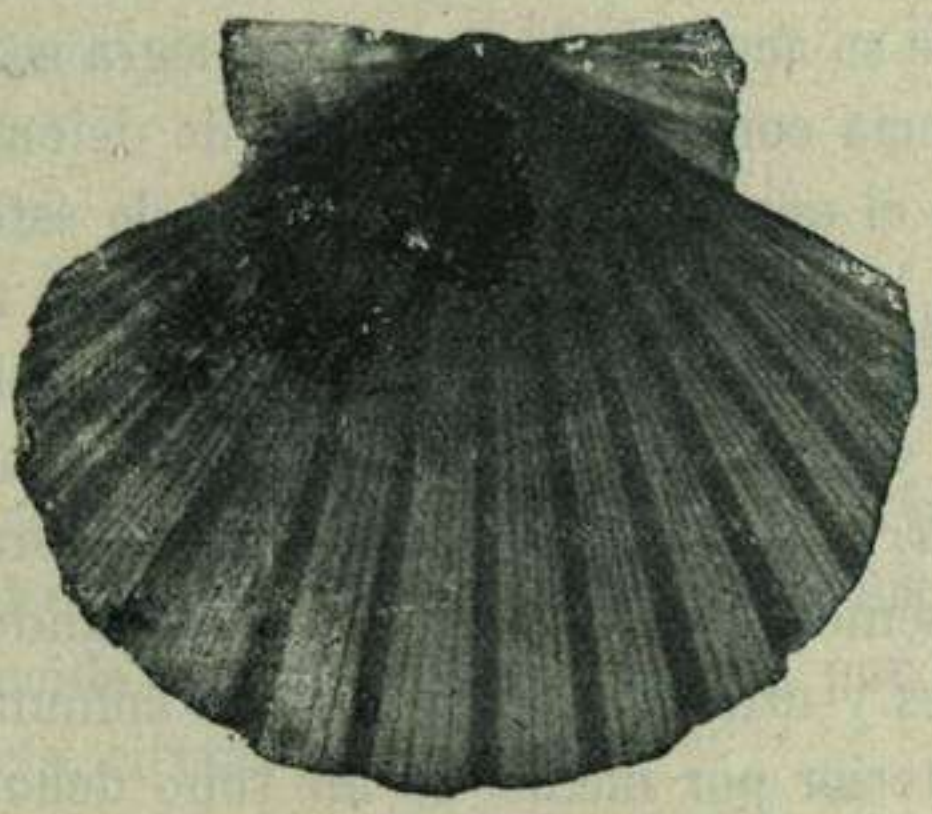


Fig. 590.—*Pécten Jacobœus* (s. Hidalgo).

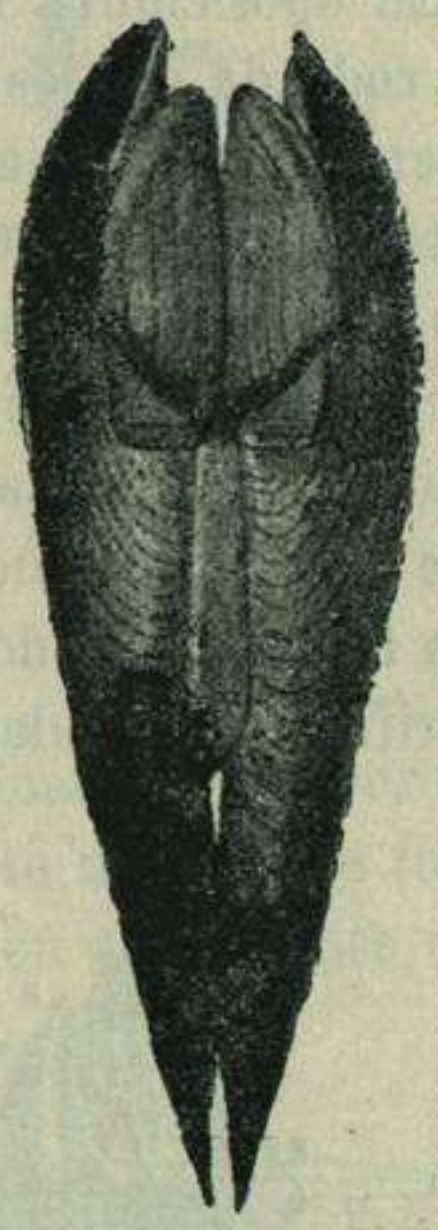


Fig. 592.—*Phólas dáctylus* (s. Hidalgo).

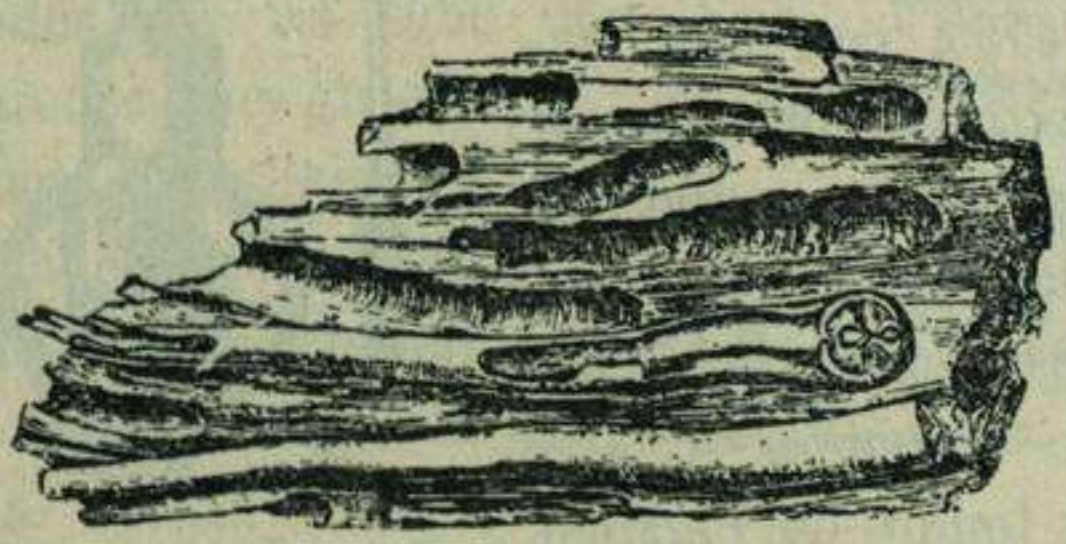


Fig. 593.—*Teredo navális* alojado en una madera.

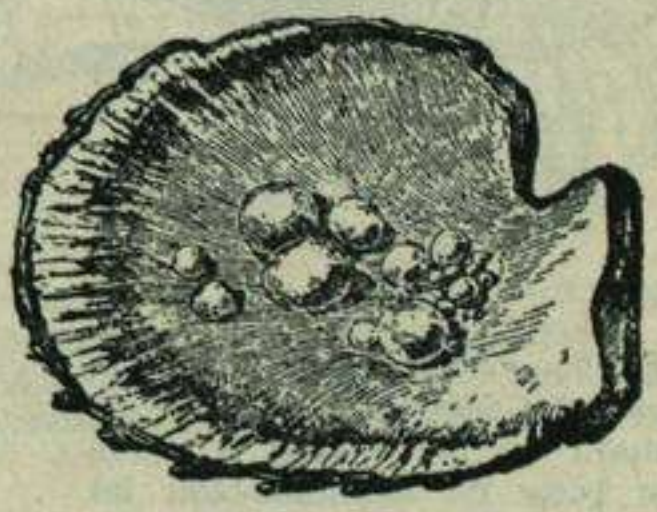


Fig. 594.—*Meleagrina margaritífera.*

mente, merece citarse la *madreperla* u *ostra perlera (Meleagrina margarítifera) (fig. 594)*, que vive en el Mar de las Indias principalmente, y produce las verdaderas perlas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CLASE CEFALÓPODOS

Tienen el pie dividido en varios *tentáculos*, los cuales rodean la cabeza; estos tentáculos están provistos de ventosas, por lo que son prensiles. En oposición a los anteriores, son Moluscos nadadores. La boca se halla rodeada por los tentáculos y está provista de dos maxilas que constituyen un fuerte pico de forma parecida al de un loro, y de rádula: en el intestino y cerca del ano desemboca la llamada *bolsa de la tinta*, que no es sino un receptáculo donde se acumula la sustancia negra segregada por una glándula; dicha sustancia constituye un medio de defensa para el animal, pues lanzándola por el ano enturbia el agua, y de este modo puede escapar del enemigo que le persiga. El *manto* está soldado al cuerpo en toda la cara dorsal, pero queda libre en la cara ventral, por donde se verifica la entrada del agua y donde origina una *cavidad* denominada *paleal*, en la cual se encuentran las branquias y desembocan el intestino y las glándulas genitales y urinarias; esta cavidad comunica con el exterior por medio de un tubo denominado *embudo*, que sirve para la salida del agua.

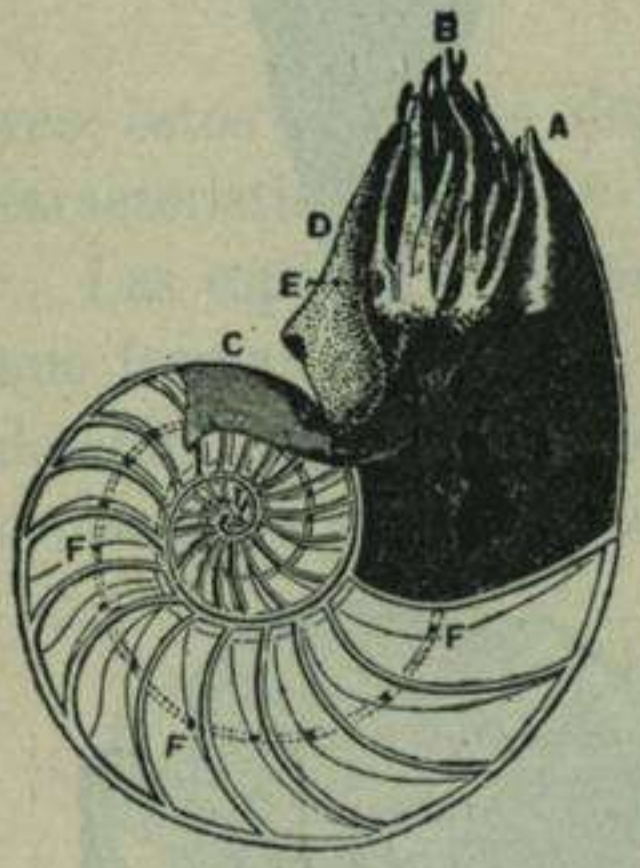


Fig. 595.—*Nautilus; A, B, C, D, E,* animal contenido en la última cámara de la concha; *F,* sifón que pone en comunicación las diversas cámaras de ésta.

En este grupo es notable el género *Nautilus (fig. 595)*, con una concha externa formada por varias cámaras, que recuerda a las de los Amonítidos fósiles (*); posee *cuatro branquias* y vive en los fondos del Pacífico.



Fig. 596.—*Loligo vulgáris.*

Los restantes Cefalópodos tienen todos *dos branquias:* entre ellos hay que distinguir unos que poseen *diez brazos*, como los *calamares (Loligo) (fig. 596)* y las *gi-*

(*) Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª ed., pág. 194, y *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro, pág. 499.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bias (Sepia) (fig. 597), especies que tienen analogías con los *Belemnites* fósiles del Secundario, y otros que sólo poseen ocho brazos, como los *pulpos (Octopus) (figura 598)*, de cuerpo desnudo, y los *Argonautas*, cuyas hembras tienen una concha externa.

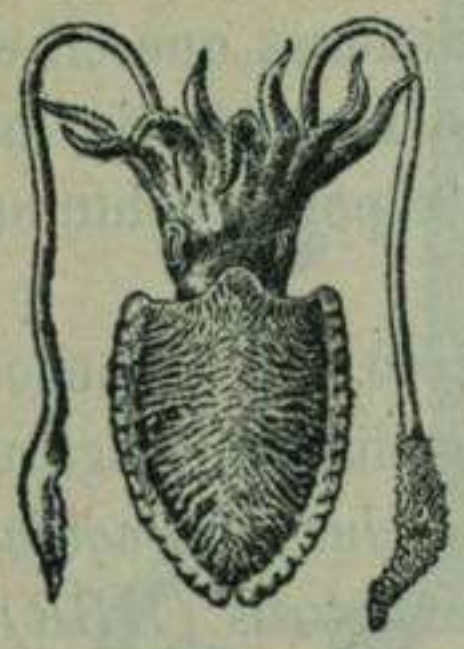


Fig. 597.—*Sépia officinális.*

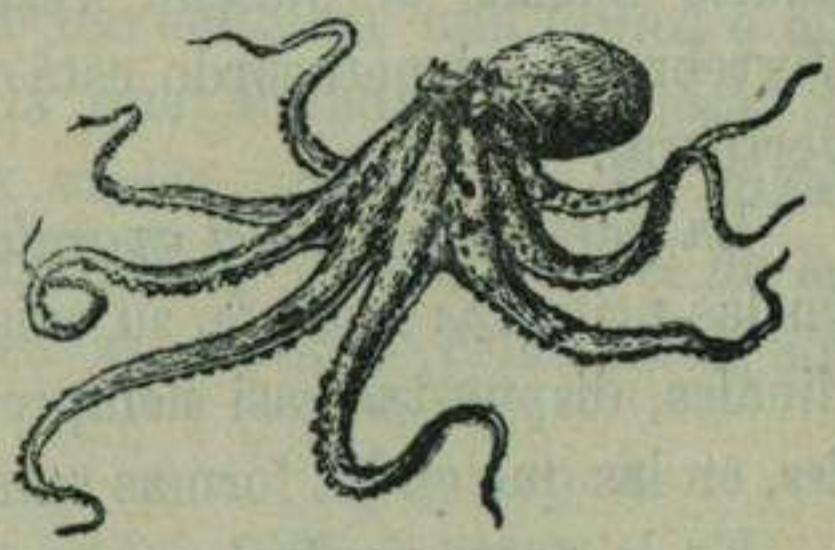


Fig. 598.—*Octópus vulgáris.*

TIPO CORDADOS

En el grupo de los Cordados se incluyen los animales de mayor complejidad orgánica, o sean los Vertebrados y un cierto número de formas más sencillas y marinas, que tienen, por lo menos en alguna fase de su existencia, ciertas analogías de organización con aquéllos. El *sistema nervioso (fig. 599, SN)* está representado en los Cordados por un tubo de paredes muy gruesas, situado dorsalmente y originado por una invaginación del ectodermo a lo largo de la línea media dorsal. Este tubo constituye la *médula espinal*, la cual, en los Vertebrados, se ensancha anteriormente para dar origen al *encéfalo*.

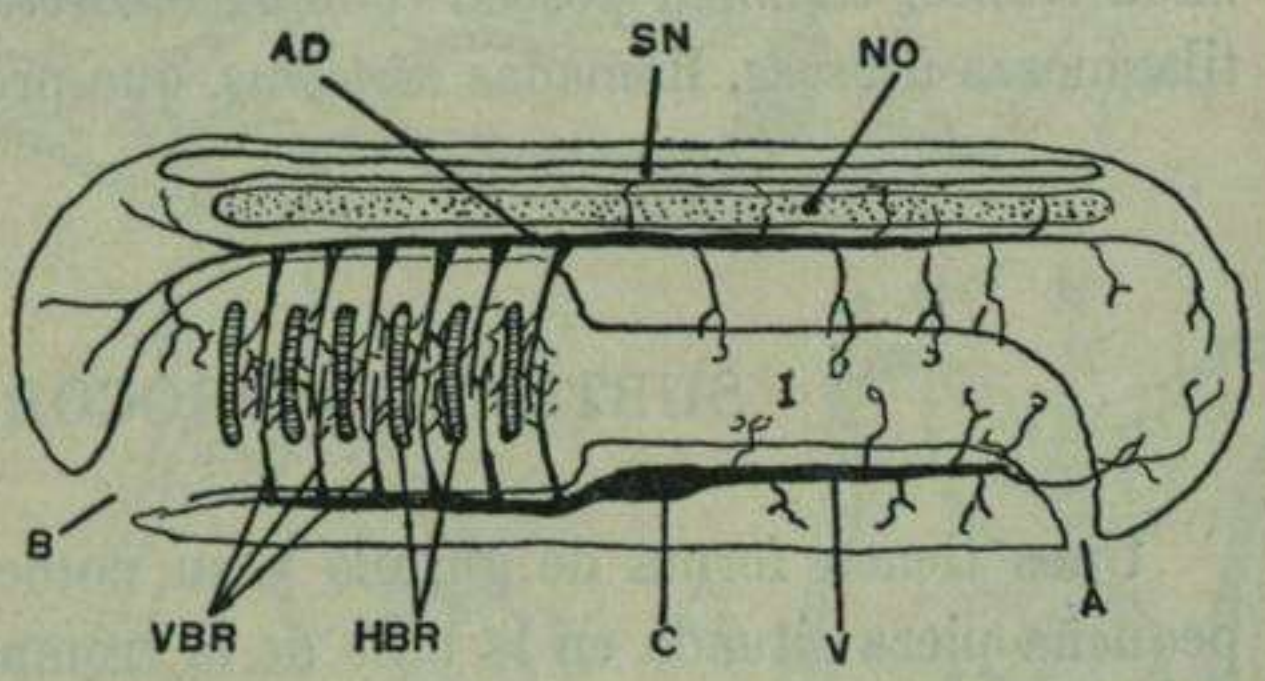


Fig. 599.—Esquema de la organización de un cordado.—*B*, boca; *I*, intestino; *A*, ano; *NO*, notocordo; *SN*, sistema nervioso; *C*, corazón; *V*, vaso ventral; *AD*, aorta dorsal; *HBR*, hendiduras branquiales; *VBR*, vasos branquiales. (Según Rémy Perrier).

El tubo nervioso descansa sobre un eje o cordón resistente formado por células muy vacuoladas, situado en la parte dorsal del aparato digestivo. Este eje o cordón recibe el nombre de *notocordio*, *notocordo* o *cuerda*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dorsal (NO). El notocordo existe en algunos seres de este grupo durante toda la vida, en tanto que en otros no se halla más que durante el período embrionario o en las primeras fases de su existencia, mientras que en el adulto apenas si quedan vestigios del mismo. En la mayoría de los Vertebrados el notocordo está reemplazado en el adulto por la columna vertebral.

La *parte anterior del aparato digestivo* o *faringe* aparece, por lo menos en las primeras fases de su existencia, perforado por hendiduras longitudinales, dispuestas casi siempre por pares, llamadas *hendiduras branquiales*, en las que en las formas más sencillas se realiza la hematosis *(HBR)*.

En la parte ventral se encuentra el órgano contráctil del aparato circulatorio (corazón) *(C)* que envía la sangre hacia las hendiduras branquiales mediante vasos dispuestos al efecto *(VBR)*.

El *aparato excretor* de los Cordados parece derivar de los *nefridios* que existen en muchos Gusanos, especialmente en los Anélidos.

División.—El Tipo de los Cordados se divide en dos *subtipos: Subtipo I. Procordados*. Con el notocordo persistente, no existiendo nunca columna vertebral ni cráneo para alojar el encéfalo. *Subtipo II. Vertebrados* o *Craniados*. Con encéfalo perfectamente constituído y encerrado, más o menos completamente, en una caja ósea o cartilaginosa denominada *cráneo;* también poseen *columna vertebral* formada por piezas, cartilaginosas u óseas, llamadas *vértebras*, que protegen a la médula espinal.

SUBTIPO I.—PROCORDADOS

Unos tienen forma de gusano y su notocordio está reducido a una pequeña pieza situada en la base de la trompa: el género principal es el *Balanoglóssus (fig. 600)*, cuyo modo de vida es análogo al de algunos Anélidos. Otros tienen forma de pez y el notocordio se halla extendido de uno a otro extremo del cuerpo: su representante es el *Branchistoma* o *Amphióxus lanceolatum (fig. 601)*, curioso por vivir enterrado verticalmente en la arena. Finalmente, los **Tunicados** son los más abundantes en todos los mares: cuando salen del huevo son libres y tienen una organización relativamente complicada *(fig. 602)*, recibiendo el nombre de *larva apendicularia* por estar provista de un apéndice o cola; dicho apén-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dice es la única porción del cuerpo que tiene notocordio *(Cd)*. La apendicularia pierde su cola y da origen a un adulto de constitución más sencilla, el cual está envuelto en una *túnica* o cubierta en la que abunda la celulosa. Se dividen en varios grupos, de los cuales el más numeroso y conocido es el de las *Ascidias*, cuyas especies principales son



Fig. 600.— *Balanoglóssus.*

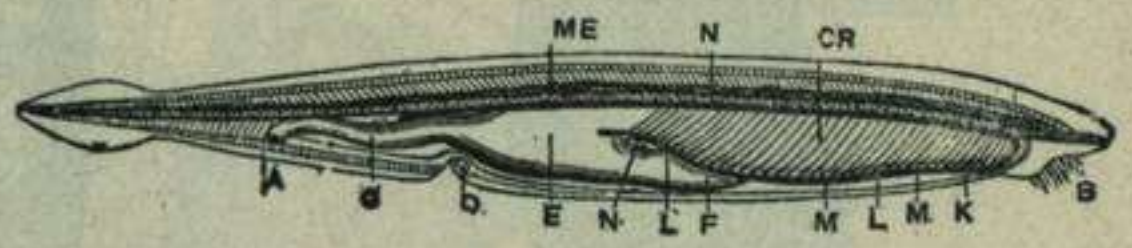


Fig. 601.—*Amphióxus; B*, boca; *A*, ano; *CR*, cavidad branquio-faríngea; *N*, notocordio; *ME*, médula espinal.

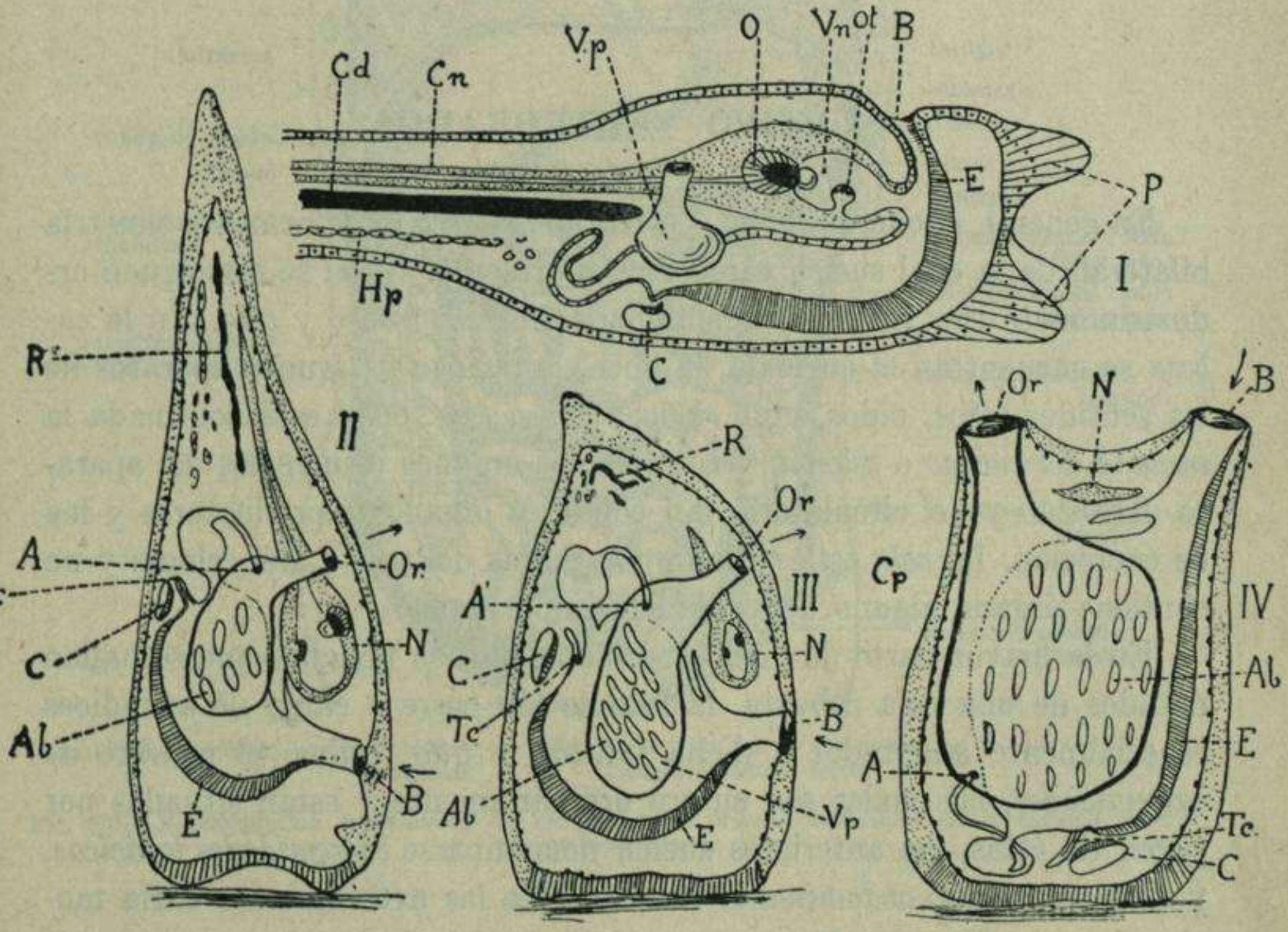


Fig. 602.—Progreso de la fijación de una *Ascidia*.—*I*, larva apendicularia; *II* y *III*, fases sucesivas de la metamorfosis regresiva. *IV*, *Ascidia* adulta.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ias del género *Ascidia*, la *Ciona intestinális (fig. 603)* y varias del *Botryllus;* estas últimas viven en colonias *(figura 604)*. Las *Salpas* viven nadando en el seno de las aguas *(fig. 259)*.



Fig. 603.—*Ciona intestinális.*

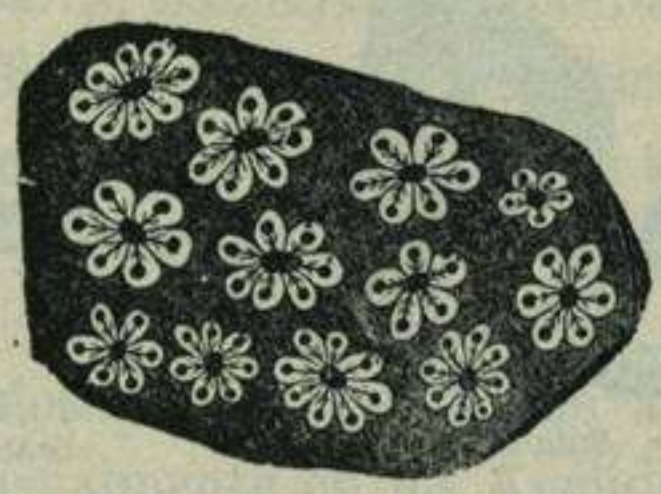


Fig. 604.— Colonia de *Botryllus.*

SUBTIPO VERTEBRADOS

En general, el cuerpo de los Vertebrados posee exteriormente simetría bilateral, de la cual suelen carecer interiormente. En él se distinguen ordinariamente tres regiones, denominadas *cabeza*, *tronco* y *cola*. En la *cabeza* se encuentran el encéfalo, la boca, la faringe y algunos aparatos de los sentidos (ojos, oídos, etc.). En el *tronco (fig. 605)* está confinada la *cavidad del cuerpo* o *celoma*, y contiene los órganos principales del aparato digestivo y del circulatorio, así como los órganos reproductores y los de excreción. La *cola* está situada por detrás del ano y del celoma y no contiene órgano alguno de verdadera importancia.

En la mayor parte de los Vertebrados, aun en aquellos que se hallan dotados de una cola robusta, la locomoción corre a cargo de apéndices especialmente adaptados a dicha función y que reciben el nombre de *extremidades*, las cuales son cuatro ordinariamente y están situadas por *pares:* de éstas, las anteriores suelen denominarse *extremidades torácicas*, y las posteriores, *abdominales*. La *forma* de las extremidades varía mucho de unos Vertebrados a otros, si bien está siempre en consonancia con la *función* o *clase de locomoción* que tienen que desempeñar, pues

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mientras están adaptadas para el vuelo en las aves y para la marcha en la mayor parte de los Mamíferos, sirven para la natación en otros Mamíferos, como la ballena, y en los Peces.

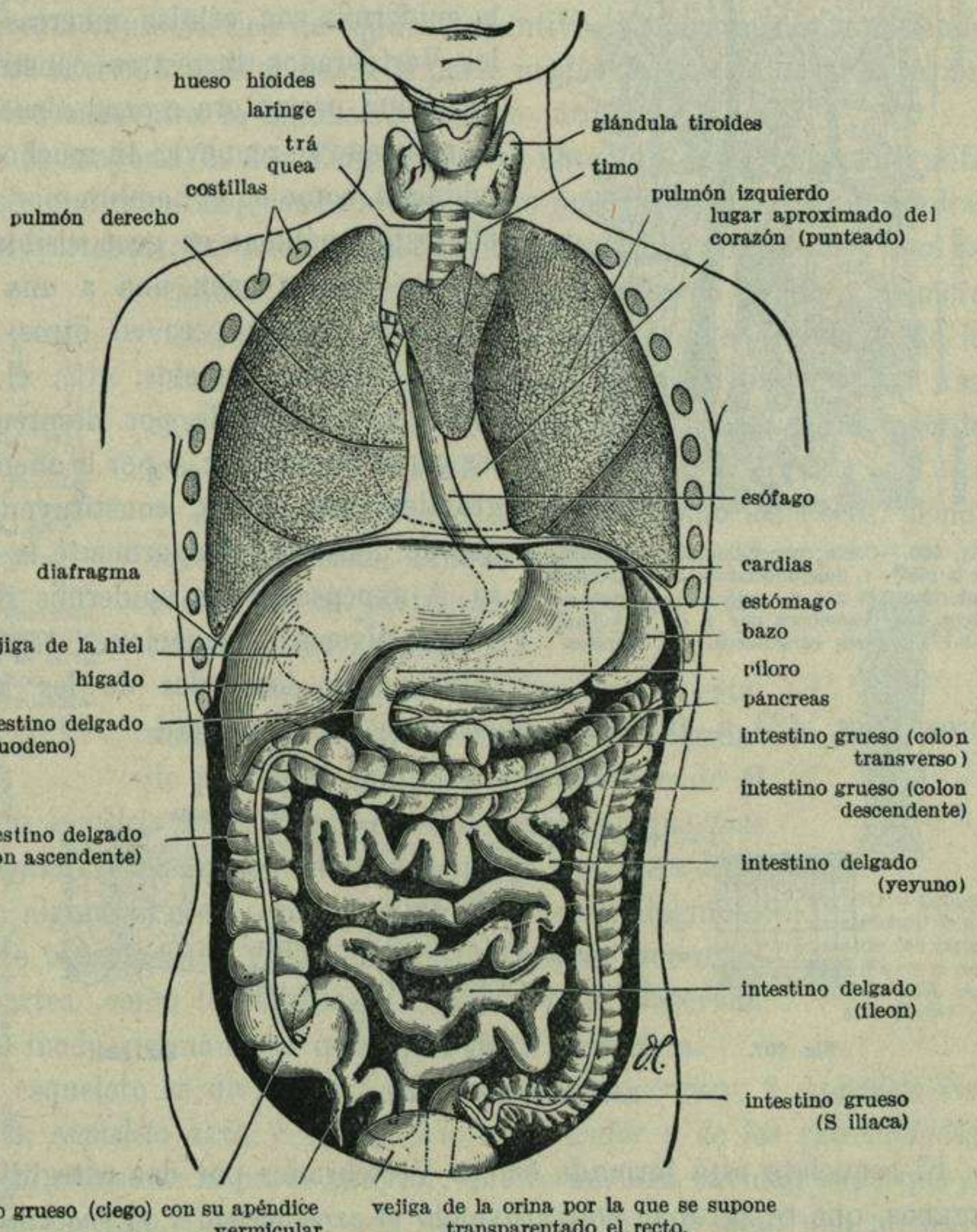


Fig. 605.—Representación esquemática de los principales órganos contenidos en la cavidad general del cuerpo humano.

La *piel (fig. 606)* está constituída por una capa conjuntiva inferior denominada *dermis*, que se halla recubierta por otra capa exterior lla-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mada *epidermis* (gr. *epí*, sobre; *derma*, piel), formada por tejido epitelial cuyas células se hallan *estratificadas*, carácter este último exclusivo de los Vertebrados. Las células exteriores de la epidermis son células muertas y en los Vertebrados terrestres constituyen una capa protectora o *capa córnea* que de continuo se renueva; en muchos Vertebrados, como en el hombre, por ejemplo, este fenómeno es poco visible porque las células caen una a una o en pequeños grupos; pero en otros, como en las culebras, lagartos, etc., el fenómeno es más visible por desprenderse las capas de una vez, o por lo menos en grandes extensiones, constituyendo lo que se denomina vulgarmente la *camisa*. A expensas de la epidermis se originan diversas formaciones tegumentarias, como los *pelos* de los Mamíferos *(figs. 423 a 425)*, las *plumas* de las aves, etc.

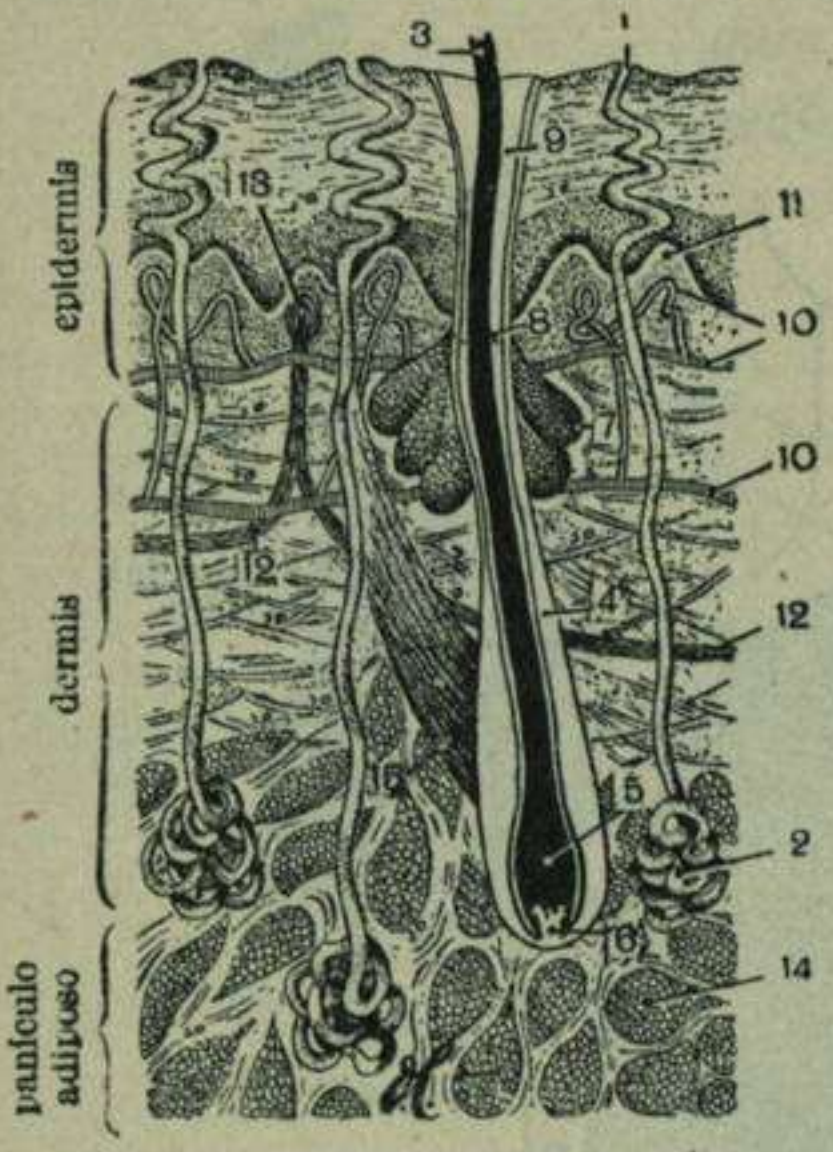


Fig. 606.—Corte perpendicular esquemático de la piel.—1, desembocadura de la glándula sudorípara, 2-3 a 6, pelo.—7, glándula sebácea que desemboca por 8 en el folículo, 9.—10, vasos sanguíneos.—12, nervios.

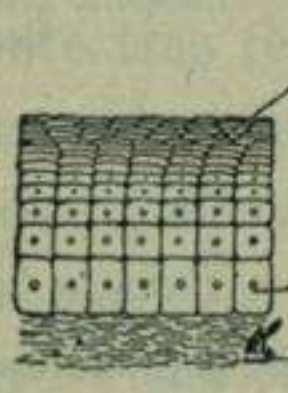


Fig. 607.

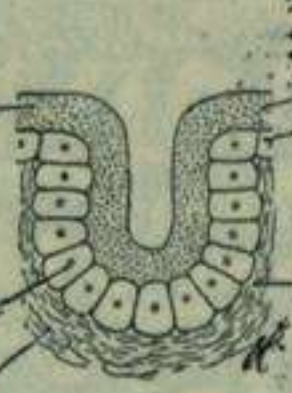


Fig. 608



Fig. 609.

Esquema de la formación de un pelo.

El esqueleto está formado en los Vertebrados por dos categorías de órganos, que se agrupan constituyendo el *exoesqueleto* y el *endoesqueleto*. El *exoesqueleto* consiste en producciones duras, óseas o córneas, producidas por los elementos dérmicos o epidérmicos; en este caso están las escamas de los peces, las pezuñas y los cuernos de muchos Mamíferos, las placas del caparazón de las tortugas; los pelos, las plumas, etc., etc.

El *endoesqueleto*, o sencillamente esqueleto en la acepción general de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

esta palabra, forma una de las más complejas y variadas porciones del cuerpo.

El eje del sistema esquelético está representado por el *notocordo*, cordón o eje elástico formado por células vacuoladas *(fig. 610, Ch)* y envuelto por una capa elástica de tejido conjuntivo. El notocordo se extiende desde el extremo caudal hasta la parte media del encéfalo, en la región donde se encuentra la hipófisis o cuerpo pituitario.

En la mayoría de los Vertebrados el notocordo sólo existe durante las fases embrionarias, siendo reemplazado más tarde, en la edad adulta, por las vértebras, las cuales constituyen la columna vertebral y que se originan, no a expensas de notocordo, como a primera vista pudiera creerse, sino gracias a la actividad de la llamada *capa esqueletógena (fig. 610 Sk)*, que es una envoltura de tejido conjuntivo que rodea al notocordo y a la médula espinal.

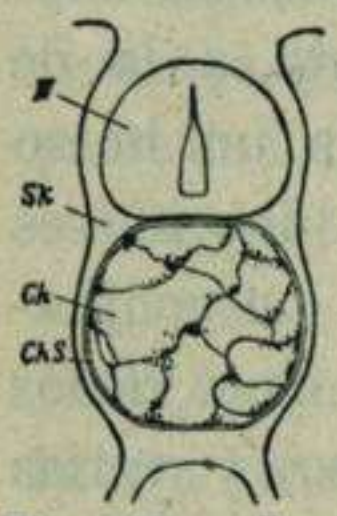


Fig. 610.— Sección transversal del notocordio *(Ch)* de la larva de un sapo. *Sk*, capa esqueletógena; *N*, médula (s. Goethe).

En los Vertebrados inferiores, como los Peces, el notocordo persiste, aunque englobado en el cuerpo de las vértebras o entre dos vértebras sucesivas *(fig. 611)*.

El esqueleto de los Vertebrados está, durante su desarrollo embrionario, formado por tejido conjuntivo, constituyendo el llamado *esqueleto mucoso*, para pasar después por una *fase cartilaginosa* y alcanzar definitivamente la *estructura ósea*.



Fig. 611.—Columna vertebral de un pez con las vértebras *Wk*, y el notocordio *Ch* (según Claus)

En algunos Peces, como los tiburones, es cartilaginoso durante toda la vida, y aun en aquellos que es óseo existen partes, como los cartílagos costales, que conservan de un modo permanente esta estructura primitiva.

El esqueleto se divide en varias regiones: 1, *cráneo;* 2, *esqueleto visceral;* 3, *esqueleto axil*, y 4, *esqueleto apendicular* o *de las extremidades.*

1. *El cráneo* es la parte anterior, que forma una cavidad en la que se aloja el encéfalo. Consta de una región anterior o *frontal*, una media o *parietal* y otra posterior u *occipital.* Al cráneo se agregan tres *vesículas óseas* o *cápsulas sensoriales:* las *nasales*, en las que se encuentran los *órganos olfatorios;* las *ópticas* u *órbitas*, en las que se alojan los *ojos*, y las *óticas* o *auditivas*, en las que existe *el oído.*

Unidos en gran parte al cráneo y a las cápsulas sensoriales, existen

Instituto San Isidro de Madrid 2022

una serie de *arcos óseos* que forman el llamado *esqueleto visceral*. De estos arcos, uno forma los bordes *de la boca*, constituyendo el llamado *arco mandibular*, y los otros protegen y defienden la parte anterior o respiratoria del aparato digestivo, y son los llamados *arcos branquiales*.

El *esqueleto axil* está formado por la *columna vertebral*, la cual ofrece en la parte torácica una serie de arcos óseos formados por las *costillas* y el *esternón*.

Por último, el *esqueleto apendicular* o de las *extremidades* está formado por unas partes basales, en íntima conexión con la columna vertebral, llamadas *cinturas*, y unas porciones que forman realmente la extremidad. Estas extremidades tienen forma de *aleta* en los Peces, en tanto que en los Vertebrados terrestres tienen una forma distinta a la de aleta, pero constante en todos ellos. Constan en éstos de un hueso impar (húmero o fémur), que se articula con la cintura; dos huesos dispuestos pareadamente (radio y cúbito; tibia y peroné); un conjunto de huesecillos dispuestos en dos filas (carpo y tarso), y cinco dedos formados por varios huesos basales (metacarpo y metatarso) y varias falanges.

El *sistema nervioso* está formado por un cordón denominado *médula espinal*, terminado anteriormente por una masa nerviosa más voluminosa llamada *encéfalo*, el cual se divide en tres vesículas primitivas, de las que la anterior y la última se dividen a su vez en dos, dando lugar, en total, a cinco porciones o vesículas, que son, procediendo de delante a atrás: el *cerebro anterior* o *protencéfalo*, el *intermedio* o *talamencéfalo*, el *medio* o *mesencéfalo*, el *posterior* o *metencéfalo*, y el *terminal*, *postencéfalo* o *mielencéfalo*.

La cavidad del eje nervioso primitivo subsiste y constituye en la médula un conducto central denominado *epéndimo*, y en el encéfalo los *ventrículos*.

Los *aparatos de los sentidos* están generalmente bien desarrollados y suelen tener la misma posición relativa que en el hombre.

En los Peces y en los Vertebrados de costumbres acuáticas, como en los Anfibios, existen los órganos de la *línea lateral*, que están colocados a los lados del cuerpo, extendiéndose desde la cabeza a la cola.

El *aparato digestivo* comienza en la boca, en la cual se encuentran los *dientes* u órganos de la masticación, y continúa por las restantes porciones, muy variables en los distintos grupos, terminando en el ano, unas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

veces directamente y otras mediante una dilatación llamada *cloaca*, en la que desembocan los órganos excretores y los de la reproducción.

El *aparato respiratorio* se origina siempre a expensas de la primera porción del tubo digestivo, y sus órganos principales son las *branquias*, en forma de hendiduras de la faringe, o los *pulmones*, según se trate de Vertebrados acuáticos o aéreos.

El *aparato circulatorio* presenta numerosas variaciones: basta decir que consta siempre (pág. 173) de una porción contráctil, el *corazón*, ventralmente situado y el cual está formado por dos, tres o cuatro cavidades, y por las *arterias*, *capilares* y *venas*. Respecto al *aparato excretor* diremos que algunos Vertebrados poseen órganos análogos a los *nefridios* de los Gusanos, y que los *riñones* o principales órganos secretores de la mayor parte de los Vertebrados son considerados como nefridios muy modificados.

Respecto a la *temperatura del cuerpo*, los Vertebrados se dividen de antiguo en dos grupos denominados impropiamente *de sangre fría* y *caliente*, y que con más propiedad deben llamarse *homotermos* o de temperatura constante (gr. *homoios*, semejante) y *poiquilotermos* o de temperatura variable (gr. *poikilos*, variable), puesto que ninguno de ellos tiene la sangre fría. A los primeros corresponden los Mamíferos y las Aves, y a los segundos todos los demás (Peces, Anfibios y Reptiles) y en ellos la temperatura de su cuerpo sigue más o menos las variaciones del medio ambiente.

Son animales *unisexuales:* la mayor parte son *ovíparos*, excepto la mayor parte de los Mamíferos, que son *vivíparos* y en los que el embrión se desarrolla en el útero, o sea una cavidad del aparato genital de la madre.

Desarrollo.—En los Peces el huevo es telolecito, el cual da lugar en uno de sus polos al embrión, en tanto que la parte correspondiente a las sustancias de reserva constituye una *vesícula* llamada *vitelina* que se une a la parte ventral del embrión. En los Anfibios el huevo es heterolecito, originando un embrión en el que el vitelo está alojado en células acumuladas en su parte ventral, pudiendo considerarse como una vesícula vitelina unida al embrión. En los Reptiles y en las Aves el embrión queda protegido, no sólo por la cáscara del huevo, sino por anejos embrionarios, que son el *ammios* y el *alantoides*, además de la vesícula umbilical, que asegura la nutrición del embrión.

La *vesícula umbilical*, equivalente al saco o vesícula vitelina de los Peces, rodea al vitelo, que por su intermedio pasa al embrión.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El *amnios* tiene su origen en un repliegue originado por la somatopleura (pág. 193) que rodea al embrión, el cual termina por formar una bolsa, llamada ammiótica, llena de un líquido. La *alantoides* se forma a expensas de una de las capas del mesodermo (esplacnopleura) e interviene en la respiración y excreción del embrión.

En los Mamíferos el desarrollo, en sus rasgos generales, obedece al plan de los Reptiles y Aves; pero se realiza casi siempre en el interior del cuerpo de la madre.

División.—Basándose en su organización, temperatura del cuerpo y desarrollo, se establecen las siguientes *Clases: Peces*, *Anfibios*, *Reptiles*, *Aves* y *Mamíferos*.

Peces.—Sin amnios ni alantoides; poiquilotermos; extremidades en forma de aleta; corazón con dos cavidades; respiración branquial durante toda su vida.

Anfibios.—Sin amnios ni alantoides; poiquilotermos; corazón con tres cavidades; respiración branquial en las primeras fases de su existencia.

Reptiles.—Con amnios y alantoides; poiquilotormos; corazón con tres cavidades; respiración pulmonar durante toda su existencia.

Aves.—Con amnios y alantoides; sangre de temperatura constante; corazón con cuatro cavidades; respiración pulmonar durante toda su vida; cuerpo cubierto de plumas.

Mamíferos.—Con amnios y alantoides; homotermos; corazón con cuatro cavidades; respiración pulmonar durante toda su vida; cuerpo cubierto de pelo; casi siempre vivíparos; con glándulas mamarias.

CLASE PECES

Son Vertebrados *acuáticos* y con el cuerpo casi siempre cubierto de *escamas*. Son los Vertebrados más primitivos. Su cuerpo carece de cuello, es decir *(fig. 612)*, que no tiene depresiones o angostamiento entre la cabeza y el tronco. Poseen una *aleta* denominada *caudal*, que es *vertical* y que puede ser *homocerca* o *heterocerca*, según que los dos lóbulos que la forman sean simétricos *(fig. 612)* o asimétricos *(figuras 624 a 626)*, y, además, otras varias aletas, cuyo número varía de unos grupos a otros, pero que casi siempre son: una *aleta dorsal*, ordinariamente

Instituto San Isidro de Madrid 2008

subdividida en dos o más *(fig. 612);* una *aleta anal*, situada detrás del ano y cerca de él, y por fin, *dos pares de aletas* que representan las extremidades y que son: las dos *pectorales* o *torácicas*, fijas a la cabeza, y las dos *abdominales*; la posición de estas últimas varía de unos peces a otros.



Fig. 612.—*Pérca fluviatilis.*

El cuerpo se halla recubierto por las *escamas*, que pueden ser de cuatro clases principales, llamadas: *cicloideas*, cuando son discoideas y tienen el borde libre continuo *(fig. 613, 1); ctenoideas*, si son discoideas y con el borde libre erizado de puntas *(2):* ambas se encuentran *imbricadas* en el animal, es decir, que unas tapan en parte a las siguientes, como están colocadas las tejas en un tejado; las escamas *ganoideas (3)* tienen forma romboidal y están *yuxtapuestas* o colocadas unas al lado de otras; por último, los *dentículos dérmicos (4)* se hallan aislados y están provistos en su superficie exterior de una o más púas o elevaciones duras *(5, E)*.

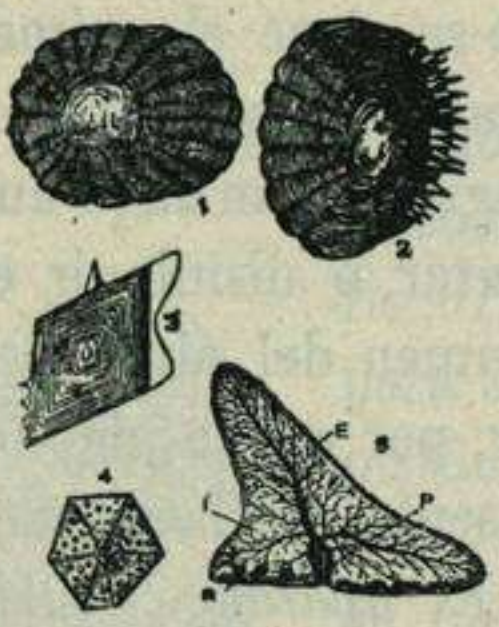


Fig. 613.—Tipos de escamas.

El *esqueleto* es en unos completamente cartilagíneo *(Ciclóstomos* y *Elasmobranquios)*, y en otros *(Teleóstomos)*, sólo en parte o totalmente óseo. Las vértebras son anficélicas y todas las del tronco llevan costillas. En conexión con las primeras vértebras se encuentran los *arcos branquiales (figuras. 434* y *435, A)*, así llamados porque sirven para sostener las *branquias* (llamadas vulgarmente *agallas);* en casi todos los peces de esqueleto

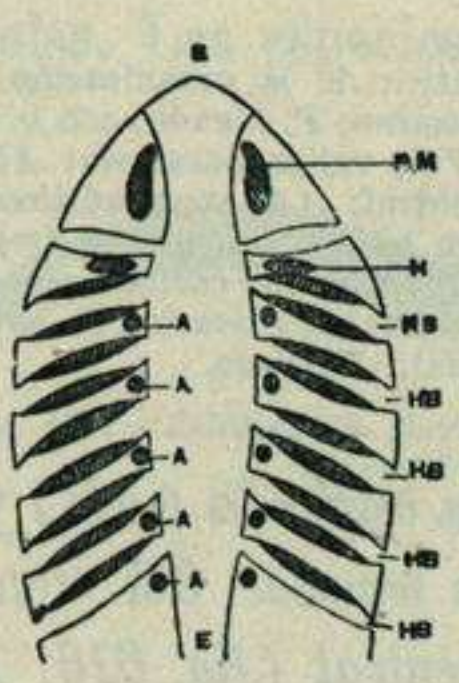


Fig. 614.—Esquema del aparato branquial de un Selacio.

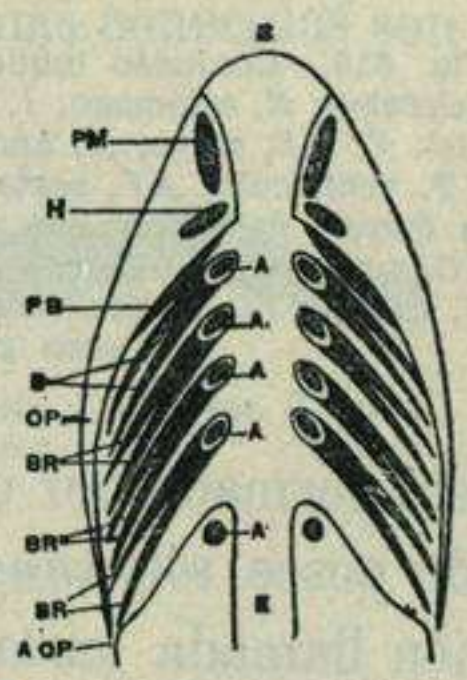


Fig. 615.—Esquema del aparato branquial de un Teleósteo.

En ambas: *B*, boca; *E*, esófago; *A*, arcos branquiales; *HB*, hendiduras branquiales con las branquias en las paredes; *BR*, branquias; *OP*, opérculo; *AOP*, abertura opercular.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cartilaginoso (tiburones, etc.) consisten en cinco a siete hendiduras, situadas a cada lado de la parte anterior del cuerpo, en cuya pared se hallan las branquias *(fig. 614, HB);* estas hendiduras están separadas entre sí y todas comunican por dentro con la faringe y por fuera con el medio ambiente; en los peces óseos (sardinas, etc.), las branquias *(figura 173)* de cada lado se hallan en una misma cavidad *(fig. 615)* y están protegidas por un conjunto de huesos dérmicos que forman el *opérculo (OP)*.

En casi todos los peces existe la llamada *vejiga natatoria (fig. 616, VN)*, que consiste en una bolsa de dimensiones variables formada a expensas de la primera porción del tubo digestivo, al cual está unida, aunque sin comunicarse con él; la vejiga natatoria se halla llena de aire y es un órgano hidrostático de que se sirve el animal para subir y bajar en el agua, según haga aumentar o disminuir el volumen del aire interior, por medio de los músculos que la rodean.

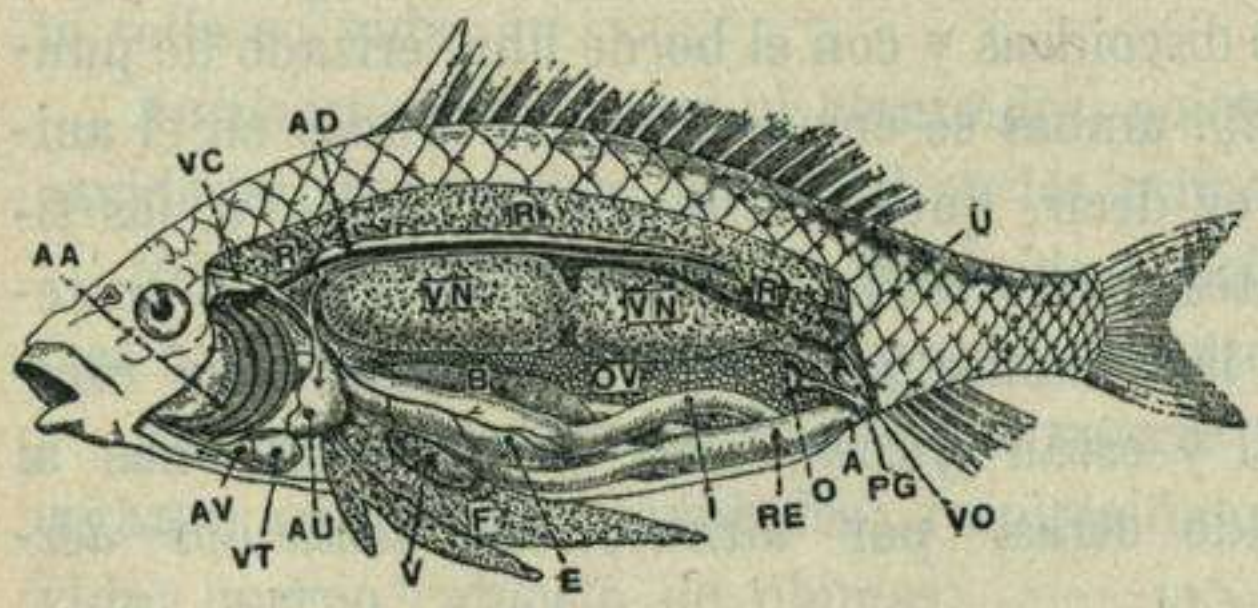


Fig. 616.—Conjunto esquemático de la organización de un Pez Teleósteo: *E*, estómago; *I*, intestino; *F*, hígado, con la vejiga de la hiel, *V*; *RE*, recto; *A*, ano; *VN*, vejiga natatoria; *AU*, aurícula; *VT*, ventrículo; *AV*, aorta ventral; *AA*, arcos aórticos; *AD*, aorta dorsal: debajo de ella y en blanco, un grueso tronco venoso; *VC*, vena cefálica; *R*, riñón que se supone cortado para ver la *AD*; *U*, uréter; *VO*, vejiga de la orina; *OV*, ovario; *O*, oviducto; *PG*, poro genital; *B*, bazo.

El *aparato circulatorio (fig. 616)* consta de un *corazón* situado en la parte ventral del cuerpo y detrás de la cabeza; este corazón está formado por una *aurícula (AU)* y por un *ventrículo (VT)*. El corazón posee *sólo sangre venosa:* del ventrículo nace la *arteria aorta*, también llamada *aorta ventral (fig. 616, AV)*, que emite a cada lado tantas ramas o *arcos aórticos (AA)* como arcos branquiales posee el animal. La sangre describe una sola vuelta, por lo que se dice que la *circulación es sencilla*, y como no hay nunca mezcla de sangre venosa con sangre arterial, la *circulación se llama completa.* De los *sentidos*, el del *olfato* y *gusto* se hallan poco desarrollados; el del *tacto*, también poco desarrollado, suele estar localizado en las barbillas, etc., próximas a la boca, y en las *líneas laterales*, que también parece sirven para percibir otras diversas impresiones, como quizá el grado de salinidad o la concen-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tración y presión del agua; los *ojos* están bien desarrollados y el cristalino es esférico; en los peces que habitan las grandes profundidades del mar, los ojos son muy grandes: el *oído* no posee más que el *oído interno.*

Los *sexos* están separados y ordinariamente no existe copulación: las hembras abandonan por millares los óvulos maduros y el macho deja salir a los espermatozoos en los lugares próximos a los óvulos: ambos salen por el poro genital, situado detrás del ano *(fig. 616, PG)*. Existen especies ovíparas y vivíparas.

División.—Comprende cuatro subclases, denominadas: *Ciclóstomos*, *Elasmobranquios*, *Teleóstomos* y *Dipnoos.*

SUBCLASE CICLÓSTOMOS

Este nombre alude a la forma de su *boca*, que es circular (gr. *kyklos*, círculo; *stoma*, boca), por carecer de mandíbulas *(figura 617)*; la boca no les sirve para la masticación, sino para la *succión*, a cuyo efecto la lengua se mueve como el pistón de una bomba. La piel *carece de escamas*. Poseen 6 ó 7 pares de branquias contenidas en unas cavidades en forma de saco o bolsa. Las especies más conocidas son las *lampreas de río (Lampetra fluviátilis) (figura 618)* y la *marina (P. marínus) (fig.617)*



Fig. 617.—Boca de *Petromyzon marinus*, para mostrar sus dientes córneos.



Fig. 618.—*Petromyzon fluviátilis* o lamprea de río: 30 centímetros.

SUBCLASE ELASMOBRANQUIOS

Son peces cuya piel es muy áspera por hallarse provista de *dentículos dérmicos*. Son zoófagos; pero como la boca se encuentra en la cara ventral del cuerpo, ordinariamente tienen que inclinarse o volverse para capturar sus presas: dicha boca es semicircular y posee numerosos dientes de forma triangular y bordes cortantes o aserrados *(fig. 619)*. Poseen, en general, cinco pares de hendiduras branquiales y su esqueleto es

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cartilaginoso. Con sus especies más conocidas pueden formarse dos grupos, denominados Escuálidos y Batoideos o Rayas: en el primero se incluyen las especies de forma alargada y comprimida, como los *tiburones*, nombre que se aplica a varias especies *Squálus* o *Acánthias (fig. 620)*, *Carcharias* y *Carchárodon (figura 261)*, etc., que viven principalmente en los mares de los países cálidos, y el *pez martillo* *Sphyrna zygæna (fig. 622)*, cuyo nombre se refiere a la forma de martillo que tiene su cabeza.



Fig. 619.—Diente de tiburón *(Carchárodon)*, reducido.

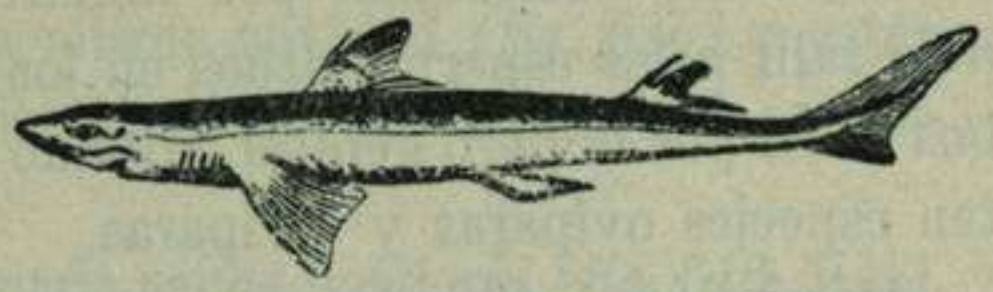


Fig. 620.—*Acánthias vulgáris* o tiburón: un metro

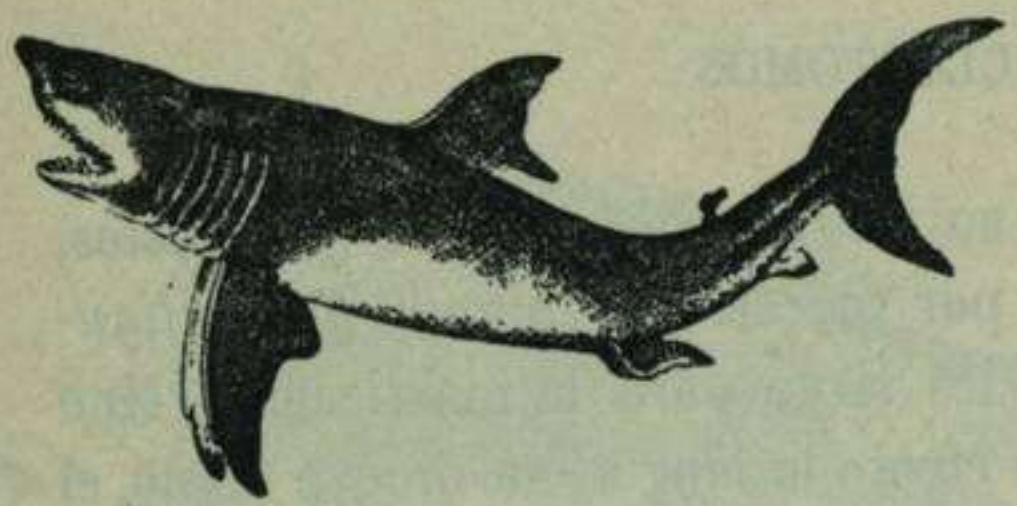


Fig. 621.—*Carcharias carchárias* o tiburón; 12 metros.

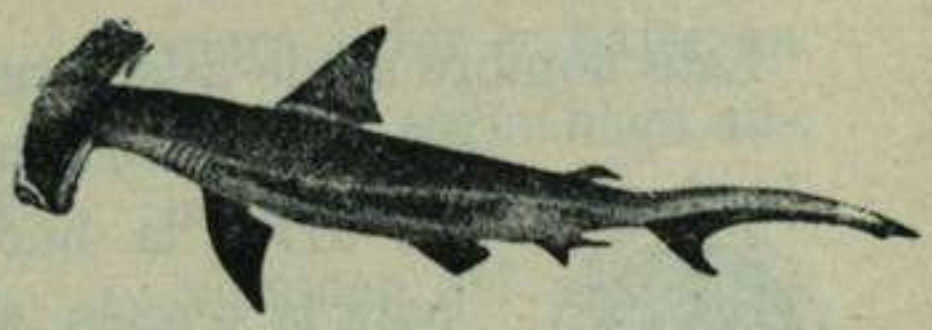


Fig. 622.—*Sphyrna zygæna* o pez martillo; tres metros

Entre los Batoideos citaremos las *rayas (Raya) (figura 623)*, los *torpedos* o *tremielgas (Torpedo)* con órganos

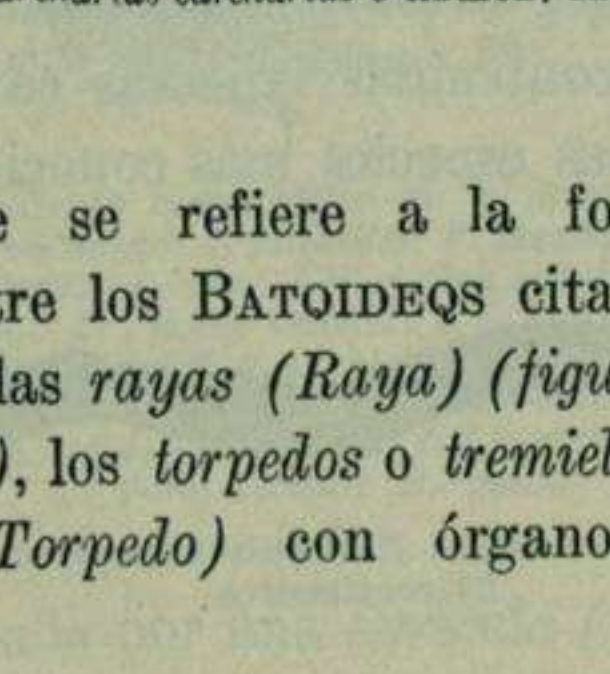


Fig. 623.—*Rája* o raya, vista por la cara inferior: hasta un metro.

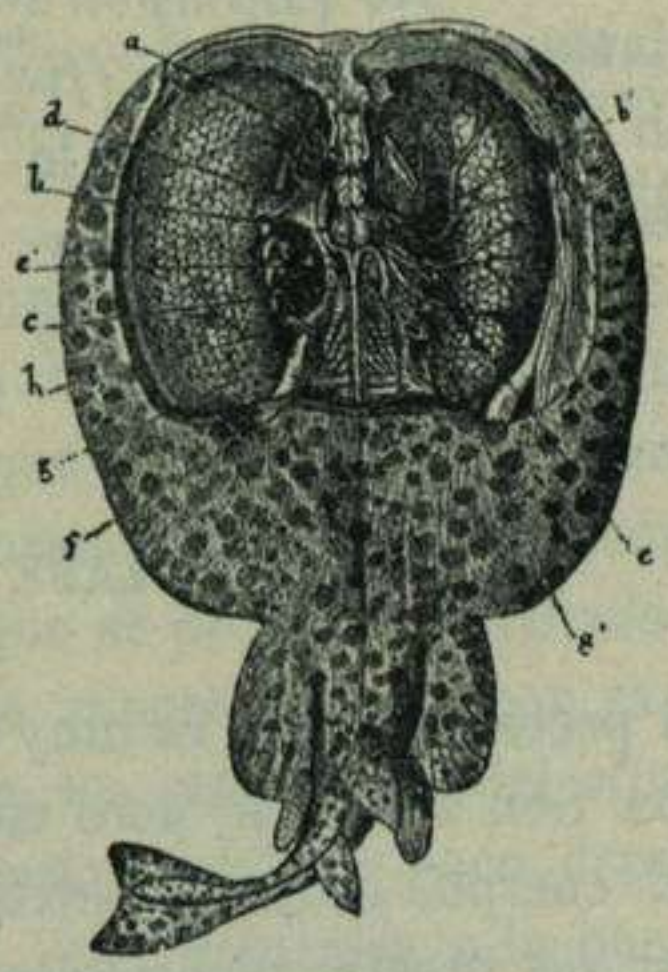


Fig. 624.—*Torpédo marmoráta* (70 centímetros), abierto por su parte posterior para mostrar los órganos eléctricos *g g'*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

eléctricos que pueden producir fuertes descargas *(fig. 624)*, y el *pez sierra (Pristis pristis) (fig. 625)*.

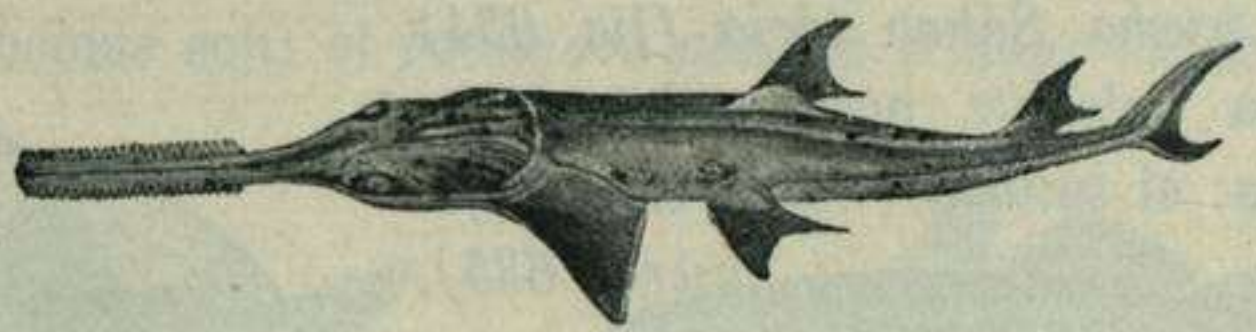


Fig. 625.—*Pristis pristis* o pez sierra: cuatro metros.

SUBCLASE TELEÓSTOMOS

Peces con su cuerpo de forma muy variable y con su esqueleto total o parcialmente osificado. Tienen una sola abertura branquial. Entre los grupos más conocidos citaremos los *Condrósteos* y los *Teleósteos*. Entre los primeros se encuentra el *esturión (Acipénser stúrio) (fig. 626)*, que para desovar remonta los ríos: sus huevos prensados constituyen el alimento denominado *caviar*, muy apreciado.

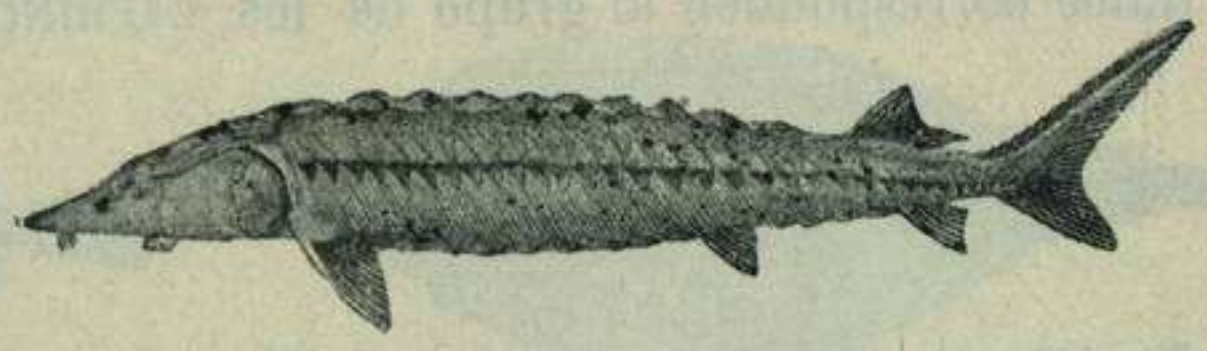


Fig. 626.—*Acipénser stúrio* o esturión: cuatro metros.

En los *Teleósteos* la osificación del esqueleto es muy completa. Su cuerpo se halla recubierto de escamas cicloideas o ctenoideas. Las branquias están protegidas por el opérculo. Es el grupo más numeroso y se divide en otros varios.



Fig. 627. — *Hippocámpus* o caballito de mar: 15 centímetros

Los LOFOBRANQUIOS se caracterizan por poseer las branquias en forma de penacho (gr. *lophos*, penacho); comprende, entre otras especies, los curiosos *caballitos de mar (Hippocámpus) (fig. 627)*. Los PLECTOGNATOS tienen inmóvil el borde superior de la boca: entre ellos están los *peces erizos (Díodon) (fig. 244)*, el *pez cofre (Ostrácion) (fig. 628)* y el *pez luna (Orthagoríscus) (fig. 629)*.

Los ÁPODOS tienen el cuerpo prolongado y carecen de aleta caudal y de las del segundo par; a este grupo pertenecen la *anguila (Anguilla vulgáris) (fig. 630)* y el *congrio (Cónger vulgáris)*.

Los SALMOCLUPÉIDOS constituyen un grupo numeroso, en el que se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

incluyen la *sardina (Clúpea sardína) (fig. 631)*, el *arenque (Cl. haréngus) (fig. 632)*, la *anchoa, boquerón* o *bocarte (Engráulis encrasícholus) (figura 633);* la *trucha Sálmo fário (fig. 634)* vive en agua dulce y posee coloraciones muy variadas; el *salmón (Sálmo sálar) (figura 635)*, de carne tan apreciada, es marino, pero sube a desovar a los ríos, que es donde se le pesca ordinariamente; la mayor parte de los peces de agua dulce corresponden al grupo de los CIPRINOIDEOS, como el *barbo (Bárbus vulgáris) (fig. 636);* los *peces de colores (Carássius auratus)*, que fueron importados de China a Europa hacia el año 1700, y la carpa *(Cyprinus carpio)*, etc.

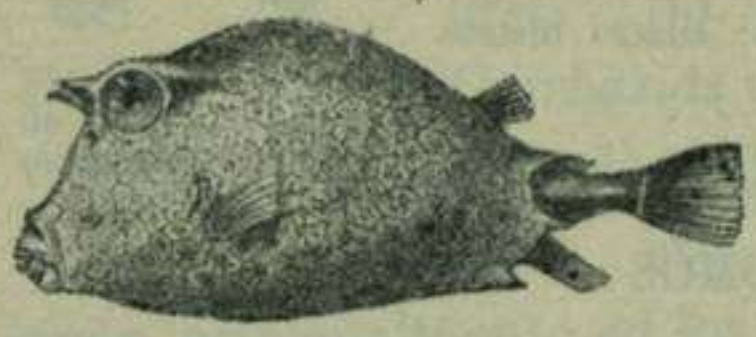


Fig. 628.—*Ostrácion quadricórnis* o pez cofre: 30 cm.

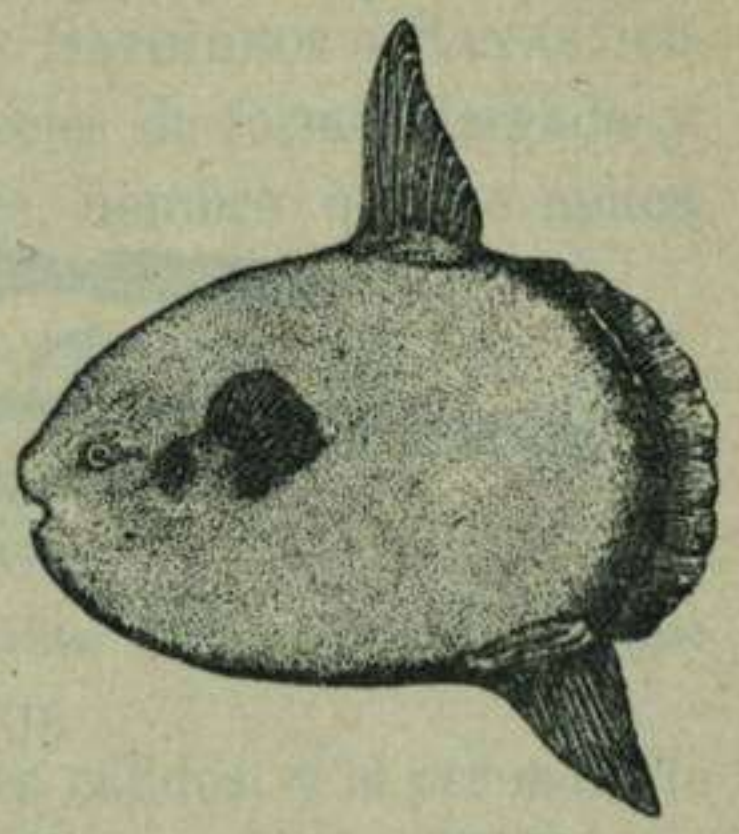


Fig. 629.—*Orthagoríscus móla* o pez luna: dos metros.



Fig. 630.—*Anguilla vulgaris* o anguila: un metro.

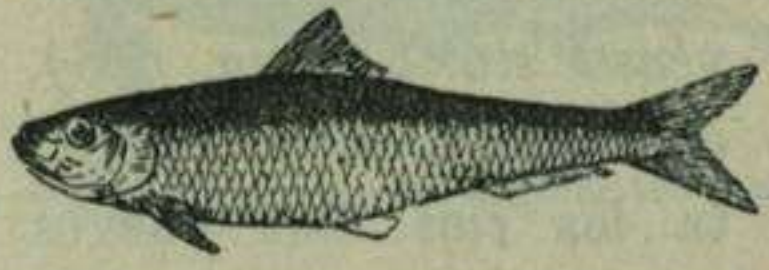


Fig. 631.—*Clúpea sardina* o sardina: 20 centímetros.

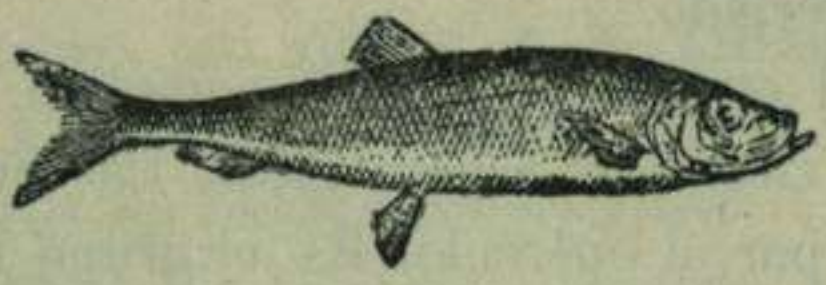


Fig. 632.—*Clúpea haréngus* o arenque: 30 centímetros.



Fig. 633.—*Engráulis encrasicholus* o anchoa: 17 centímetros.

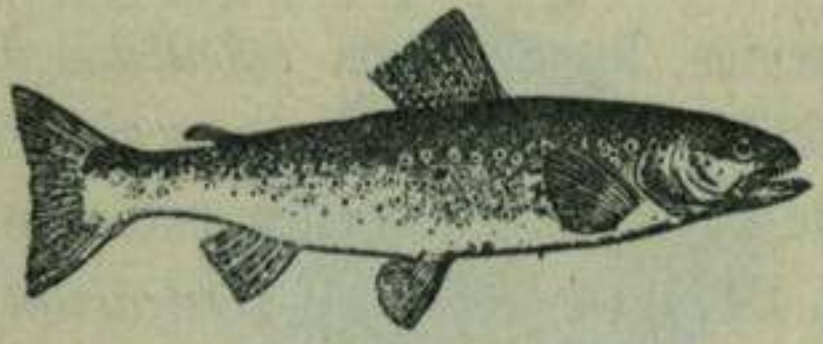


Fig. 634.—*Sálmo fário* o trucha: 60 cms.

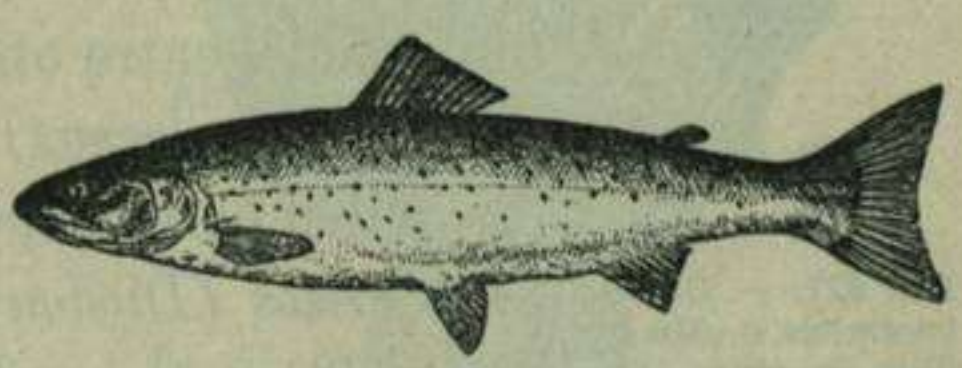


Fig. 635.—*Sálmo sálar* o salmón: 80 cms.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los ANACANTINOS (gr. *a*, sin; *acantha*, espina) se caracterizan por tener las aletas de radios blandos y porque las abdominales están situadas en la misma línea vertical que las pectorales, o delante de ellas; las especies más conocidas son: el *bacalao* o *abadejo (Gádus mórhua (fig. 637)*

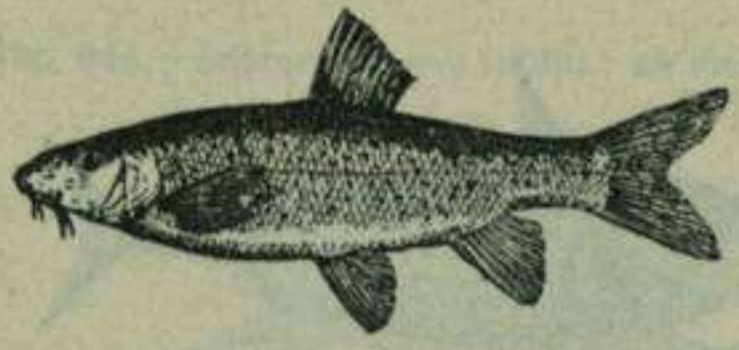


Fig. 636.—*Bárbus* o barbo: 60 cms.

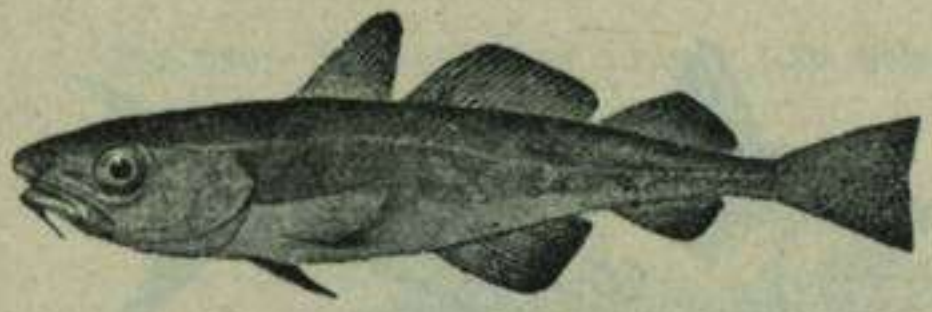


Fig. 637.—*Gádus mórhua* o bacalao: 1,40 metros.

y la *merluza* o *pescada* (los individuos jóvenes *pescadillas) (Merlúcius vulgáris) (fig. 638)*, y los *Pleuronéctidos*, entre los que se incluyen los *lenguados (Sólea vulgáris) (fig. 639)*, las *platijas (Pleuronéctes platésas*

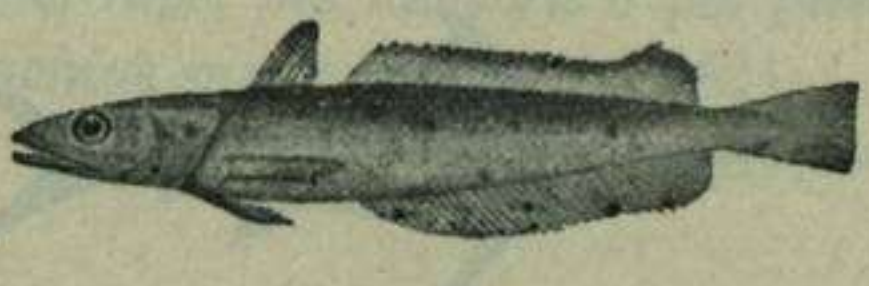


Fig. 638.—*Merlúcius vulgáris* o merluza: un metro.

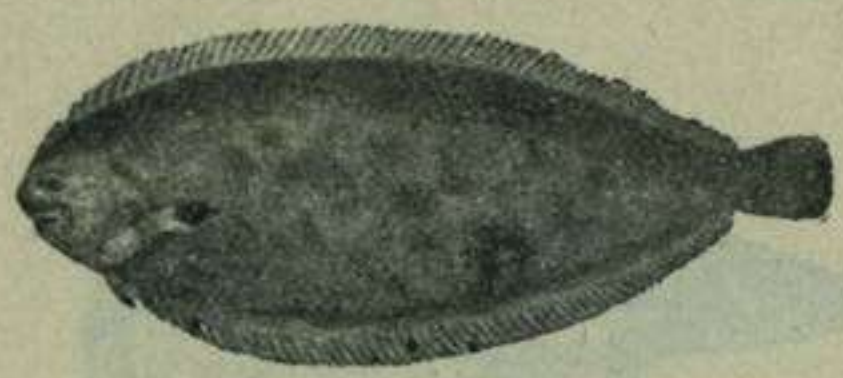


Fig. 639.—*Sólea vulgaris* o lenguado: 40 cms.

(figura 640) y los *rodaballos (Rhómbus máximus) (fig. 641)*, todos los cuales son comestibles y muy apreciados, tienen su cuerpo deprimido y asimétrico y viven enterrados en la arena.

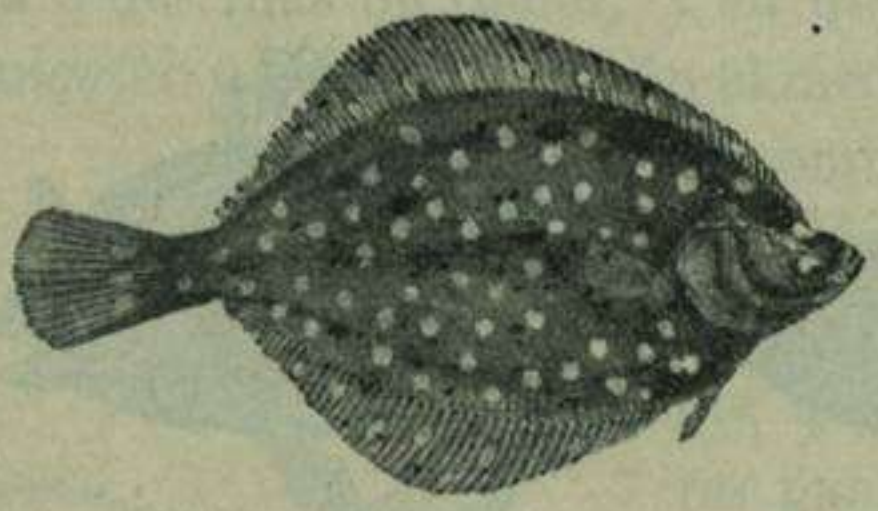


Fig. 640.—*Pleuronéctes platéssa* o platusa: 50 cms.

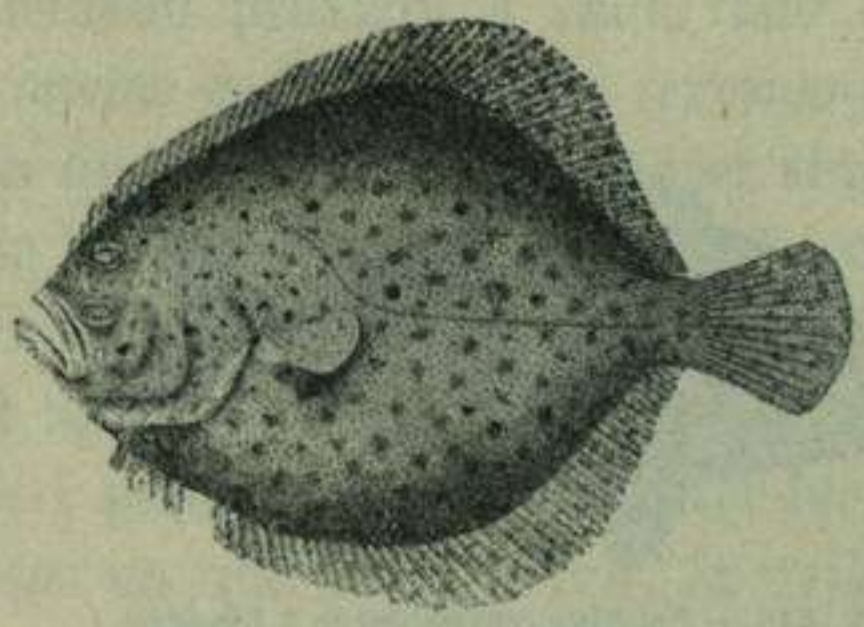


Fig. 641.—*Rhómbus máximus* o rodaballo: 75 cms.

Finalmente, los ACANTOPTERIGIOS o PERCOIDEOS son los más numerosos y están caracterizados porque todas o parte de sus aletas poseen

Instituto San Isidro de Madrid 2008

radios espinosos (gr. *akantha*, espina). Comprenden algunas especies de agua dulce, como la *perca (Pérca fluviátilis) (fig. 612);* pero la casi totalidad son marinas, encontrándose entre ellas el *atún (Thunnus thynnus) (fig. 642)*, el *bonito (Pélamys sarda) (fig. 643)*, la *caballa, sarda*

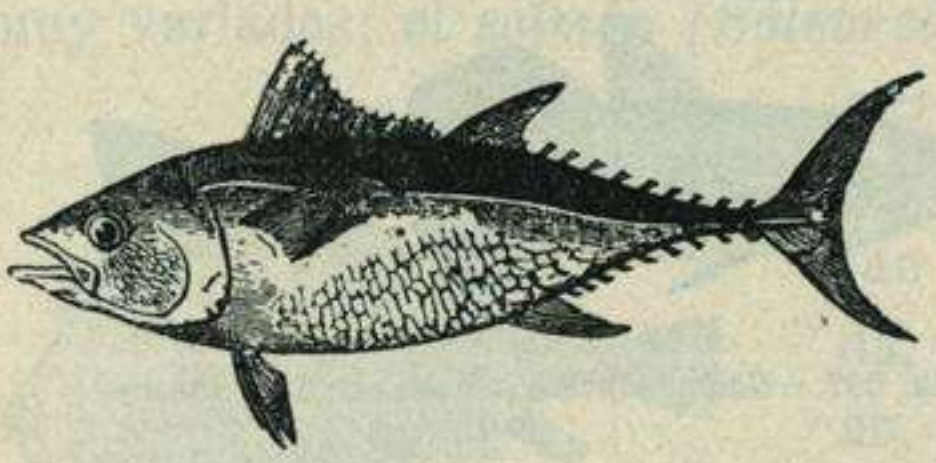


Fig. 642.—*Thunnus thynnus* o atún: 1,50 metros.

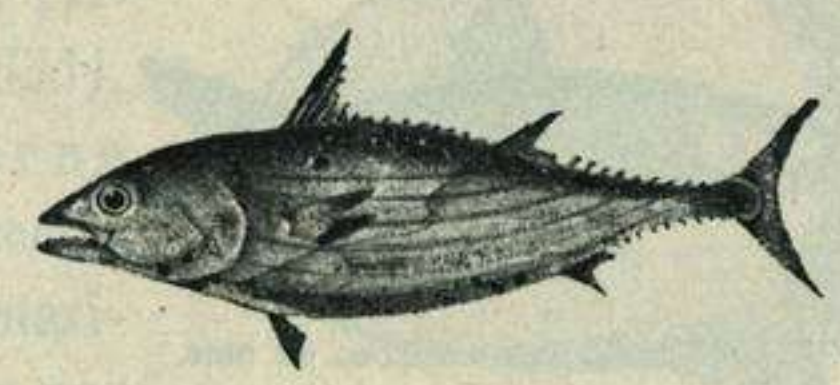


Fig. 643.—*Pélamys sarda* o bonito: 70 cms.

o *verdel (Scomber scómber) (fig. 644)*; es muy parecido a éstos el *pez espada (Xyphias gládius) (fig. 645)*, cuya mandíbula superior está pro-

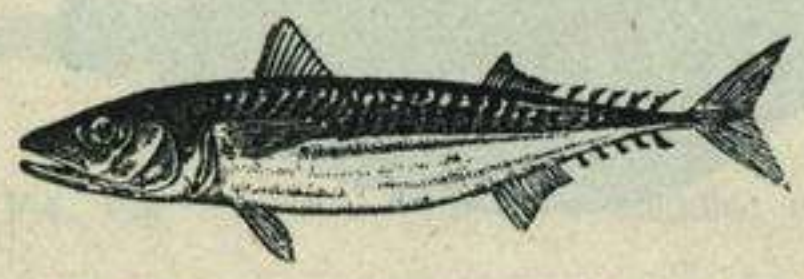


Fig. 644.—*Scómber scómbrus* ¦ sarda: 40 cms.

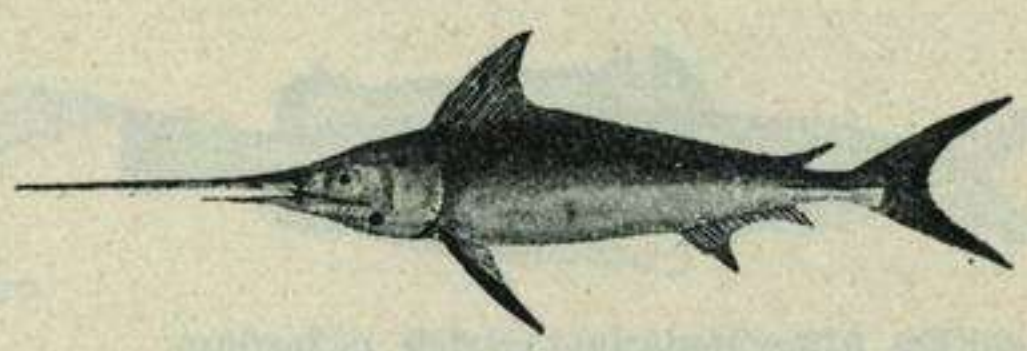


Fig. 645. — *Xyphias gládius* o pez espada: cuatro metros.

longada en forma de espada: el *besugo (Pagéllus centrodóntus) (fig. 646);* la *dorada (Chrysophrys aurára) (fig. 647);* la *lubina (Lábrax lúpus) (figu-*

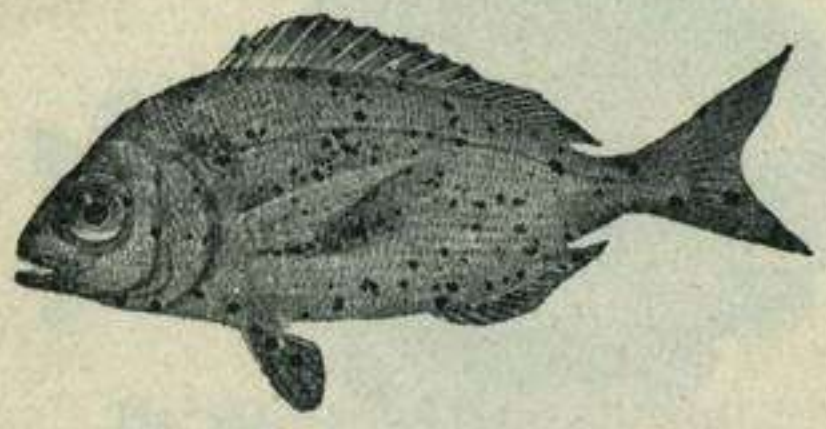


Fig 646.—*Pagéllus centrodóntus* o besugo: 55 cms.

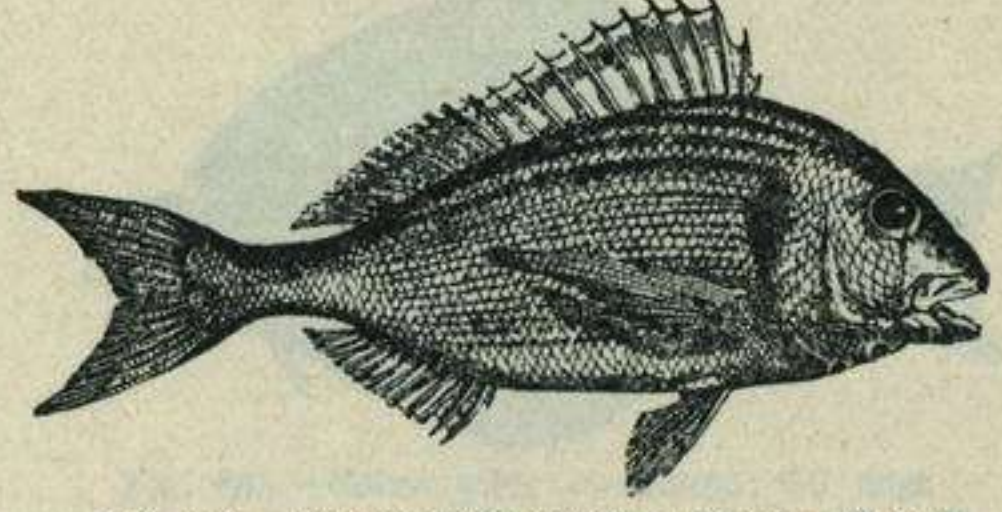


Fig. 647.—*Chrysophrys aurára* o dorada: 50 cms.

ra 648); el *mero (Serránus gígas) (fig. 649);* el *mule, lisa* o *mujol (Múgil céphalus) (fig. 650);* los *salmonetes, barbarines* o *barbos (Múllus barbá-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

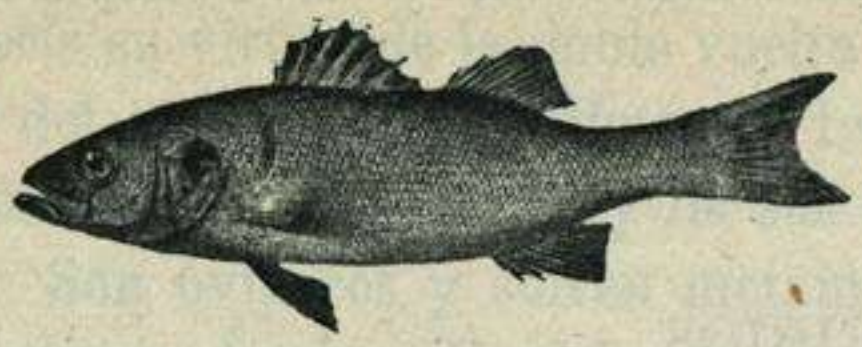


Fig. 648.—*Lábrax lúpus* o lubina: un metro.

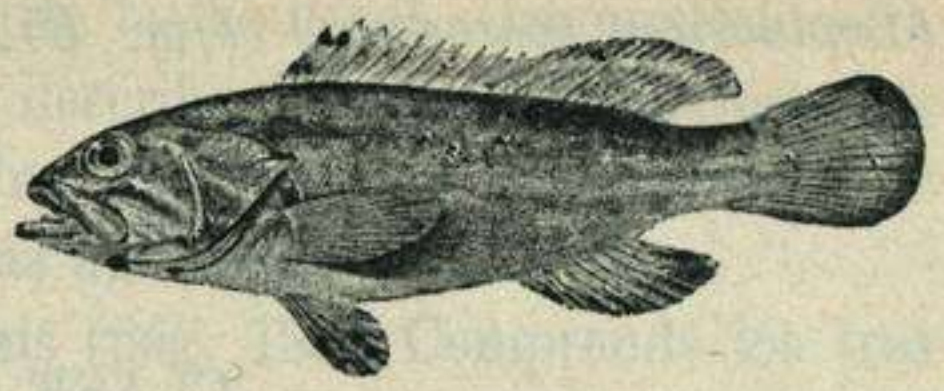


Fig. 649.—*Serranus gigas* o mero: 1,20 metros.

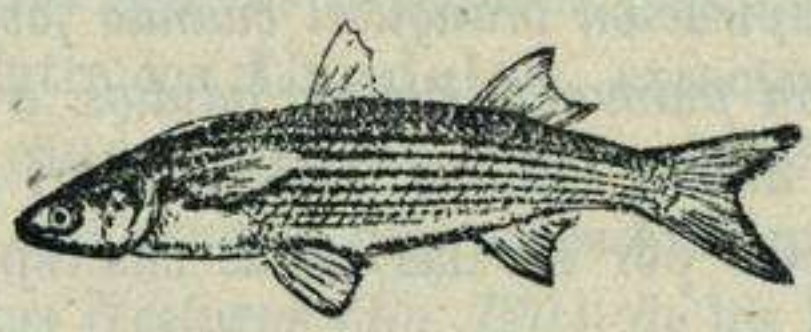


Fig. 650.—*Mágil céphalus* o muble: 70 cms.

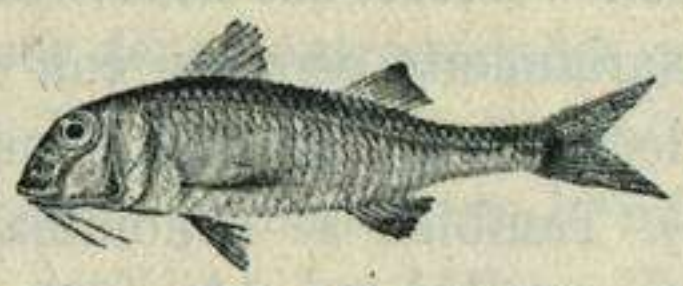


Fig. 651.—*Múllus barbátus* o salmonete: 30 cms.

tus, etc.) *(fig. 651);* y, por último, los PEDICULADOS, de formas muy extrañas, entre los que hay que mencionar el *rape*, *pez tamboril* o *pez pescador (Lophius piscatorius) (fig. 652).*

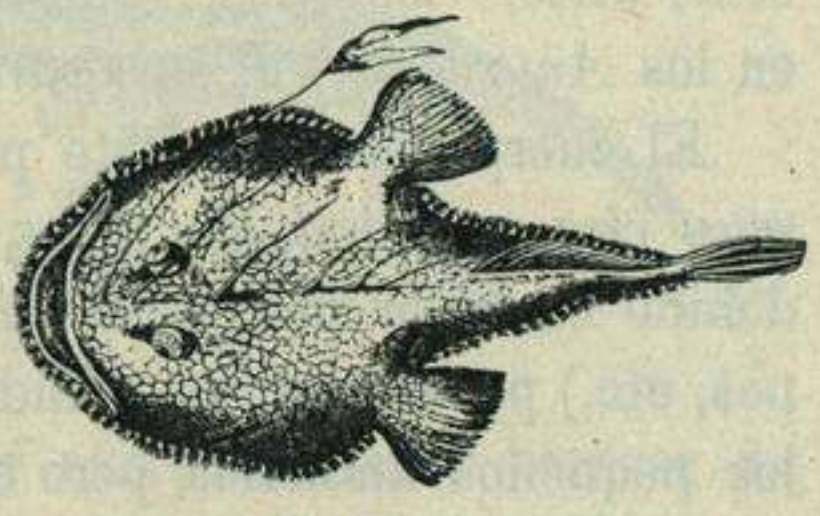


Fig. 652.—*Lóphius piscatórius* o pez pescador visto por la parte superior: dos metros.

SUBCLASE DIPNOOS

Estos Peces se diferencian de las otras subclases, entre otros caracteres, en la estructura de las extremidades, que están constituídas por un eje articulado provisto a cada lado de una o dos filas de radios, y en que el *mismo individuo posee respiración branquial y pulmonar*, según el medio en que viva, a cuyo carácter alude el nombre de la Clase (gr. *dis*, dos; *pnoé*, respiración). En efecto, cuando estos animales viven en el agua, la respiración se verifica por *branquias*; pero cuando se secan los lugares pantanosos en que suelen vivir, la vejiga natatoria actúa como un verdadero pulmón.

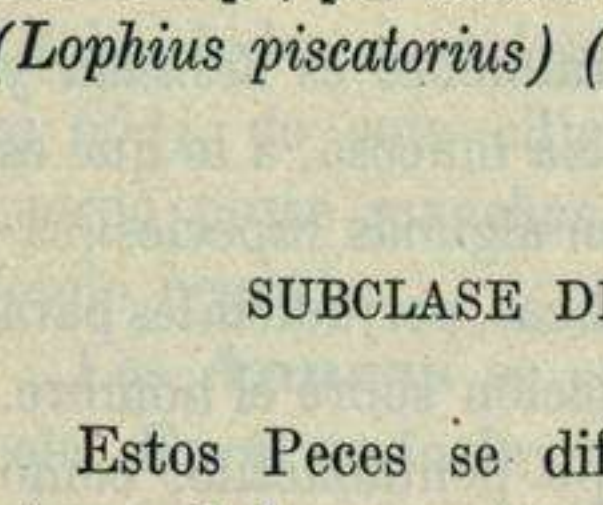


Fig. 653.—*Lépidosiren*: un metro.

Existen actualmente pocas especies, distribuídas en tres géneros. Entre ellas citaremos: el *barramunda (Neoceratodus forsteri)*, de Australia; el *loalach*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(Lepidosiren paradoxa) (fig. 653), del Amazonas, y el *Protopterus Anectens*, de África.

CLASE ANFIBIOS

Son Vertebrados *acuáticos* y *de respiración branquial cuando jóvenes*, ordinariamente *aéreos* y con *respiración pulmonar cuando adultos:* a esta particularidad alude su nombre (gr. *amphi*, ambos, uno y otro; *bios*, vida). También se denominan *Batracios* por ser las ranas sus especies más conocidas (gr. *bátrachos*, rana).

La forma del cuerpo varía de unos Órdenes a otros y sirve para caracterizar éstos: es alargado y sin extremidades, en los *Ápodos* (gr. *a*, sin; *podós*, pie); con cola y cuatro extremidades, en los *Urodelos* (gr. *ourá*, cola; *delos*, visible); y también con cuatro extremidades, pero sin cola, en los *Anuros* (gr. *a*, sin; *ourá*, cola).

El cuerpo está cubierto por *la piel*, que generalmente es *desnuda* y *muy rica en glándulas;* éstas segregan una sustancia mucosa, a lo que es debido se halle siempre húmeda y resbaladiza: en algunas especies (sapos, etc.) posee también glándulas venenosaso cáusticas, perjudiciales para los pequeños animales, pero que apenas ejercen acción sobre el hombre.

Las extremidades, cuando existen, son del tipo pentadáctilo, como en los vertebrados terrestres.

La boca está provista de numerosos dientes que apenas sirven más que para retener las presas, y de una lengua viscosa que en las ranas está fija por su parte *anterior* y libre por la *posterior*, pudiendo proyectarla fuera de la boca y sirviéndose de ella para cazar los insectos, que constituyen su principal alimento.

Las *branquias (fig. 173)* persisten en algunos adultos; pero ordinariamente éstos respiran por *pulmones*, los cuales van apareciendo a medida que se atrofian las branquias: la respiración *cutánea* o a través de la piel, es muy intensa. Mientras respiran por branquias, la *circulación* es análoga a la de los Peces; pero cuando respiran por pulmones la circulación se modifica, a cuyo efecto se modifica también el corazón, cuya aurícula se divide en dos por un tabique. La circulación es *incompleta*, por recibir el ventrículo la sangre venosa, que viene de la aurícu-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la derecha, y la arterial, que procede de la izquierda, denominándosela *doble* en virtud de la doble vuelta que describe del corazón a los órganos y del corazón a los pulmones. Los Urodelos son muy beneficiosos, por alimentarse de insectos y de sus larvas acuáticas.

Son ovíparos y sufren metamorfosis (pág. 193). Comprende los tres *Órdenes Ápodos, Urodelos y Anuros*, antes mencionados.

Los **Ápodos** carecen de extremidades y de cola; entre ellos se encuentran los géneros *Siphónops (fig. 344)* y *Cœcilia (fig. 343)*, de América.

Entre los **Urodelos,** caracterizados por tener extremidades y región caudal, merecen citarse el *Próteus (fig. 121)*, de las aguas subterráneas de Carniola, que posee branquias externas y permanentes, lo mismo que los *Nceturus (fig. 120)*, de los EE. UU. de N. A.; los *Mólge* o *Tríton (figura 123)* o *salamandras acuáticas*, de cola comprimida y vivos colores, sobre todo el macho, que en la época del celo está provisto de crestasdorsales *(fig. 123);* los *gallipatos (Pleurodéles Wáltlii)*, y, por último, las *salamandras terrestres (Salamándra maculósa*, etc.) *(figura 654)*, de cola cilíndrica y cuyo cuerpo posee manchas amarillas en fondo negro.



Fig. 654.—*Salámandra maculósa* o salamandra terrestre: 20 cms.

Los **Anuros** se caracterizan por tener extremidades y carecer de cola. En él se incluyen las *ranas (Rána esculénta*, etc.) *(fig. 655)*, los *escuerzos*, *sapos* o *costros (Búfo vulgáris*, etc.) *(fig. 656)*, la *rana de San Antón (Hyla arbórea) (fig. 657)* y el *sapo partero (Alytes)* y el *Cururú (Pipa)*, citados anteriormente (pág. 234 y *figs. 280* y *281)*.

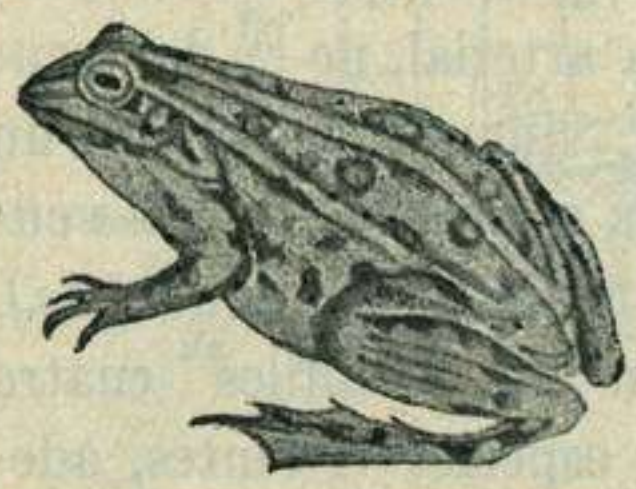


Fig. 655.—*Rána esculenta:* 20 cms.



Fig. 656.—*Búfo vulgáris* o sapo: 20 centímetros.



Fig. 657.—*Hyla arbórea* o rana de San Antón: 14 centímetros.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CLASE REPTILES

Son Vertebrados generalmente terrestres, y a veces acuáticos; pero en ambos casos siempre con *respiración pulmonar*. Tienen el cuerpo cubierto de *escamas*, placas o escudos de origen epidérmico, que constituyen una eficaz protección. Su aspecto es muy variable, pues mientras unos carecen de extremidades, otros las poseen, si bien siempre son cortas: cuando carecen de extremidades, al andar arrastran por el suelo todo el lado ventral del cuerpo, y aun cuando las posean, le llevan tan próximo a éste, que parece que le arrastran; a este carácter se refiere el nombre de la Clase (lat. *réptilis*, de *reptum*; supino, de *répere;* arrastrarse). El *esqueleto* está completamcnte osificado; el cráneo posee un solo cóndilo occipital, carácter que los distingue de los Anfibios; la columna vertebral está provista de un número variable de vértebras, generalmente procélicas. Como en los Anfibios, el intestino termina en cloaca. La respiración se verifica siempre por medio de los *pulmones*.

El *aparato circulatorio*, y la *circulación*, por lo tanto, varían de unos a otros Órdenes; pero puede decirse, en líneas generales, que el corazón consta de dos aurículas y un ventrículo, y que éste está unas veces incompletamente dividido por un tabique longitudinal, y más raramente completamente dividido por dicho tabique; pero ni aun en este caso es la *circulación completa*, puesto que existe mezcla de la sangre venosa con la arterial, no en los ventrículos ni en las aurículas, sino por medio de un vaso *(fig. 658, V)* que va de la aorta que nace del ventrículo derecho *(Ad)* a la que nace del izquierdo *(As)*.

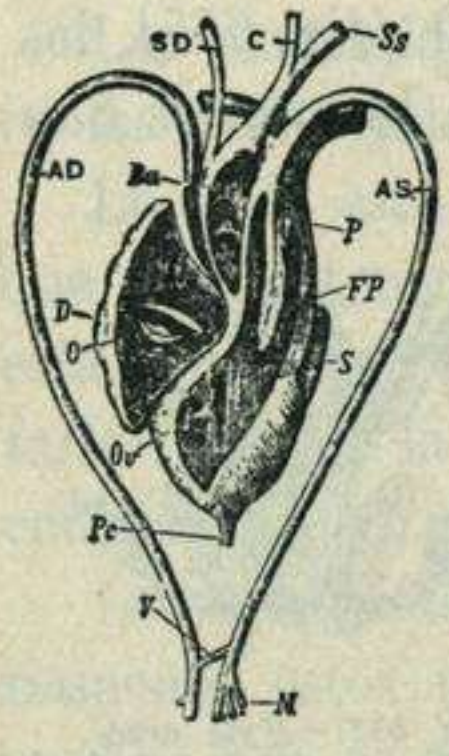


Fig. 658.—Corazón y principales vasos de un caimán (s. Gegenbaur).

División.—Comprenden los Reptiles cuatro Órdenes correspondientes a especies vivientes, además de varios grupos extinguidos. Los Órdenes actuales son los *Plagiotremas* o *Saurofidios*, los *Rincocéfalos*, los *Cocodrílidos* y los *Quelonios*.

Orden Plagiotremas o Saurofidios.—Reptiles con sus tegumentos cubiertos de escamas, a los que algunas veces se agregan osifi-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

caciones dérmicas. La cloaca tiene la forma de una hendidura transversal. En este Orden se incluyen los *Saurios* y los *Ofidios*.

SUBORDEN SAURIOS (gr. *sauros*, lagarto).—Son Plagiotremas provistos de cuatro extremidades y cola; algunos carecen de aquéllas y se semejan a los Ofidios o culebras, de los que se distinguen, entre otros caracteres, porque generalmente poseen ojos con párpados y un esternón perfectamente constituído.

Las especies más conocidas son: los *lagartos (Lacérta occelláta y víridis) (fig. 659);* las *lagartijas (L. murális) (fig. 660);* el *camaleón (Chamæleo vulgáris) (fig. 661),* del sur de España y norte de África, son notables por su forma extraña y por la propiedad de cambiar de color, y el *enánago*, *lución* o *serpiente de vidrio (Anguis frágilis)*, parece una culebra, por carecer de extremidades.

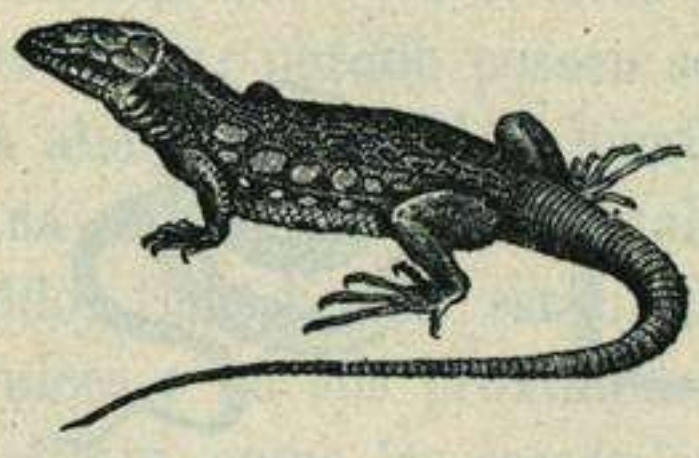


Fig. 659.—*Lacérta occelláta* o lagarto: 65 cms.



Fig. 660.—*Lacérta murális* o lagartija: 17 cms.



Fig. 661.—*Chamœleo vulgáris* o camaleón: 30 cms.

SUBORDEN OFIDIOS (gr. *ophis*, *serpiente*).—Son los llamados vulgarmente *culebras* o *serpientes*, y se caracterizan porque carecen de extremidades y de esternón. Los párpados no son movibles. La boca puede abrirse en proporciones extraordinarias para tragar presas mucho más voluminosas que su cuerpo; facultad que deben a la disposición especial de los huesos de sus mandíbulas. Además de los dientes normales, pueden existir otros, principalmente en los maxilares superiores *(fig. 662, Mx)*, que son los llamados *dientes venenosos*, los cuales están encorvados hacia atrás y se hallan perforados o acanalados interiormente con objeto de

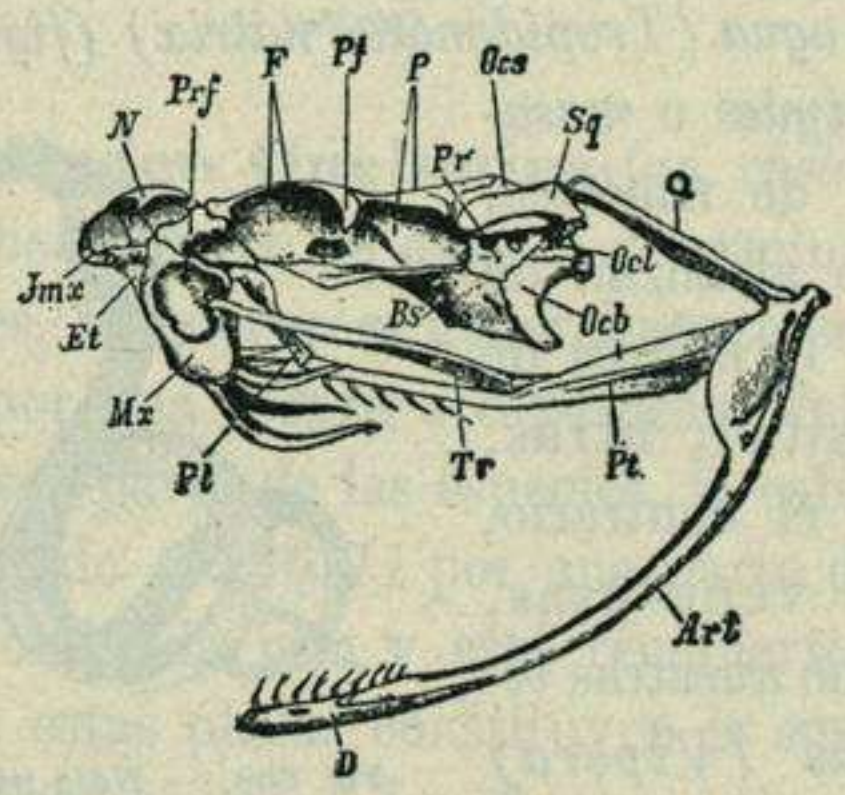


Fig. 662.—Cráneo de serpiente cascabel con los dientes venenosos insertos en *Mx*. (De Claus.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dejar paso al veneno producido por unas glándulas venenosas situadas en la cabeza, y que a veces están tan desarrolladas que se extienden por la parte anterior del cuerpo. Tanto el esófago como el estómago son muy distensibles. Son zoófagos y tragan sus presas enteras.

La mordedura de la mayor parte de las serpientes venenosas es mortal para el hombre.

Comprende numerosas especies, de algunas de las cuales la mordedura es inofensiva para el hombre por carecer de glándulas y dientes venenosos, como la de nuestras *culebras* corrientes (géneros *Cóluber*, *Coronélla (fig. 663)*, etc.), la de la *culebra de agua (Tropidonótus nátrix) (figura 664)*, la de las gigantescas *boas*, *curiyúes* o *masacuates (Bóa constríctor*, etc.) *(fig. 665)*, de América, que alcanzan de 6 a 10 metros de longitud; otras, por el contrario, son venenosas, como nuestras *víboras (Víperа) (fig. 666)*, de cabeza triangular y cubierta por su parte superior de escamas análogas a las del resto del



Fig. 663.—*Coronélla austríaca* o culebra: 75 centímetros.



Fig 664.—*Tropidonótus nátrix* o culebra de agua: un metro.

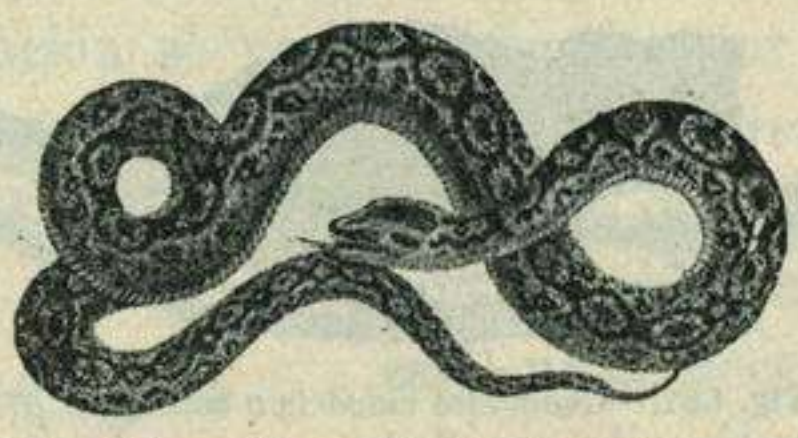


Fig. 665.—*Bóa constrictor:* 10 metros.

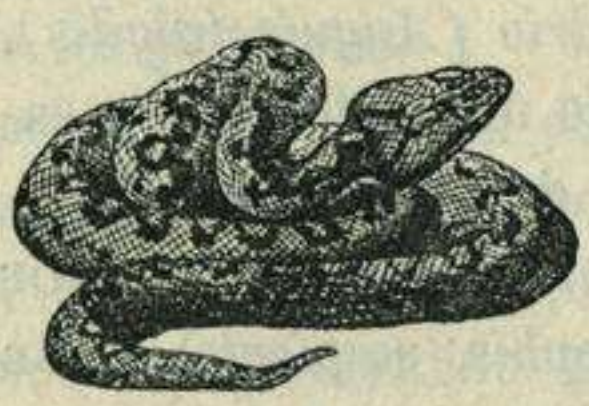


Fig. 666.—*Víbora:* 75 cms.

Fig. 667.—*Crótalus hórridus* o serpiente cascabel: 1,75 metros.



Fig. 668. — *Nája tripúdians* o cobra de Asia: 1,70 metros.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cuerpo; las *serpientes de cascabel* o *boiquiras (Crótalus hórridus*, etc.) *(figura 667)*, de América; el *áspid de Egipto* o *de Cleopatra* o *cobra de África (Nája háje)* y la *serpiente de anteojos* o *cobra de Asia (Nája tripúdians) (fig. 668)*.

Orden Rincocéfalos.—En este grupo se incluyen unos extraños lagartos de Nueva Zelanda que los maorís llaman *tuatera (Sphenodon punctatus)*.

Orden Cocodrilos.—Se caracterizan porque su aspecto exterior recuerda al de los Saurios provistos de extremidades, de los cuales se diferencian: porque poseen series de gruesas placas óseas dorsales, porque la abertura cloacal es longitudinal, y porque sus dedos están unidos por una membrana interdigital. El ventrículo se halla completamente dividido. Sus dientes están implantados en alvéolos. Viven en las aguas dulces o en sus proximidades, son zoófagos y algunos temibles para el hombre, como los *cocodrilos* del Nilo *(Crocodilus niloticus)*, los de América *(Cr. acutus)*, etc., y los *caimanes* o *yacarés*, de América *(Cáiman* o *Yacare sclérops*, etc.) *(fig. 669);* por último, los *gaviales*, de Asia *(Gaviális Gangéticus*, etc.) *(fig. 670)*, tienen largas y débiles mandíbulas, por lo que no son peligrosos para el hombre.

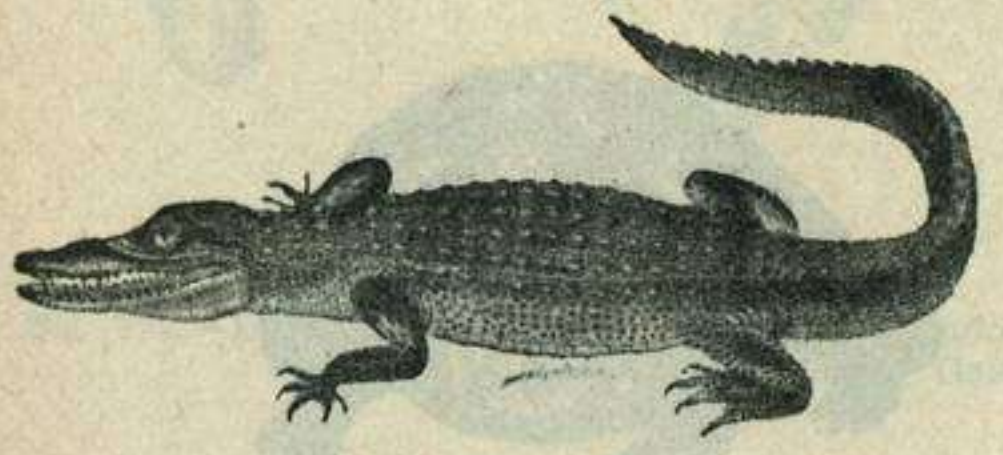


Fig. 669.—*Alligátor Mississipénsis* o caimán: siete metros.



Fig. 670.—*Gaviális Gangéticus* o gavial: seis metros

Orden Quelonios (gr. *chelone*, tortuga).—Se caracterizan porque su boca carece de dientes y termina en un pico córneo parecido al de las Aves. El cuerpo es generalmente corto y deprimido, hallándose recubierto por una coraza o *caparazón*, debajo de la cual puede esconder, en la mayor parte de las especies, la cabeza y las patas; dicho caparazón está formado *(fig. 671)* por una parte dorsal llamada *espaldar* y otra ventral denominada *peto* y está recubierto por placas córneas de grosor variable: estas placas constituyen la sustancia llamada *concha*, abundante en algunas especies. La abertura cloacal es longitudinal. Las especies principales son: las *tortugas marinas*, como el *carey (Chelóne imbricáta) (figura 672)*, del Atlántico, Pacífico e Índico, y de la que principalmente se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

obtiene la concha, y el *Thalassóchelys carétta (fig. 673)*, del Atlántico y Mediterráneo; viven en las *aguas dulces* o en sus proximidades; los *galápagos (Emys orbicularis* y *Clemmys leprosa)*, y, por fin, existen *tortugas* exclusivamente *terrestres (Testúdo græca* y *T. Ibera) (fig. 674)*.

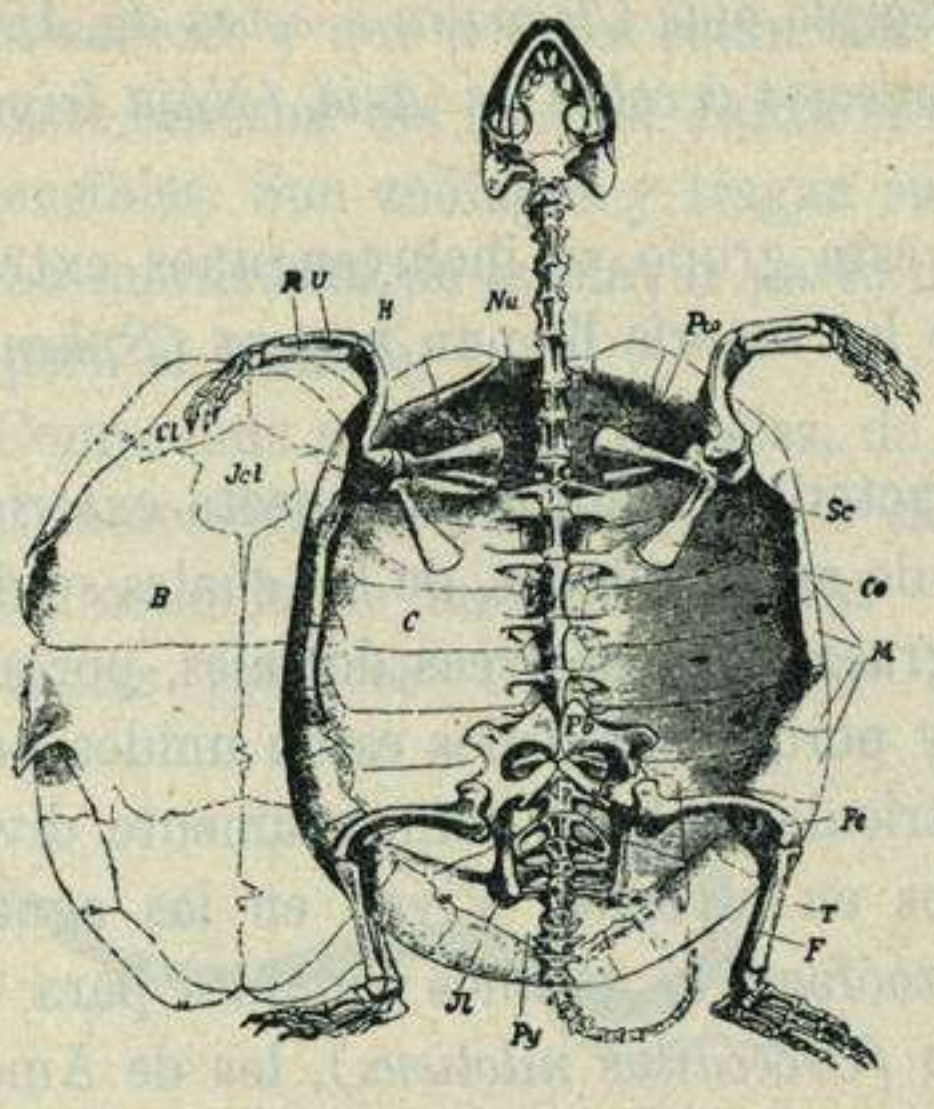


Fig. 671.—Esqueleto y caparazón de un Quelonio *(Cistúdo europœa)* (s. Zittel).

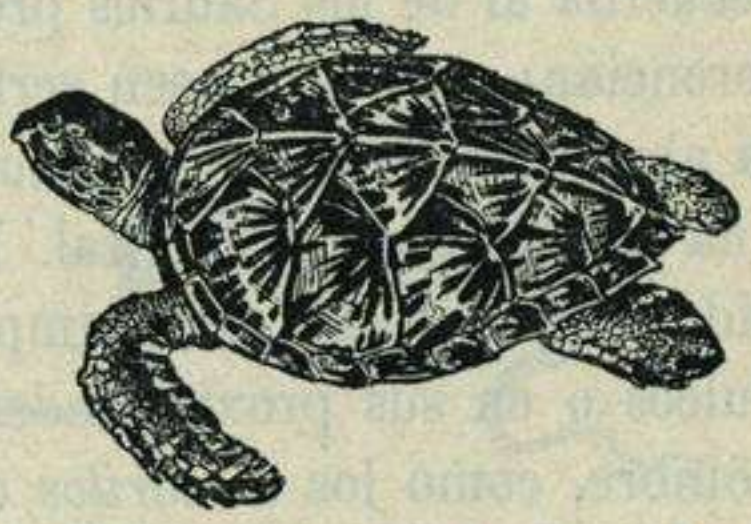


Fig. 672.—*Chelóne imbricáta* o carey: 1,50 metros.

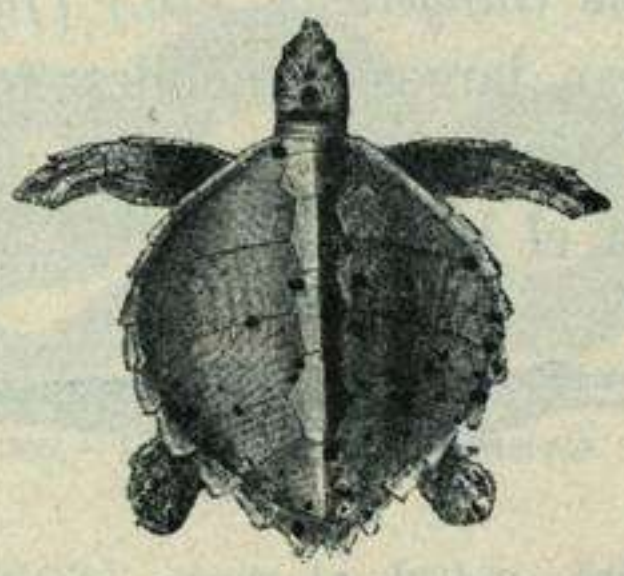


Fig. 673. — *Thalassochelys carétta*: un metro.

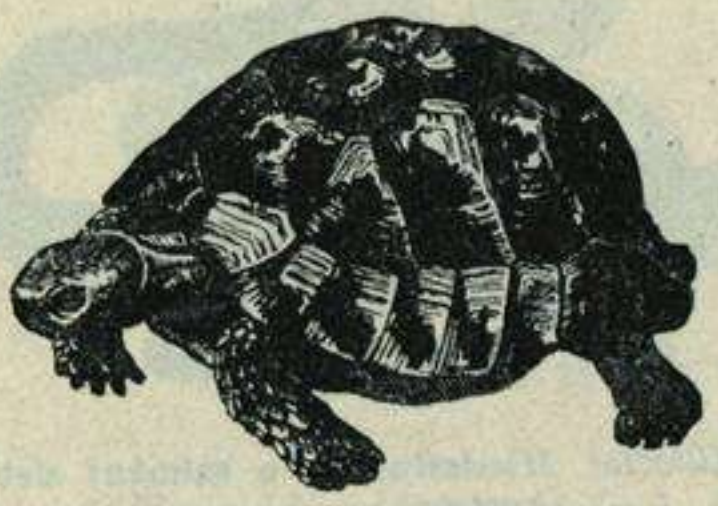


Fig. 674.—*Testúdo græca* o tortuga terrestre: 30 cms.

Reptiles fósiles.—Entre los *Reptiles fósiles* principales se encuentran los de la Era Secundaria (*), casi todos fitófagos y generalmente de tamaño gigantesco; de ellos unos eran *nadadores*, como los *Sauropteri-*

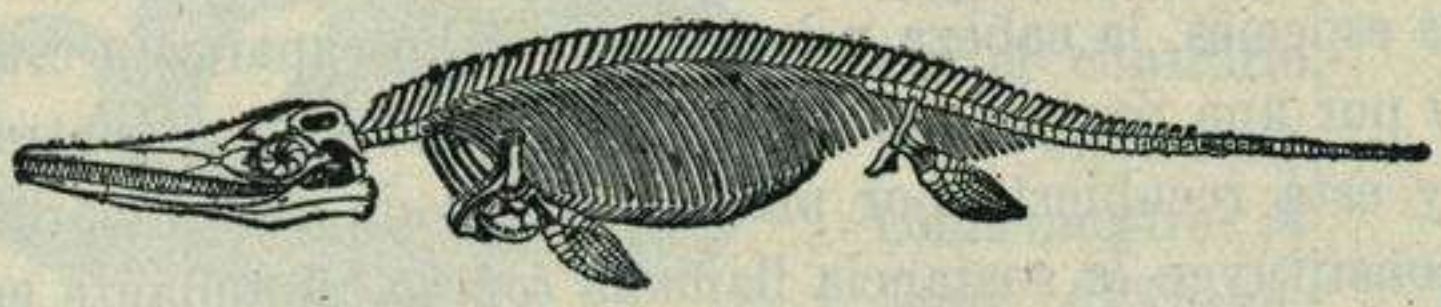


Fig. 675.—Esqueleto de *Ichthyosáurus*, Reptil nadador de la Era Secundaria: longitud, 10 metros.

(*) Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª edición, pág. 206, y *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero, pág. 500.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gios e *Ictiopterigios*, en los que se incluyen los *Ichthyosáurus (fig. 675)* y *Plesiosáurus (fig. 676);* otros, los *Pterosáurios*, eran *voladores*, como los *Pterodáctylus (fig. 677)*, cuyo tamaño era próximamente el de un cuervo actual.

Los más importantes eran los *Dinosaurios*, que tenían costumbres terrestres y de los cuales unos eran carnívoros, como los *Terópodos*, y

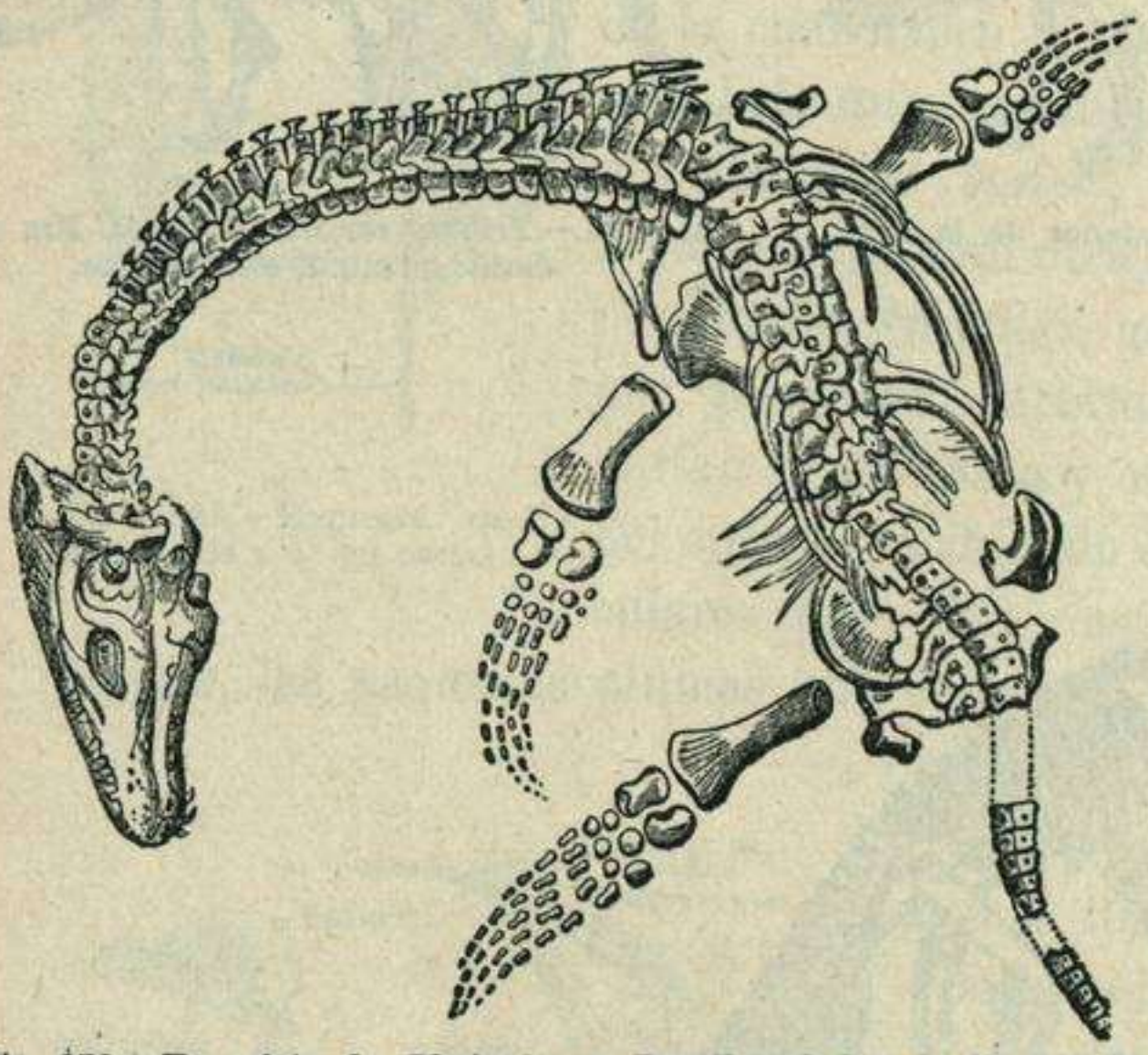


Fig. 676.—Esqueleto de *Plesiosáurus*. Reptil nadador de la Era Secundaria: longitud, 10 metros (de Geikie).

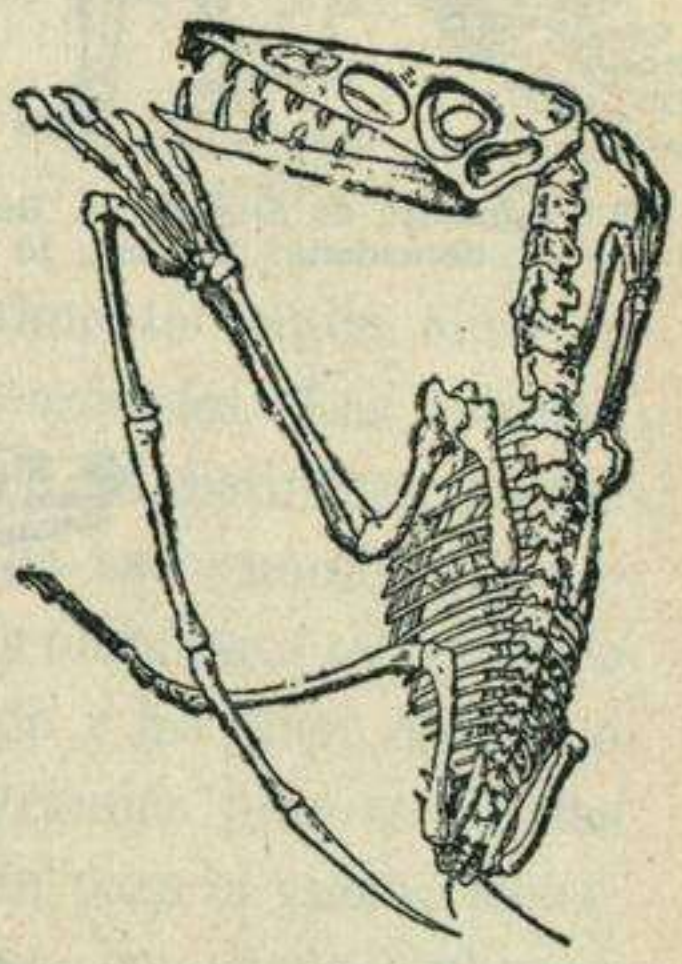


Fig. 677.—Esqueleto de *Pterodáctylus*. Reptil volador de la Era Secundaria: unos 20 centímetros de altura.

otros eran herbívoros, como los *Brontosáurus (fig. 678)*, *Stegosáurus (figura 679)*, *Tricératops (fig. 680)* e *Iguánodon (fig. 681)*, este último pare-

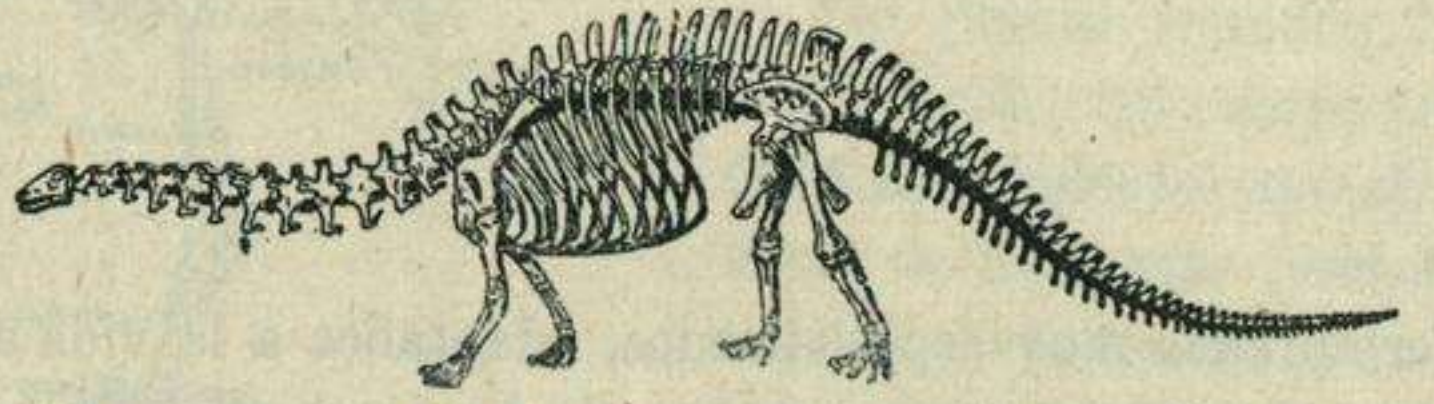


Fig. 678.—Esqueleto de *Brontosáurus*. Reptil andador de la Era Secundaria: longitud, 18 metros.

cido a los actuales canguros, por el gran desarrollo de su cola y extremidades posteriores.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

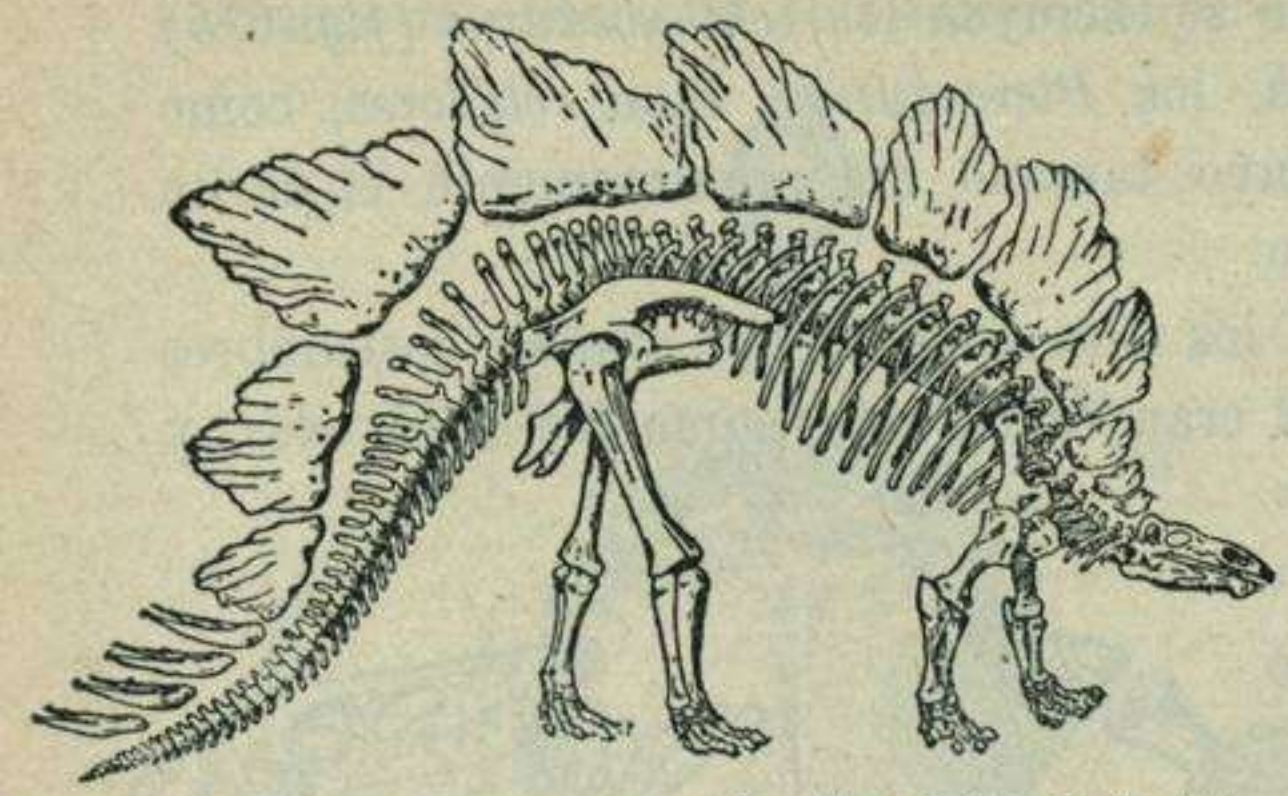


Fig. 679.—Esqueleto de *Stegosáurus*, Reptil andador de la Era Secundaria: longitud, 10 metros.

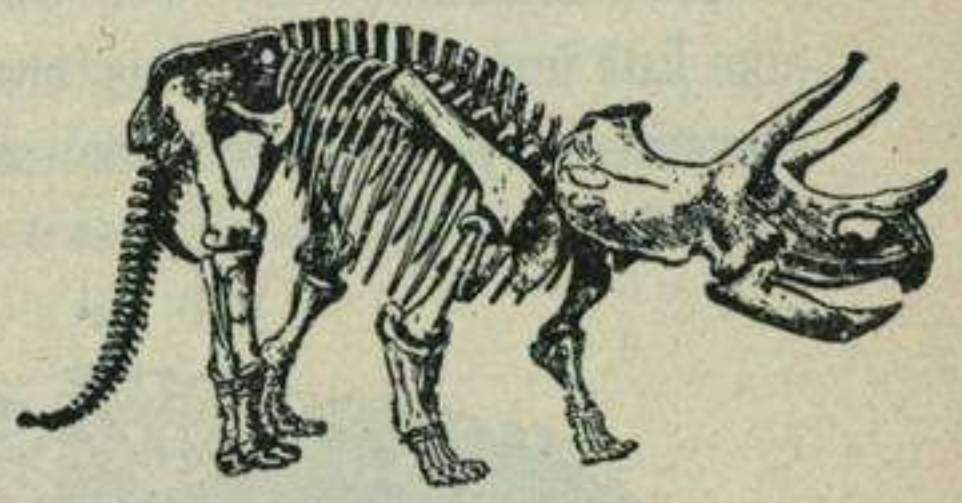


Fig. 680.—*Tricératops*, Reptil de la Era Secundaria: longitud, siete metros.



Fig. 681.—Esqueleto de *Iguánodon*, Reptil saltador de la Era Secundaria: longitud, 10 metros.

CLASE AVES

Son Vertebrados muy especializados, adaptados a la vida aérea. Están provistos de cuatro extremidades, de las cuales no le sirven para apoyarse en el suelo y marchar sobre él más que las posteriores o abdominales, mientras que las anteriores o torácicas están transformadas en *alas*. El cuerpo se halla cubierto de *plumas*, o formaciones de origen análogo a los pelos de los Mamíferos (pág. 380), las cuales constan *(figu-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ra 682) de un *eje* o *tallo*, en el que se distinguen dos porciones: una inferior hueca llamada *cañón* o *cálamo*, que se implanta en la piel y del cual sale a veces como una plumita secundaria llamada *hiporraquis* y otra superior maciza denominada *raquis*, de la cual nacen a uno y otro lado unas ramificaciones llamadas *barbas*, que a su vez originan otras denominadas *barbillas*, generalmente unidas entre sí por pequeñas barbitas o *barbicelos*. Las plumas varían en su forma y oficio en las distintas regiones del cuerpo, recibiendo en cada caso nombre particulares *(fig. 683);* así se denominan: *coberteras* o *cobijas*, las pequeñas plumas que cubren el cuerpo y las alas; *rémiges* o *remeras*, las grandes plumas de las alas que sirven para el vuelo; *rectrices* o *timoneras*, las grandes plumas de la cola que hacen el oficio de timón durante el vuelo: el nombre de *plumón* suele aplicarse indistintamente a todas las plumas pequeñas, cuyo eje es muy blando y delgado y cuyas barbillas no se unen entre sí.

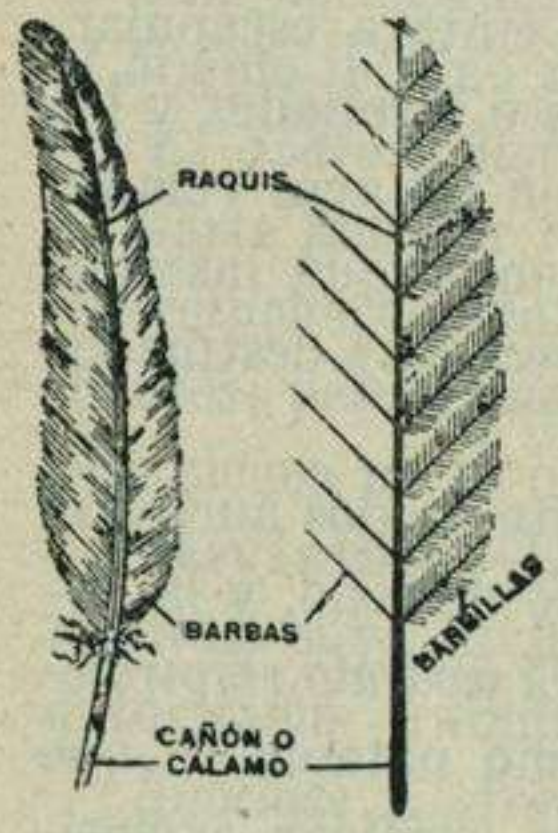


Fig. 682.—Esquema de una pluma y de sus partes.



Fig. 683.— Principales plumas del cuerpo de un Ave.

Las plumas impiden la irradiación del calor del cuerpo más eficazmente que todos los apéndices epidérmicos de los demás animales, por lo cual las Aves son los animales cuya temperatura es mayor (unos 44° por término medio): ordinariamente las renuevan todos los años, constituyendo la *muda*.

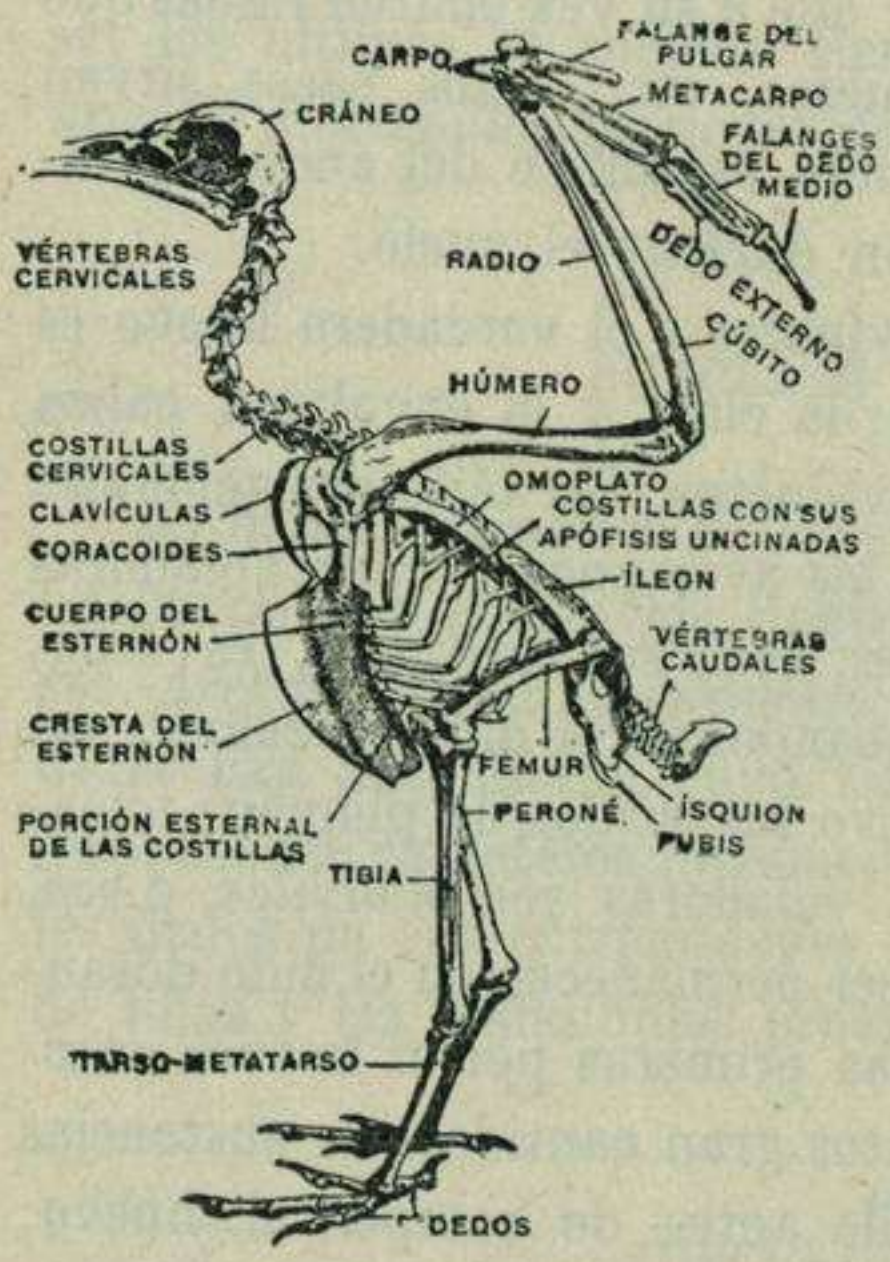


Fig. 684.—Esqueleto de un Ave (s. Claus).

El *esqueleto (fig. 684)* ofrece varias particularidades dignas de men-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ción: entre todas ellas destaca el que los *huesos están llenos de aire* y en relación con el aparato respiratorio, a fin de que pesen poco. Tienen, como los Reptiles, un solo cóndilo occipital. Las extremidades torácicas están sólidamente unidas al tórax por medio de la cintura escapular. Los huesos del tarso y metatarso están muy reducidos o atrofiados y los dedos quedan reducidos a tres o cuatro. El esternón en las aves voladoras ofrece en su línea media una quilla muy saliente, en la que insertan los músculos pectorales (que son los que forman la *pechuga)* destinados a mover las alas.

El *aparato circulatorio* consta de un corazón provisto de dos aurículas y dos ventrículos, con la aorta encorvada hacia el lado derecho, y la circulación es *doble* y *completa* como en los *Mamíferos*. El *aparato respiratorio* ofrece varias particularidades, sobre todo, el hecho notable de que los cambios respiratorios no se verifican exclusivamente en los pulmones, debido a que algunos bronquiolos ataviesan todo el pulmón y conducen el aire a nueve sacos accesorios que reciben el nombre de *sacos aéreos (fig. 685)*, que envuelven a todos los órganos, y que a su vez emiten ramas que penetran en los huesos, etc.; estos sacos sirven para disminuir el peso específico del animal y facilitar la respiración durante el vuelo.

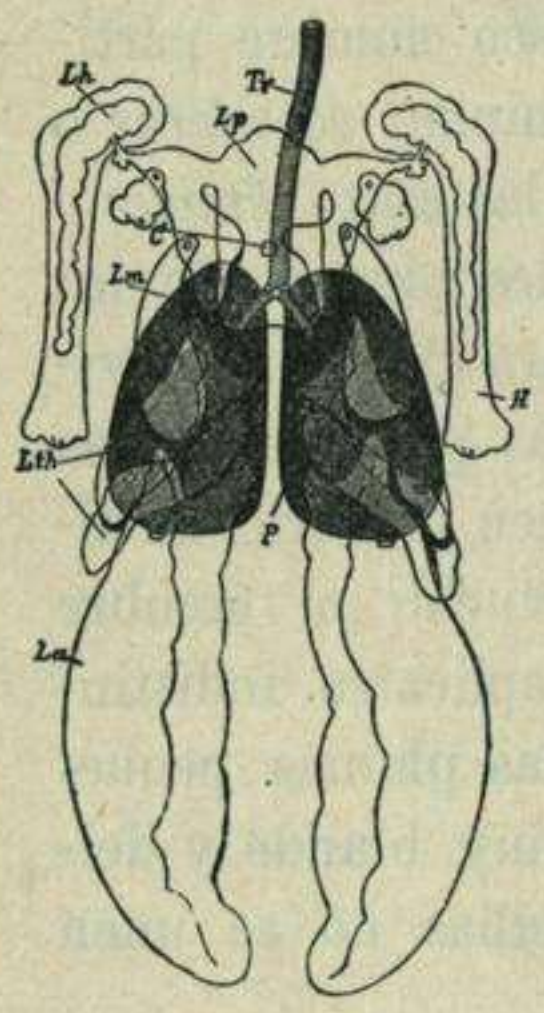


Fig. 685.—Esquema de los pulmones y sacos aéreos de una paloma. *P*, pulmones; *La*, sacos abdominales; *Lh*, del húmero, etc.

Son animales ovíparos y el verdadero huevo es la yema (pág. 187): la clara y la envoltura caliza se agregan en los oviductos. En términos generales puede decirse que las aves poco o nada voladoras (gallinas, avestruces, etc.) son *nidífugas*, es decir, que los polluelos abandonan el nido en cuanto nacen y salen del huevo revestidos de plumón; mientras que las aves voladoras son *nidófilas*, o sea, que después de nacer permanecen en el nido durante bastante tiempo: se debe esto a que las primeras ponen huevos grandes, y como el embrión encuentra en éstos gran cantidad de sustancias nutritivas, puede completar su desarrollo antes de romper el huevo; por el contrario, las segundas ponen huevos pequeños, con menor cantidad de sustancias nutritivas, y el nuevo ser nace muy atrasado (con los ojos cerrados, sin plumas, etc.), siendo incapaz de buscarse el ali-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mento y permaneciendo en el nido, donde sus padres le alimentan.

Los ojos, además de los párpados, tienen la *membrana nictitante*, la cual actúa como un tercer párpado que se mueve corriéndose desde el ángulo interno al externo.

El *aparato digestivo* consta de la boca, que se halla prolongada por su parte anterior formando un pico, el que a su vez está recubierto por un estuche córneo, denominado *ranfoteca*. Las aves actuales carecen de dientes; pero algunas fósiles los poseían *(fig. 106)*. La parte terminal es una cloaca en la que desembocan los órganos urinarios y genitales.

División.—Las aves forman una agrupación muy homogénea y natural, cuya división se hace en extremo difícil. Siguiendo a los más autorizados tratadistas, estableceremos dos subclases:

Subclase I. Arqueornítidas o aves arcaicas, todas ellas fósiles, con la cola larga formada, como en un lagarto, por 18 a 20 vértebras: dicha cola posee dos series de plumas rectrices o timoneras; *Subclase Neornítidas* o aves del tipo actual, que comprenden todos los grupos vivientes, además de algunos fósiles. Su cola es corta, por estar formada por un corto número de vértebras, las cuales permanecen libres o pueden soldarse; las últimas se sueldan siempre en un hueso denominado *pigostilo*, *urostilo* u *obispillo*, alrededor del cual se implantan las timoneras.

SUBCLASE I. ARQUEORNÍTIDAS

Se llaman también *Saururas* por su semejanza con los Reptiles. Es un grupo que enlaza los Reptiles con las Aves por medio de los curiosos *Archæóptheryx litográphica* y *Archæornis siemensi (fig. 105)*, fósiles de la Era Secundaria, cuyo tamaño era próximamente el de un cuervo y que poseían caracteres intermedios entre ambos grupos, pues algunos de los dedos de sus extremidades torácicas eran libres y estaban provistos de uñas y las mandíbulas provistas de dientes.

SUBCLASE II. NEORNÍTIDAS

También se llaman *Ornituras*. Las Aves incluídas en esta subclase se dividen en *Rátidas* (del latín *ratis*, barco sin quilla) y *Aquilladas*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

DIVISIÓN I. RÁTIDAS

Son aves no voladoras y que, por consiguiente, no necesitan realizar movimientos violentos con sus alas, por cuya razón su esternón es liso y las bárbulas no tienen barbicelas, por lo que éstas aparecen independientes unas de otras y no ofrecen resistencia al aire. Las rectrices faltan o están distribuídas de un modo irregular. En este grupo se incluyen: las *Estrucioideas*, que son las aves de mayor tamaño de todas las vivientes y que poseen un largo cuello pelado, así como sus patas, que están provistas de *dos dedos:* las especies más conocidas son los *avestruces* de África, pertenecientes al Género *Struthio (fig. 687)*. Las *Réidas*, que se diferencian de las anteriores, con las que tienen extraordinario parecido de forma, por carecer de cola y por tener *tres dedos* en las patas: entre ellas citaremos el *ñandú* o *churí (fig. 688)*, el *ema* y el *petise*, que corresponden a especies pertenecientes al género *Rhea*. Las *Casuarideas* están provistas de tres dedos; las plumas parecen dobles porque el hiporraquis está tan desarrollado como el raquis y está también barbado como él: viven exclusivamente en Australia, siendo los más conocidos los *casuarios*, con una especie de casco córneo en la cabeza *(Casuarius)*. Por último, las *Apterígidas*, en las que sólo se conocen los *kivis* o *avestruces enanos* de Nueva Zelanda *(Apteryx)*



Fig. 687.—*Struthio camélus* o avestruz africano: 2,50 metros.

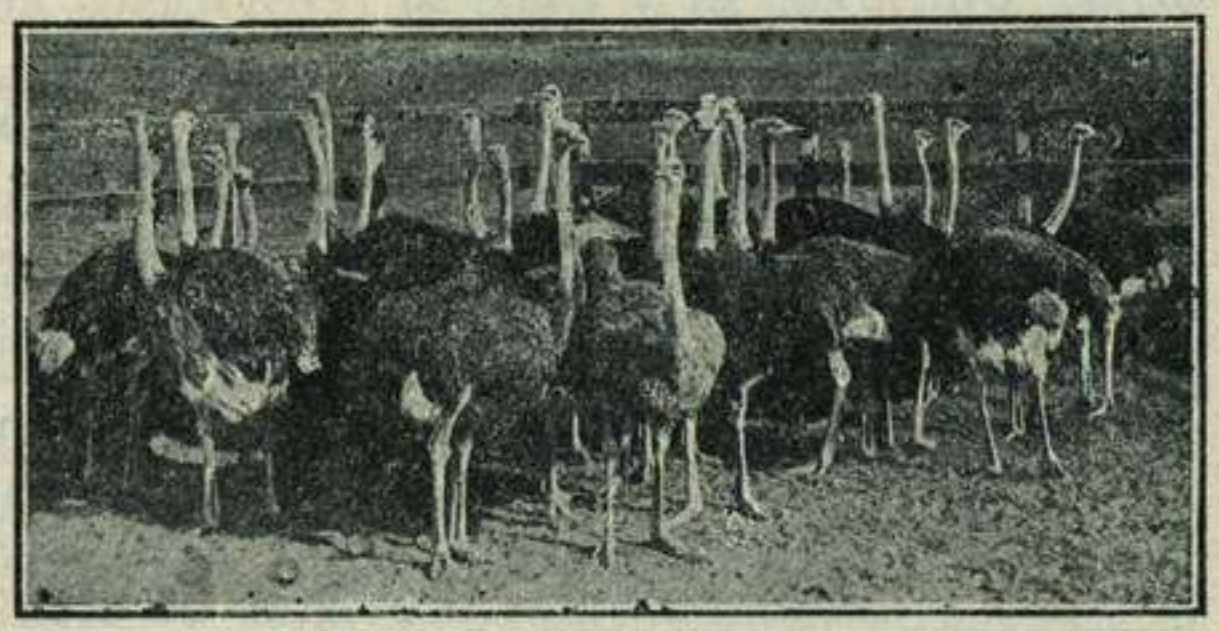


Fig. 688.—Grupo de avestruces de América *(Rhéa rothschildi)*. (Fot. com. por el prof. argentino Dr. C. Acardi).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(fig. 689), que no tienen alas aparentes y las plumas semejan gruesas cerdas con barbas laterales: tienen dedos en las patas.

Entre las Rátidas fósiles son dignas de mención los gigantescos *Æpyornis*, de *Madagascar*, y el *Dinornis giganteus*, de Nueva Zelanda, extinguido en época histórica, quizá reciente, puesto que el recuerdo de ellos se conserva aún entre los indígenas, los cuales le conocen con el nombre de *moa*.

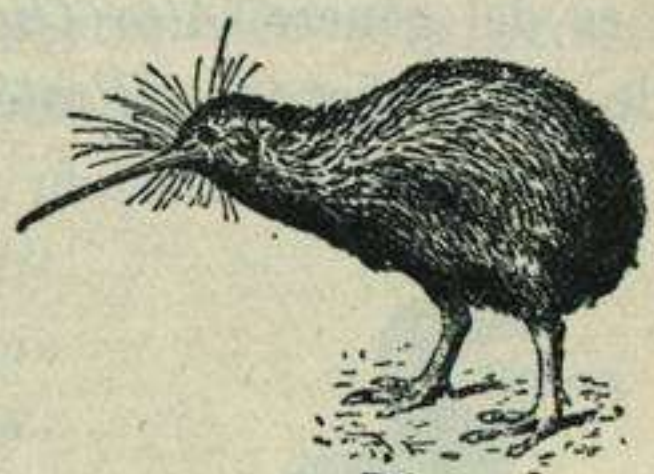


Fig. 689.—*Apteryx* o kivi: 40 centímetros.

DIVISIÓN II. AQUILLADAS

Son Aves voladoras y que sólo excepcionalmente han perdido la facultad del vuelo, por lo que el esternón está provisto en su línea media de una quilla muy saliente y su cola tiene rectrices perfectamente ordenadas y constituídas. Las bárbulas de las plumas están unidas entre sí por barbicelas.

En esta división se incluyen la mayoría de las aves actuales, repartidas en distintos subórdenes, cuyo número y amplitud varía en las clasificaciones de los diferentes autores. Las antiguas divisiones de Zancudas, Palmípedas, Trepadoras, Rapaces, etc., han perdido actualmente su valor por establecerse sobre caracteres de convergencia originados por estar acomodadas al mismo medio o poseer idénticas costumbres.



Fig. 690. — *Pódiceps cristátus* o somormujo: 60 centímetros.

Procuraremos señalar las especies más importantes, incluídas en los Órdenes más generalmente admitidos.

1. Colimbiformes.—En este grupo se conoce el *somormujo (Pódiceps)*, de nuestro país *(fig. 690)*, y los *colimbos (Colymbus)*, de los mares del Norte.

2. Impennes.—Marinas, con sus alas atrofiadas e impropias para el vuelo y cubiertas de plumas en forma de escamas. Los más conocidos son los *pájaros bobos* o *pájaros niños (Aptenodytes patagónica) (fig.681)*, que vive principalmente en los mares de Patagonia, Tierra del Fuego y Antártida, llamados impropiamente *pingüinos*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

3. Alcoideas.—Muy semejantes a los anteriores: corresponden a este grupo los verdaderos *pingüinos* o *pengüinos*, que son diversas especies del género *Alca (fig. 692)*, los *urias (Uria aalge)* y los *frailecillos* de pico aplanado *(Fratércula artica)*.



Fig. 691. — *Aptenodytes patagónica* o pájaro bobo. 70 cms.



Fig. 693.— *Diomedéa éxulans* o albatros: 1,40 metros.



Fig. 692.—*Alca impénnis* o pingüino: 40 centímetros.

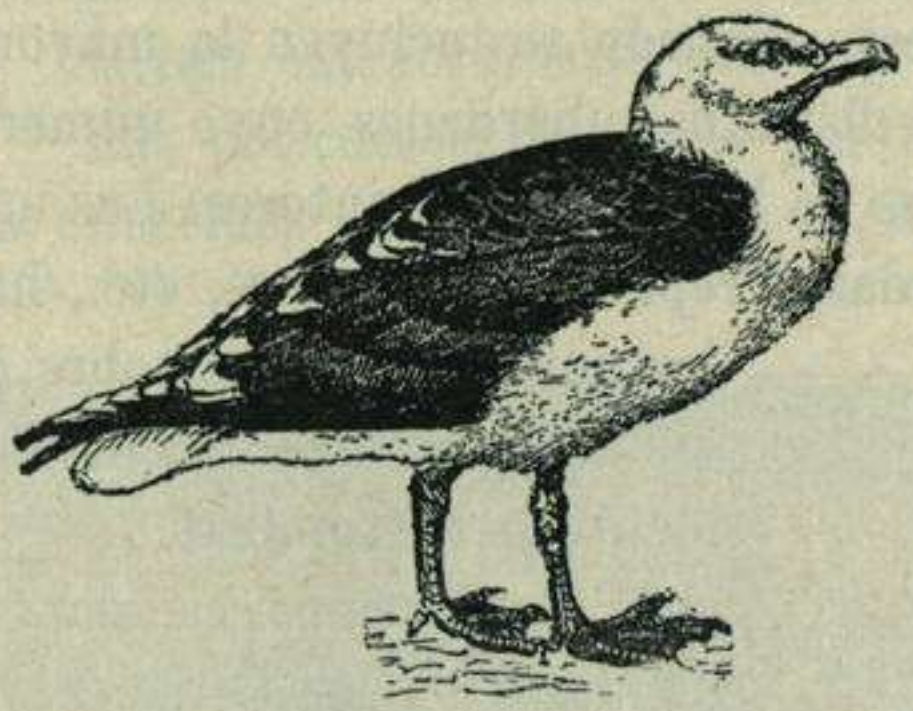


Fig. 694.—*Lárus marínus* o gaviota: 70 cms.

4. Turbinarias o Procelariformes.—Aves marinas muy voladoras, con las fosas nasales prolongadas en forma de tubo. En este grupo están los *albatros (Diomedea exulans) (fig. 693)*, los *petreles (Procellaria)* y las *fardelas (Puffinus)*.

5. Gaviotas.—Parecidas por su forma a las anteriores. En este grupo están las *golondrinas de mar (Sterna)* y las *gaviotas* (diversas especies del género *Larus)*, tan comunes en nuestras costas *(fig. 694)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

6. Totipalmas.—Así llamadas porque la membrana interdigital se extiende entre los cuatro dedos de las extremidades posteriores. En este Orden se incluyen los *pelícanos (Pelecánus onocrótalus) (fig. 695)*, el *cuervo marino (Phalacrócorax cárbo) (figura 696)*, los *alcatraces (Sula)* y el *rabihorcado (Fregata aquila)*.

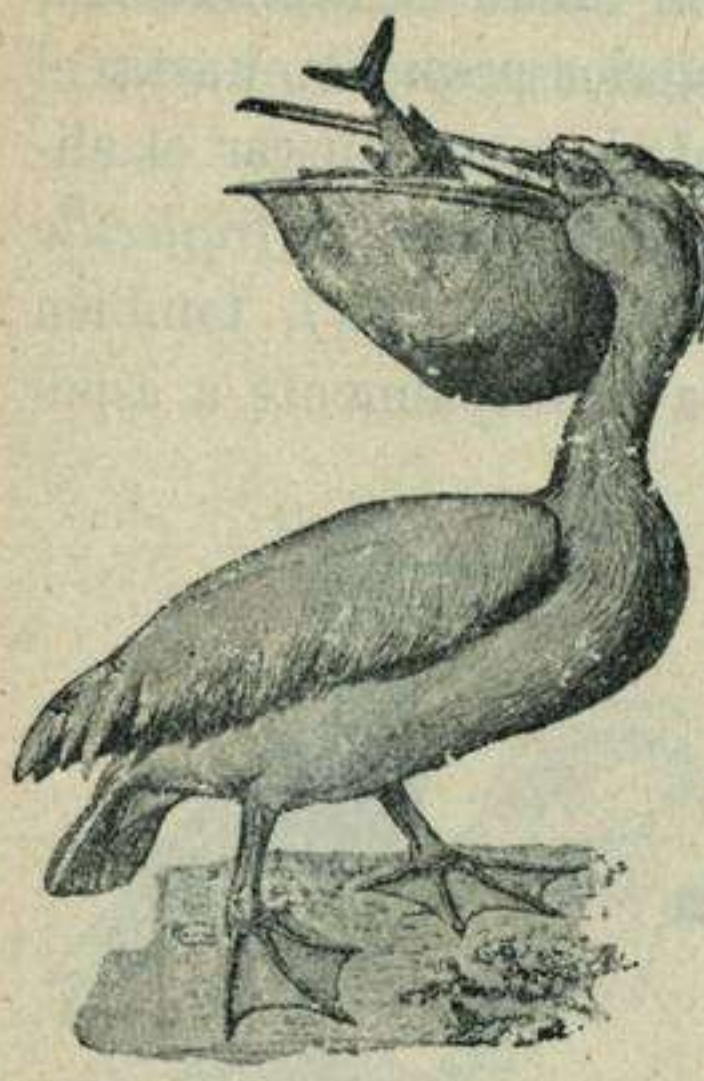


Fig. 695.—*Pelecánus onocrótalus* o pelícano: 1,70 m.



Fig. 696. — *Phalacrócorax cárbo* o cuervo de mar: 80 cms.

7. Anseriformes o Lamelirrostras.—El pico de estas aves está recubierto por una piel muy fina y muy rica en terminaciones nerviosas, presentando en la punta de la mandíbula superior una laminita córnea denominada *uña*. Los bordes del pico ofrecen laminillas córneas transversales que a veces toman el aspecto de pequeños dientes. Comprende este grupo una Familia muy numerosa, las *Anátidas*, cuyas especies son: los *ánades (Anas boschas) (fig. 697)*, de los cuales derivan los patos; los *gansos u ocas (Ánser cinéreus) (fig. 698)* y los *cisnes (Cygnus) (fig. 699)*, de largo cuello.



Fig. 697.—*Anas bóschas* o ánade: 60 centímetros.



Fig. 698. — *Anser cinéreus* o ganso: 90 cms.



Fig. 699.—*Cygnus ólor* o cisne blanco: 1,30 metros.

8. Limícolas.—Son también llamadas *pequeñas zancudas*. Su

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nombre alude a sus costumbres ribereñas, siendo aficionadas a los lugares fangosos, en los que buscan su alimento. De difícil caracterización, diremos que tienen sus tarsos altos, el dedo posterior pequeño, hasta el extremo que a veces falta, y su pico está adaptado para buscar el alimento en el lino. En este grupo merecen citarse el *avefría* o *frailecillo (Vanéllus) (fig. 700);* los *andarríos (Charádrius) (fig. 701)*, también llamados *chorlitos*, si bien este nombre se aplica principalmente a espe-



Fig. 700.—*Vanéllus cristátus* o avefría: 35 cms.



Fig. 701.—*Charádrius hiaticula* o andarríos: 25 cms.



Fig. 702.—*Tolánus calidris* o chorlito: 35 cms.



Fig. 703.—*Numénius arquátus* o zarapito: 75 cms.

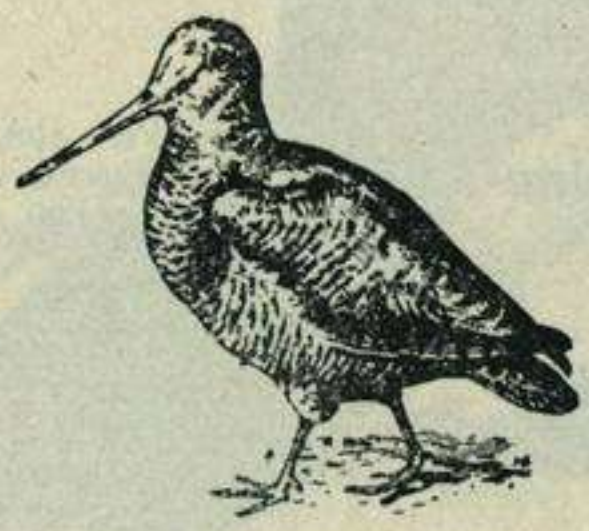


Fig. 704.—*Scolópax* o becada: 30 cms.



Fig. 705.—*Párra jacána* o gallito: 30 cms.

cies del género *Tolánus (fig. 702);* los *zarapitos (Numénius) (fig. 703);* las *chochas*, *becadas*, *sordas*, *agachadizas* o *becasinas (Scolópax) (figura 704)*, que son notables porque su largo pico está recubierto por una membrana muy sensible; el *gallito* o *jacána (Parra jacána) (fig. 705)*, de América, es notable por la gran longitud de sus dedos.

9. Gresoras o andadoras.—Estas aves, con las anteriores, formaban parte del antiguo grupo de las Zancudas. Se caracterizan por

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sus largas patas *(fig. 706)*, provistas de cuatro dedos, de los cuales los tres anteriores están reunidos en su base por una pequeña membrana. Otros caracteres se refieren a su organización interna. Las especies más



Fig. 706.—Cabeza y pata de Zancuda (cigüeña.



Fig. 707.—Grupo de cigüeñas *(Cicónia alba:* 1,15 m.) del Mus. Nac. de Ciencias Naturales. (Fot. comunicada por J. M. Benedito).

conocidas son: las *cigueñas (Cicónia) (fig. 707)*, las *garzas (Árdea) (figura 708)*, los *ibis (Íbis)*, una de cuyas especies *(Threskiórnis religíosa) (figura 709)* era venerada por los egipcios.



Fig. 708. *Árdea cinerea* o garza: un metro.

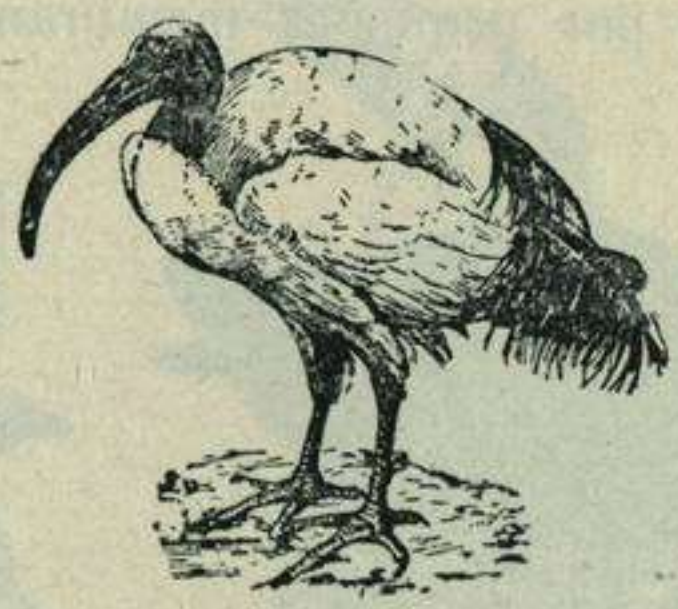


Fig. 709.—*Threskiórnis relioiosa:* 75 cms.

10. Odontoglosas.—Este grupo no comprende más que los *flamencos (Phœnicópterus) (fig. 710)*, con dedos palmeados y patas extraordinariamente largas. Su cuello es de enorme longitud y con un pico bastante robusto: tiene la lengua bastante gruesa, provista en los bordes de papilas córneas que parecen dientes, a lo que alude el nombre del grupo *(odontos*, diente; *glossa*, lengua).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

11. Gruiformes o Alectorideas.—De aspecto muy diferente unas de otras; generalmente tienen el cuello alargado, las patas de

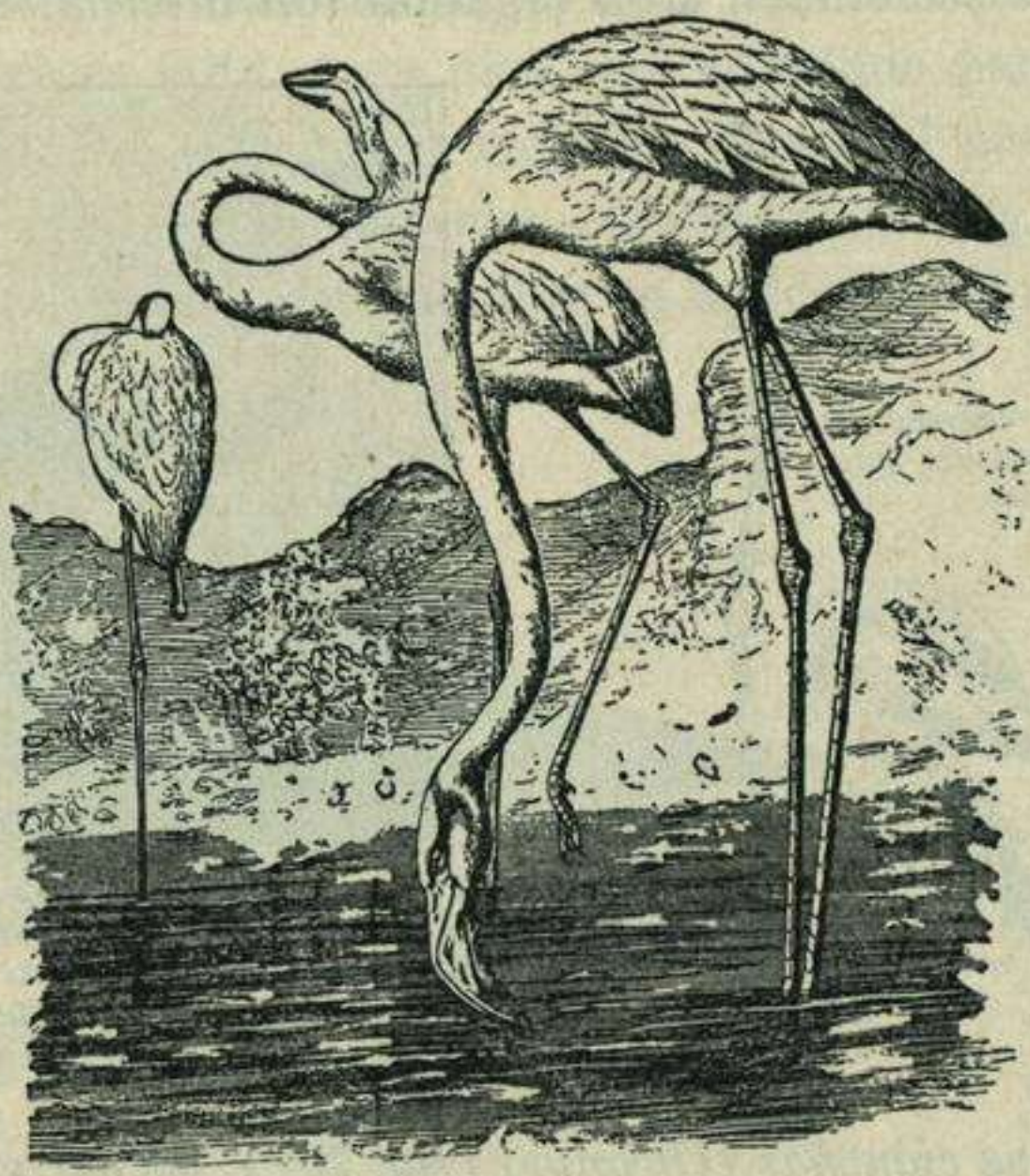


Fig. 710.—Grupo de flamencos *(Phænicópterus róseus)*, una de las más características aves de ribera.

mediana longitud, el pulgar rudimentario y sus dedos anteriores libres o unidos por pequeñas membranas. Las especies más conocidas son:



Fig. 711.—*Fúlica átra* o gallina de agua, con sus dedos provistos de rebordes membranosos.



Fig. 712.—*Gallínula chlóropus* o polla de agua: 35 centímetros.



Fig. 713.—*Grus cinereus* o grulla: 1,45 metros.

la *gallina de agua*, *focha* o *pájaro diablo (Fúlica átra) (fig. 711)*, de Europa y África; la *polla de agua (Gallínula chlóropus) (fig. 712)*, también de Europa, es muy parecida a la anterior; el *guión de las codornices (Crex*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

crex); la *grulla (Grus cinéreus) (fig. 713)*; la *avutarda* o *avetarda (Otis tarda)*, y el *sisón (Otis tetrax)*.

12. Cuculiformes o Cigodáctilas.—Como carácter morfológico del grupo puede citarse el hecho de que tienen dos dedos dirigidos hacia delante y dos hacia atrás *(figura 715)*. Entre sus especies se encuentran los *cucos* o *cuclillos (Cúculus) (fig. 716)*, notables porque las hembras ponen sus huevos en los nidos de otras aves; los *pico-carpinteros*, *pico-barrenos*, *pitos*, etc. *(Picus) (fig. 717)*, que valiéndose de su pico hacen agujeros en los árboles en busca de insectos; el *tuercecuello* o *torcecuello (Yúnx torquilla) (fig. 718)*; el *tucán (Ramphástos tóco) (fig. 719)*, de América, es notable por su enorme pico; el *quetzal (Calúrus resplándens) (fig. 720)* es una de las más bellas americanas. Aquí se incluyen las antiguas *Prensoras* o *Psitáceas*, que poseen la lengua gruesa y car-



Fig. 714. Fig. 715.
Cabeza y dedos de trepadora *(Picus)*.



Fig. 716.—*Cúculus canórus* o cuclillo: 37 centímetros.



Fig. 717.—*Picus májor* o pico-carpintero: 24 cms.



Fig. 718.
Yúnx torquilla o tuercecuello: 19 cms.



Fig. 719.—*Ramphástos tóco* o tucán: 50 cms.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nosa, merced a lo cual tienen cierta facilidad para poder articular palabras, después de un largo aprendizaje. Comprende los *loros* (género *Psittácus* y otros), las *cotorras (Conúrus*, etc.) *(fig. 721)*, de menor tamaño; los *papagayos* o *guacamayos* (género *Ára) (fig. 722)*, que



Fig. 720. *Calúrus respléndens* o quetzal: 70 centímetros.



Fig. 721.—*Conúrus lúieus* o cotorra: 40 cms.



Fig. 722. *Aramácao* o papagayo: 68 cms.



Fig. 723.—*Cacatúa sulfúrea:* 45 cms.

son los de mayor tamaño y poseen larga cola; las *cacatúas (Cacatúa) (figura 723)*, con un penacho de plumas, etc.

13. Coraciformes.—Este grupo es muy heterogéneo y comprende una porción de especies cuyas analogías se basan en caracteres anatómicos, en los que no podemos entrar. Entre las especies que aquí se incluyen citaremos la *carraca (Caracias garrula)*, de bellos colores azules; la *abubilla* o *bubulilla (Úpupa épops) (fig. 724)*, el *martín pescador (Alcédo hís-*



Fig. 724.—*Úpupa épops* o abubilla: 28 centímetros.



Fig. 725.—*Alcédo hispida* o martín pescador: 18 cms.



Fig. 726.—*Mérops apiáster* o abejaruco 26 centímetros.

pida) (fig. 725), que se alimenta de peces, y el *abejaruco (Mérops apiáster) (figs. 726* y *727)*, que se alimenta de abejas y de avispas: am-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bas son de bellos colores; los *vencejos* o *aviones (Cypselus)*, con los cuatro dedos dirigidos hacia adelante; la *salangana (Collocália) (fig. 728)*, de



Fig. 727.—Grupo biológico de abejarucos *(Mérops apiáster)* del Museo Nacional de Ciencias Naturales, ideado y ejecutado por J. M. Benedito (Fot. comunicada por el prof. Dr. C. Bolívar Pieltain).

Asia, cuyos nidos, hechos con su saliva y algas, son comestibles y muy apreciados; los *chotacabras* o *engañapastores (Caprimúlgus* y otros géneros) *(fig. 729)*; los *colibríes* o *pájaros mosca*, también llamados *zumbadores*, *picaflores*, etc. *(fig. 730)*, de América, notables por su pequeño tamaño y sus colores metálicos. Algunos ornitólogos incluyen en este grupo todas las *Rapaces nocturnas* o *Estrígidas*, como la *lechuza* o *zumaya (Strix*

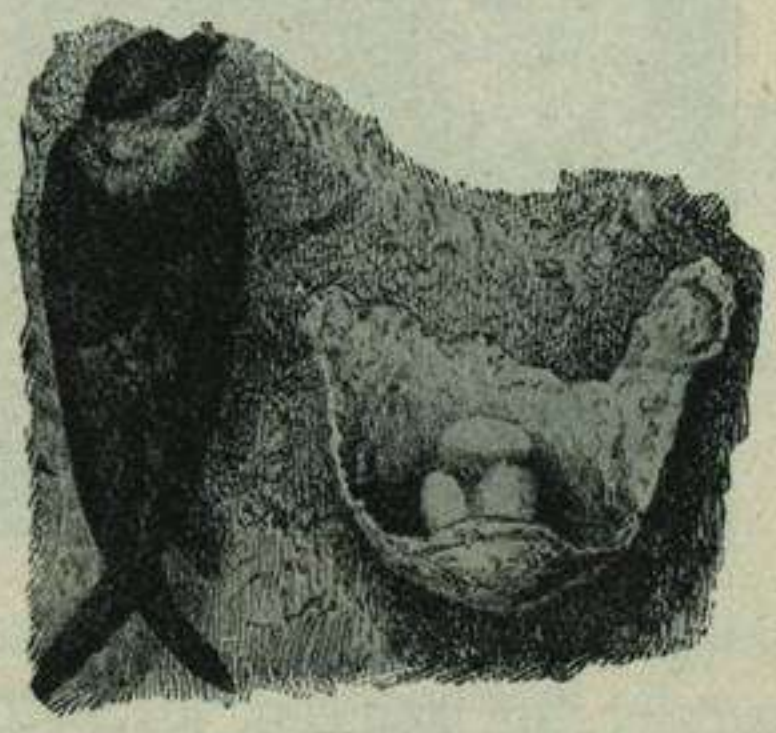


Fig. 728.—*Collocalia esculenta* o salangana: (14 centímetros) y su nido.



Fig. 729.—*Caprimúlgus europœus* o chotacabras: 20 cms.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

flámmea) (fig. 731); el *mochuelo (Ótus vulgáris) (fig. 732);* el *buharro, corneja* o *pequeño duque (Ephiáltes scops);* el *buho* o *gran duque (Búbo*



Fig. 730. — Colibrí *(Lophórnis ornáta):* 5 cms.



Fig. 731. — *Strix flámmea* o lechuza: 38 centímetros.



Fig. 732. — *Ótus vulgaris* o mochuelo: 35 cms.



Fig. 733. — *Ephiáltes scops* o corneja: 20 centímetros.

máximus) (fig. 734), y el *tecolote (Bubo virginianus) (fig. 735)*, que es especie de América: estos tres últimos tienen penachos de plumas a los lados de la cabeza.

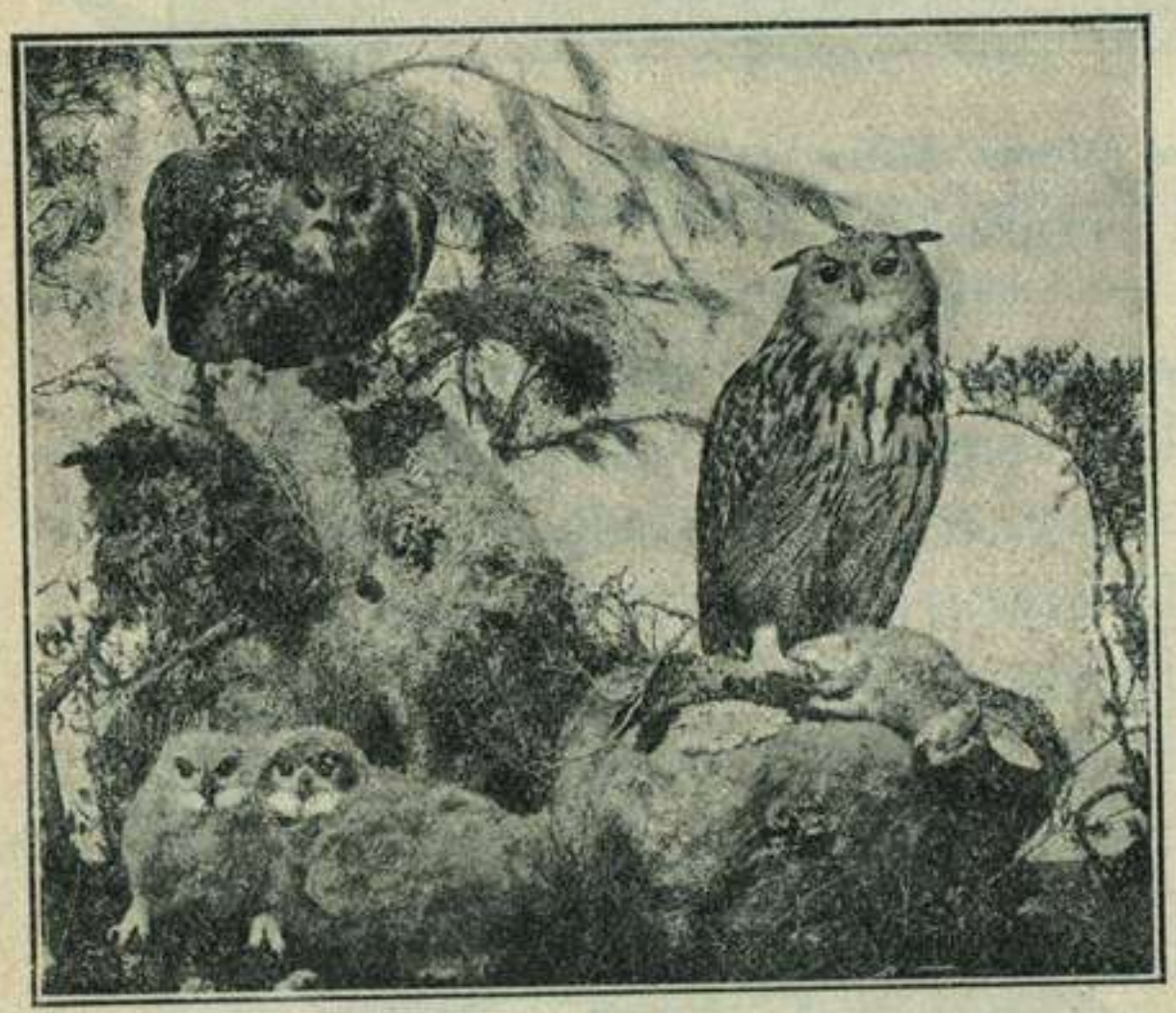


Fig. 734.—Grupo biológico de buhos (65 cms.) del Museo Nacional de Ciencias Naturales, ideado por J. M. Benedito. (Fot. com. por el prof. Dr. C. Bolivar Pieltain.)



Fig. 735. — Tecolotes o *Buho virginiánus* ♂ y ♀: 50 centímetros. (Fot. comunicada por el profesor mejicano D. Carlos López).

14. Falconiformes, Rapaces o aves de rapiña.—Son Aves de pico corvo, de bordes cortantes; con garras encorvadas y poderosas. La base del pico tiene una parte desprovista de plumas, que se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

denomina *cera*. Son aves carnívoras por excelencia. Merecen citarse las *águilas (Áquila) (fig. 736)*; las *arpías (Harpya) (fig. 737)* semejantes a las



Fig. 736.—Águila real *(Aquila fulva)*: 1.10 m.



Fig. 737.—*Harpya férox*: 1 m. (Fot. comunicada por el profesor mejicano Dr. Carlos López).

águilas, que habitan desde América del Sur hasta el sur de Méjico; los *gavilanes (Accípiter nísus*, etc.) *(fig. 738)*; el *halcón (Fálco commúnis*, etc.) *(fig. 739)*; el azor *(Ástur palumbárius) (fig. 740)*; estos dos últimos se usaron en cetrería; el *quebrantahuesos (Gypáëtus barbátus) (fig. 741)*, que posee un mechón de vibrisas en la mandíbula inferior y que suele despeñar sus presas de gran tamaño (ovejas, etc.); los *buitres (Vúltur*, etcétera*) (fig. 742)*, cuya cabeza y cuello son desnudos y tienen un collar de plumas finas en la base de éste; el *cóndor* o *gran buitre de los Andes*



Fig. 738.—*Accipiter nisus* o gavilán: 35 cms.



Fig. 739. — *Fálco communis* o halcón: 50 centímetros.



Fig. 740. — *Ástur palumbárius* o azor: 60 centímetros. (*)

(*) Figuras 739 y 740.—Tomadas de la obra del Excmo. Sr. Duque de Medinaceli, *Las Aves de Rapiña y su caza*. Ilustraciones de A. Cabrera.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(Sarcorhámphus gryphus) (fig. 743), que es la mayor de todas las aves voladoras.



Fig. 741.—*Gypáëtus barbátus* o quebrantahuesos: 1,20 m.



Fig. 742.—Buitre leonado *(Gips fulvus)*: un metro.



Fig. 743.—*Sarcorhámphus gryphus* o cóndor: 1,20 m.

15. Palomas o Colombáccas.—Se caracterizan porque su pico es algo abultado y córneo cerca de la punta *(fig. 744)* y en la base está cubierto por una piel suave que envuelve las fosas nasales, y porque sus tres dedos anteriores carecen de membranas *(fig. 745)* y el posterior toca al suelo. Comprende las numerosas variedades de *palomas domésticas*, que derivan de la *paloma montés (Colúmba lívia) (fig. 746)*, entre las cuales se encuentra la *paloma correo* o *mensajera (C. tabellária)*, que



Fig. 744.



Fig. 745.
Cabeza y pata de una paloma *(Colúmba torquátus)*.



Fig. 746.—*Colúmba lívia* o paloma montés: 36 centímetros.



Fig. 747.
Streptopelia túrtur o tórtola: 30 cms.

se utiliza por su notable facilidad para orientarse y volver al palomar cuando se la lleva lejos de éste; la *paloma torcaz* o *de collar (C. palúmbus* o *torquátus) (figs. 744* y *745)*; las *tórtolas (Streptopelia túrtur) (fig. 747)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

16. Galliformes o Gallináccas.—Se caracterizan por su pico corto, fuerte y un poco encorvado en la punta *(fig. 748)* y por sus patas, muy aptas para correr, cortas, provistas de tres dedos dirigidos hacia delante y unidos en la base por una pequeña membrana; el cuarto dedo está dirigido hacia atrás y no toca el suelo *(fig. 749)*. Tienen el cuerpo pesado, por lo que su vuelo es muy corto. Todas son nidífugas y generalmente poseen un dimorfismo sexual muy acentuado. Comprende especies muy conocidas, como las *gallinas (Gállus gallináceus)*, que proceden del *Gallus Bankiva*, el cual vive en estado salvaje en los bosques de la India; los *faisanes (Phasiánus) (fig. 750);* las *perdices (Pérdix* y *Alectoris, fig. 751);* la *codorniz (Cotúrnix coturnis) (fig. 752)*, de corto vuelo y emigrante; el *gallo silvestre, gallo de matorral* o *urogallo (Tétrao) (figura 753);* el *pavo (Meleágris gallopavo)*, originario de América del Norte, en alguno de cuyos países les llaman también *chumpines, guanajos* y *guajalotes;* el *pavo real (Pavo cristátus)*, etc.



Fig. 748. Cabeza (748) y pata (749) de Gallinácea (perdiz).

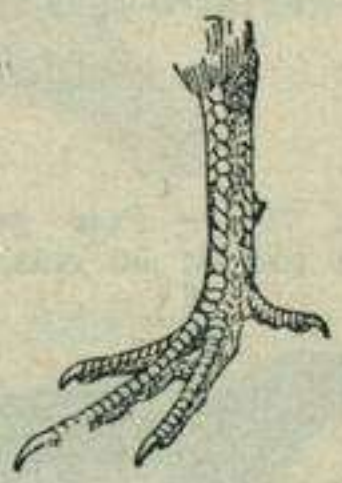


Fig. 749.



Fig. 750.—*Phasiánus commúnis* ♂ o faisán común: 90 cms.

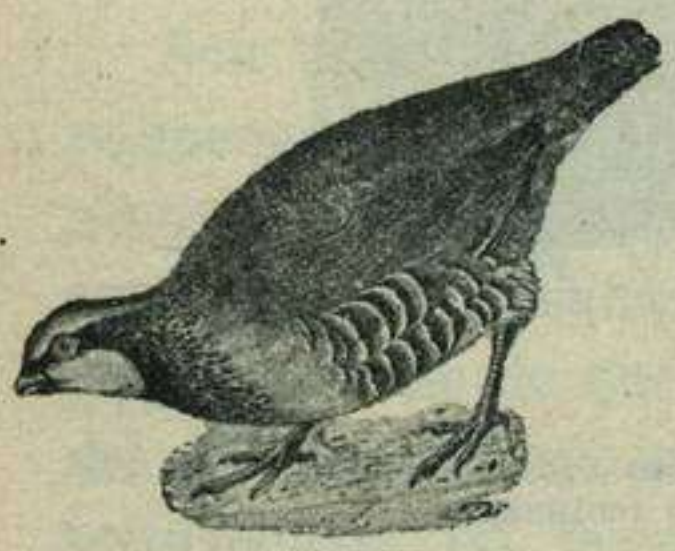


Fig. 751.—*Alectoris rufa* o perdiz: 30 cms.



Fig. 752.—*Cótur-nix* o codorniz: 20 centímetros.

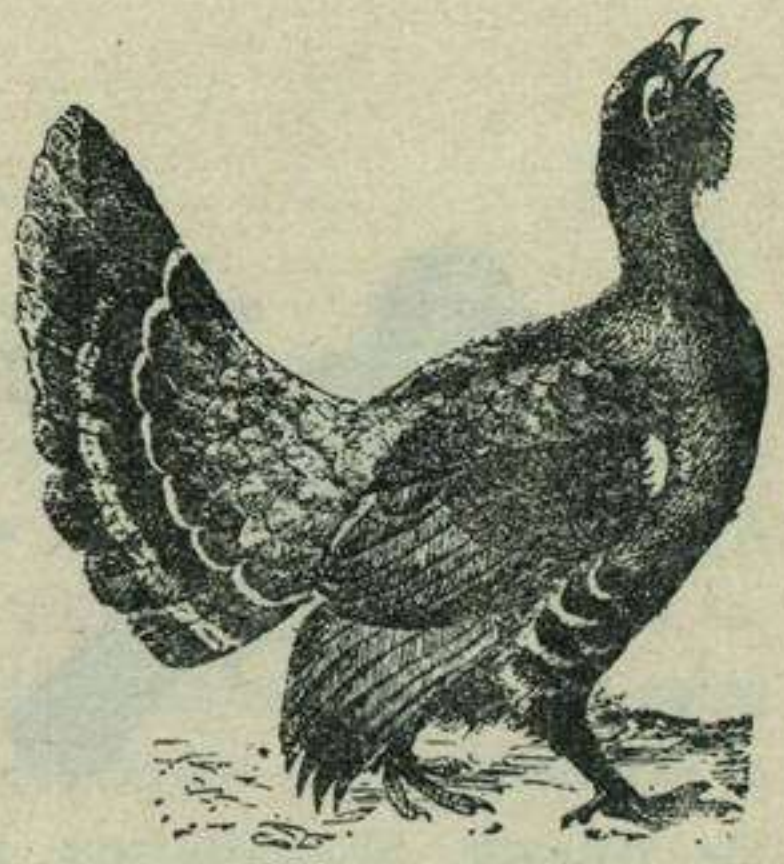


Fig. 753.—*Tétrao urogállus* ♂ o gallo de matorral: 80 cms.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

17. Pasceriformes o Pájaros.—Es el grupo quizá más numeroso de las Aves, y en él se incluyen especies muy heterogéneas en cuanto a sus caracteres. Realmente se estudian aquí las aves que no pueden ser incluídas en los grupos restantes. Entre sus especies más conocidas se encuentran el *gorrión (Pásser doméstícus)*, el *jilguero (Fringílla carduélis)*, el *canario (Pyrrhula canária)*, la *alondra* o *terreriza (Aláuda arvénsis) (fig. 754)*, la *calandria (A. calándra)*, la *cogujada (A. cristáta)*, ésta provista de un moño de plumas; el *cardenal (Paroária cucullata)*, especie americana que se halla frecuentemente enjaulada; los *cuervos* y *cornejas (Córvus)*, la *picaza*, *urraca* o *marica (Pica pica) (figura 755)*, el bonito *arrendajo (Gárrulus glandárius) (fig. 756)*; el *ave del paraíso (Paradísea ápoda) (fig. 757)*, de Nueva Guinea y Molucas;



Fig. 754.—*Aláuda arvensis* o alondra: 18 cms.



Fig. 755. — *Pica pica* o picaza: 50 cms.



Fig. 756. *Gárrulus glandárius* o arrendajo: 30 cms.



Fig. 757.—*Paradisea ápoda* o ave del paraíso: 35 centímetros.

la *oropéndola (Oríolus gálbula) (fig. 758)*; la *rabera*, *rabilarga*, *rabocandil*, *pisondera*, *señorita*, *nevatilla*, *lavandera*, *corretona*, etc. *(Motacílla álba) (figura 759)*; el *estornino (Stúrnus) (fig. 760)*, etc., etc., son insectívoros

Instituto San Isidro de Madrid 2008

y muy comunes; finalmente, el *ruiseñor (Luscínia luscínia)*, de Europa, cuyo canto es muy apreciado, así como el del *sinsonte (Mímus polyglót-*



Fig. 758.—*Oríolus válbula* u oropéndola: 27 cms.



Fig. 759. — *Motacilla álba* o rabera: 20 centímetros.

tus) (fig. 761), de América, y los *tordos* y *mirlos* o *miruellos (Túrdus) (figura 762)*: son especies muy voladoras y emigrantes; las *golondrinas (Hirúndo rústica* y *úrbica)*.



Fig. 760. — *Stúrnus vulgáris* o estornino: 25 cms.



Fig. 761.—*Mimus polyglóttus* o sinsonte: 26 cms.



Fig. 762.—Mirlo *(Túrdus mérula)*: 27 cms.

CLASE MAMÍFEROS

Son Vertebrados terrestres o acuáticos; pero siempre con respiración pulmonar. El cuerpo se halla cubierto de *pelos* que en algunos son escasísimos (ballena, etc.), pero nunca faltan. Las hembras de todos ellos poseen *mamas* o *glándulas mamarias*, es decir, glándulas encargadas de segregar la leche de que se alimentan los recién nacidos, los cuales salen del claustro materno sin poderse valer por sí propios para procurarse la subsistencia; las mamas, situadas siempre ventralmente, pueden ser *pectorales*, como en los monos, etc.; *abdominales*, como en los perros, etcétera, e *inguinales*, que son las abdominales, situadas tan cerca de las patas posteriores que parecen salir de las ingles, como en las vacas, etc.

Además de los *pelos*, existen otras producciones epidérmicas de aná-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

logo origen, como las *uñas*, las *pezuñas*, las *espinas* de los erizos, etc., y las *escamas* de los pangolines y de la cola de los castores.

El *cráneo* se articula con la columna vertebral mediante *dos* cóndilos occipitales. La *columna vertebral* comprende cinco regiones: la *cervical*, casi constantemente con siete vértebras; la *dorsal*, que lleva las costillas; la *lumbar*, la *sacra* y la *caudal:* ésta es la más variable, pues hallándose reducida en algunos (hombres y algunos monos) a tres vértebras, consta en otros de un número considerable (hasta 47) y forma una larga cola.

Poseen cuatro extremidades con huesos bien desarrollados, excepto las ballenas y algunos otros que carecen de las posteriores; la clavícula falta en numerosos Mamíferos; el hueso coracoides se halla ordinariamente soldado al omoplato y formando una apófisis de éste.

El *sistema nervioso* ofrece dos inflexiones, por lo que no conserva la disposición lineal, y los hemisferios cerebrales poseen generalmente depresiones o *anfractuosidades* y salientes o *circunvoluciones*, cuyo número y profundidad son tanto mayores cuanto más inteligentes son las especies.

Casi todos los Mamíferos tienen dos denticiones: la primera, denominada de *leche*, es transitoria y cae para dejar lugar a la segunda, que es la definitiva. El número, forma y disposición de los dientes varía bastante de unos Mamíferos a otros, pero son siempre análogos en la misma especie, por lo cual es un carácter de mucha importancia en la clasificación. La mayor parte poseen tres clases de dientes denominados, según su forma *(figura 763): incisivos (I)*, cuando tienen su corona tallada en bisel y a propósito para *cortar* los alimentos (lat. *incidere*, cortar); *caninos (C)*, cuando su corona es puntiaguda y a propósito para *desgarrar* los alimentos (lat. *canis*, perro), y *molares* o *muelas (P, M)*, cuando es ancha y aplastada y se halla provista de tubérculos obtusos destinados a *triturar* los alimentos (lat. *mola*, muela de molino). Los Mamíferos que poseen estas tres clases de dientes, se dice que tienen *dentición completa*, y los que carecen de alguna de ellas se denominan de *dentición incompleta*. La forma de los tubérculos de la corona de los molares no es igual en todos los

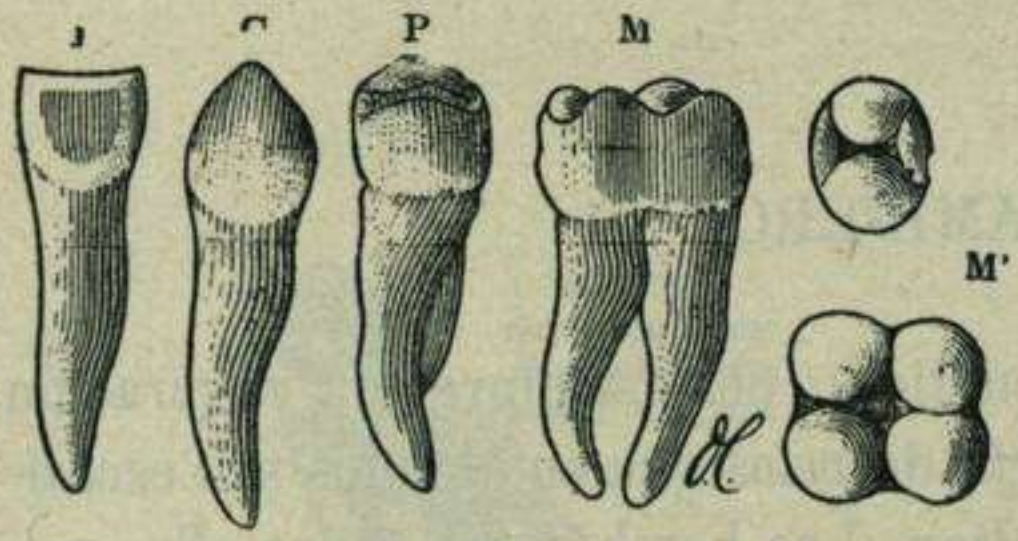


Fig. 763.— Dientes humanos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

grupos, sino que está en consonancia con el régimen alimenticio del animal. La clase y número de dientes se expresan por medio de la llamada *fórmula dentaria*, que consiste en una serie de tantas fracciones como clases de dientes hay, a cada una de las cuales precede la inicial de los dientes y en las que el numerador representa los dientes de la mandíbula superior y el denominador los de la inferior: el hombre adulto, por ejemplo, posee 32 dientes, distribuídos de la siguiente manera: I o $i = \frac{4}{4}$; C o $c = \frac{2}{2}$; M o $m = \frac{10}{10}$; pero como cada mitad de la mandíbula es simétrica con relación a la otra, se suele representar sólo la mitad de la fórmula, que expresa, por consiguiente, la mitad de los dientes de ambas mandíbulas; en los molares suele hacerse la distinción entre los primeros molares o *premolares (pm)* y los últimos molares o molares verdaderos *(m)*.

La boca está limitada anteriormente por los *labios*, que desempeñan importante papel en la prehensión de los alimentos, y se halla separada de la faringe por el *velo del paladar*, exclusivo de los Mamíferos. En algunos existe aún la cloaca.

El *aparato circulatorio* posee un corazón con cuatro cavidades, y la aorta forma el cayado aórtico hacia la izquierda. La *temperatura* es *constante*. Los *pulmones*, u órganos esenciales del *aparato respiratorio*, se hallan alojados en la cavidad torácica, que está separada de la abdominal por un músculo abovedado denominado *diafragma*, exclusivo de los Mamíferos, el cual interviene activamente en la respiración. El *aparato excretor* está formado por los *riñones*, que generalmente tienen forma de judía y vierten la orina por medio de los *uréteres* en la *vejiga de la orina*, de donde sale al exterior (y más raramente a la cloaca) por la *uretra*.

La mayor parte de los Mamíferos son *vivíparos* y el embrión está unido a la pared del útero o matriz de la madre por medio de un cordón que, partiendo del ombligo del embrión, termina en un órgano denominado *placenta*, que se halla adherido a la matriz; ambos órganos sirven para poner en comunicación las sustancias nutritivas que circulan por la madre con el cuerpo del embrión.

División.—Comprende dos grupos: los *Prototerios* u *Ornitodelfos*, al que corresponde un pequeño número de Mamíferos *ovíparos*, y los Mamíferos *vivíparos* o *Terios*, en el que se incluyen todos los demás. Éstos, a su vez, se subdividen en otros dos llamados *Metaterios* o *Aplacentarios* y

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Euterios o *Placentarios*, según carezcan de placenta o la posean. Quedan así, por tanto, divididos los Mamíferos en tres *subclases*, que de ordinario se denominan, respectivamente: *Proterios* u *Ornitodelfos*, *Metaterios* y *Euterios*.

SUBCLASE PROTERIOS U ORNITODELFOS

Este segundo nombre alude a que poseen cloaca como las Aves (griego *ornithos*, ave; *delphys*, matriz). Comprende esta Subclase un solo *Orden*, que se denomina *Monotremas*, porque los animales que le forman no tienen más que un orificio, el de la cloaca, para la salida al exterior de las heces fecales, y los productos genitales y urinarios (gr. *monos*, único; *trema*, orificio). Son los Mamíferos más inferiores y están caracterizados por ser *ovíparos* y por no poseer mamas, sino sencillamente glándulas mamarias aisladas. Tienen dos *huesos marsupiales* articulados con el pubis y análogos a los que existen en la subclase siguiente. Sus mandíbulas *carecen de dientes* y son alargadas, formando a la manera de un *pico*.

Se consideran como los Mamíferos más primitivos. Comprende dos especies principales: el *ornitorrinco (Ornithorhynchus paradóxus) (figura 337)*, que es acuático y posee pies palmedos; su pico es aplanado y revestido por una piel flexible. El *Equídna hystrix (fig. 243)* parece un erizo y es terrestre y cavador. Ambos viven en Australia e islas próximas.

SUBCLASE METATERIOS O DIDELFOS

Las hembras poseen en el abdomen una bolsa denominada *marsupio* o *marsupium* (lat. *marsupium*, bolsa), a lo que alude el nombre de *Marsupiales* con que se conoce el único *Orden* que comprende la Subclase. En el marsupio se hallan las mamas y en él son colocados los hijuelos en cuanto salen del útero, ya que éstos nacen en un estado de desarrollo muy atrasado y les perjudicarían las variaciones del medio ambiente. Poseen dos huesos largos unidos a la pelvis y dirigidos hacia adelante, que se han denominado *huesos epipúbicos marsupiales* por haberse creído erróneamente que servían para sostener el marsupio.

Comprende bastantes especies, propias exclusivamente de Australia e islas próximas y algunas de América, principalmente la intertropical:

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sus restos fósiles datan de la Era Secundaria (*). Las especies principales son: el *canguro (Mácropus gigantéus) (fig. 328)*, de Australia, que es herbívoro y cuyas patas posteriores y cola son largas y fuertes y les sirven para marchar a grandes saltos; el *Dasyúrus viverrínus (figura 764)*, de Van Diemen, etc., es carnívoro, y las *zarigüeyas* (llamadas *comadrejas* en Argentina) *(Didélphys) (fig. 765)* con cola prensil y que son americanas.

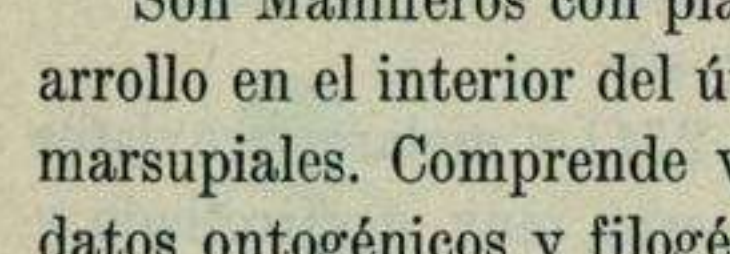


Fig. 764.—*Dasyúrus viverrínus:* 70 centímetros.

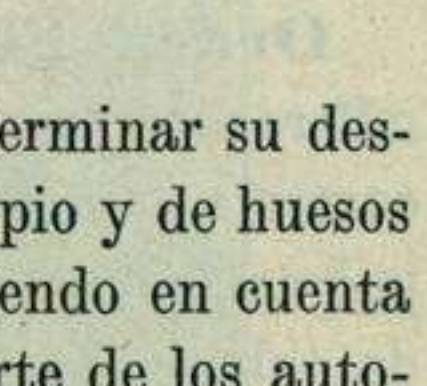


Fig. 765.—*Didelphys virginiana* o zarigüeya: 70 centímetros

SUBCLASE EUTERIOS O MONODELFOS

Son Mamíferos con placenta y pueden, por lo tanto, terminar su desarrollo en el interior del útero materno. Carecen de masurpio y de huesos marsupiales. Comprende varios *Órdenes*, que hoy, y teniendo en cuenta datos ontogénicos y filogénicos, los estudian la mayor parte de los autores en el siguiente orden: *Insectívoros*, *Quirópteros*, *Primates*, *Carnívoros*, *Roedores*, *Perisodáctilos*, *Artiodáctilos*, *Proboscidios*, *Sirenios*, *Cetáceos* y *Desdentados*. Sin embargo, en esta obra se estudiarán los últimos los Primates, con objeto de enlazar su estudio con las nociones de Antropología con que la misma termina.

Orden Insectívoros.—Se caracterizan por ser terrestres: *unguiculados*, es decir, con patas provistas de uñas (lat. *unguis*, uña); generalmente con cuatro o cinco dedos en sus extremidades y con el pulgar no oponible a los restantes. Tienen dentición completa y poseen molares provistos de tubérculos agudos *(fig. 766)*, a propósito para romper el exosqueleto quitinoso de los insectos, de los que principalmente se alimentan. Son los Mamíferos de menor tamaño y son todos nocturnos. Entre ellos se encuentran el *erizo (Erináceus europœus) (fig. 246)*; el



Fig. 766.—Cráneo de un Insectívoro (topo) (s. Cabrera).

(*) Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª ed., pág. 205, y *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero, pág. 503

Instituto San Isidro de Madrid 2008

topo (Talpa europœa) (fig. 338), cuyos ojos son muy pequeños y sus patas anteriores son cavadoras, y las *musarañas (Sórex, Crocidura* y otros) *(figura 767)*, etc.



Fig. 767.—*Sórex* o musaraña: 12 cms.

Orden Quirópteros.—Son Mamíferos cuyas extremidades torácicas están conformadas para el vuelo: a este efecto los cuatro últimos dedos se prolongan mucho y entre ellos se extiende una membrana, que abarca también las extremidades posteriores y la cola. Vulgarmente se llaman *murciélagos*, y entre sus especies principales se encuentran: el *Pipistréllus pipistréllus*, que es de los más frecuentes en las ciudades; el *orejudo (Plecótus aurítus) (fig. 768);* el *vampiro* o *mordedor (Desmodus rotundus)* y *el falso vampiro (Vampyrus spéctrum) (fig. 329)*, de América.



Fig. 768.—*Plecótus auritus* u orejudo: nueve centímetros; envergadura, 24 centímetros.

Orden Fieras o Carnívoros.—Son Mamíferos terrestres o acuáticos, unguiculados, con cuatro o cinco dedos en las extremidades y sin pulgar oponible; poseen caninos robustos *(fig. 234)* y molares provistos de tubérculos cortantes, sobre todo uno que está muy desarrollado y recibe el nombre de *molar carnicero (fig. 234)*.

Se dividen en dos *subórdenes:* los *Fisípedos*, que son terrestres y con sus extremidades normales, es decir, no diferenciadas en aletas, y los *Pinípedos*, que son acuáticos, con sus extremidades transformadas en aletas.

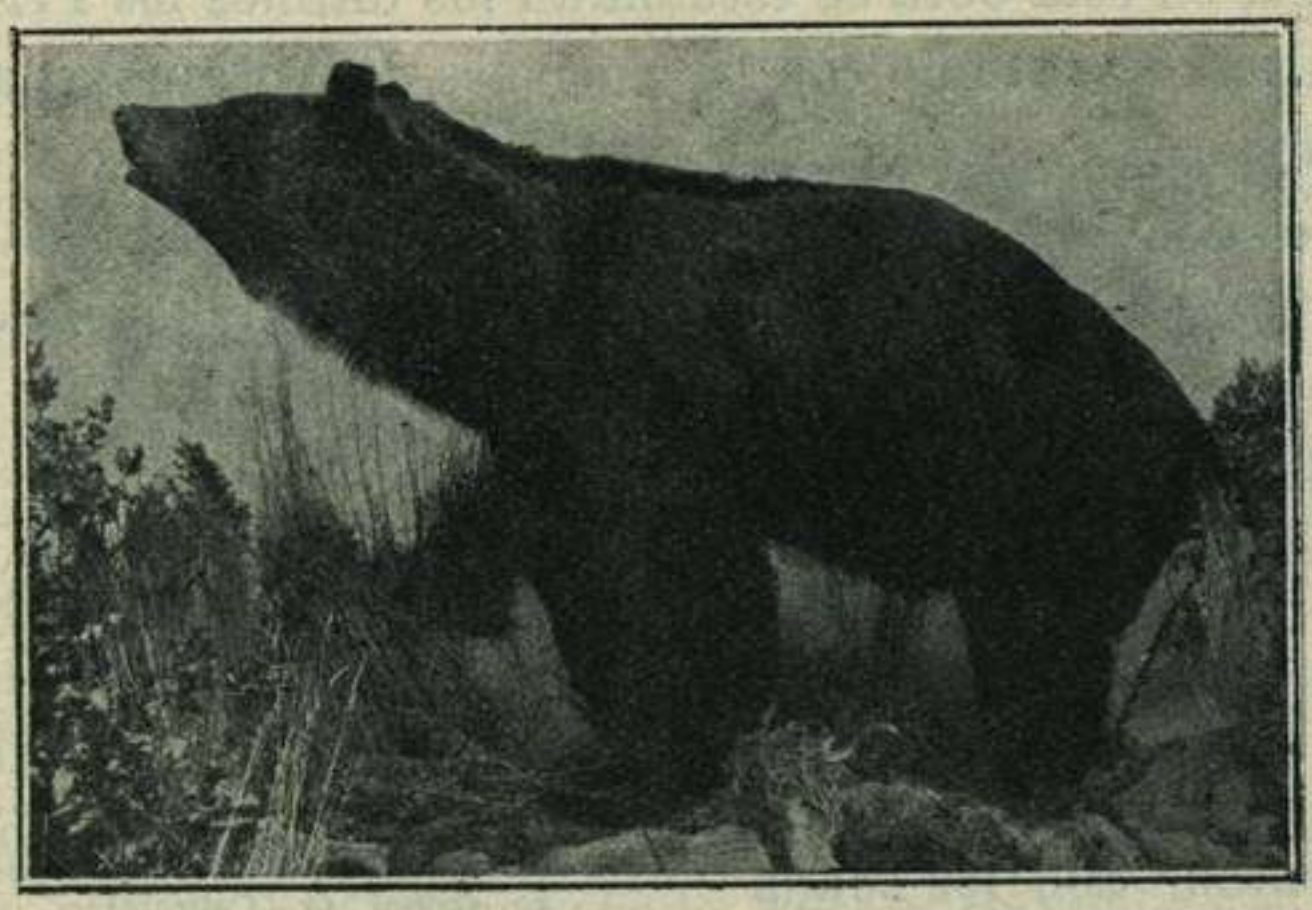


Fig. 769.—Oso pardo *(Úrsus árctos:* 1,60 m.: altura a la cruz: 93 cms.) del Museo Nacional de Ciencias Naturales. (Fot. com. por J. M. Benedito de un ejemplar naturalizado por el mismo.)

Suborden Fisípedos.--Comprende numerosas especies muy conocidas, como el *oso común* o *pardo (Úrsus árctos) (figura 769)*, una raza del cual *(pyrenáicus)* vive en el Norte de España; el *oso blanco* o *polar*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(Thalarctos maritimus) (fig. 770). Entre las *Mustélidas*, las especies más conocidas son: la *marta (Mártes mártes) (fig. 771)*, de piel



Fig 770. — *Thalarctos maritimus* u osó blanco: 2,50 m.; altura, 1,20 m.



Fig. 771. — *Mártes mártes* o marta: 65 cm.

muy apreciada; la *garduña, fuína* o *rámila (Mártes foína) (fig. 772);* el *turón (Putórius putórius) (fig. 773);* la *comadreja* o *villería*

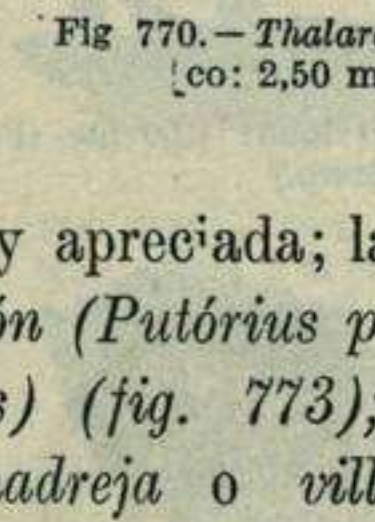


Fig. 772. — *Mártes foina* o garduña: 45 cms.

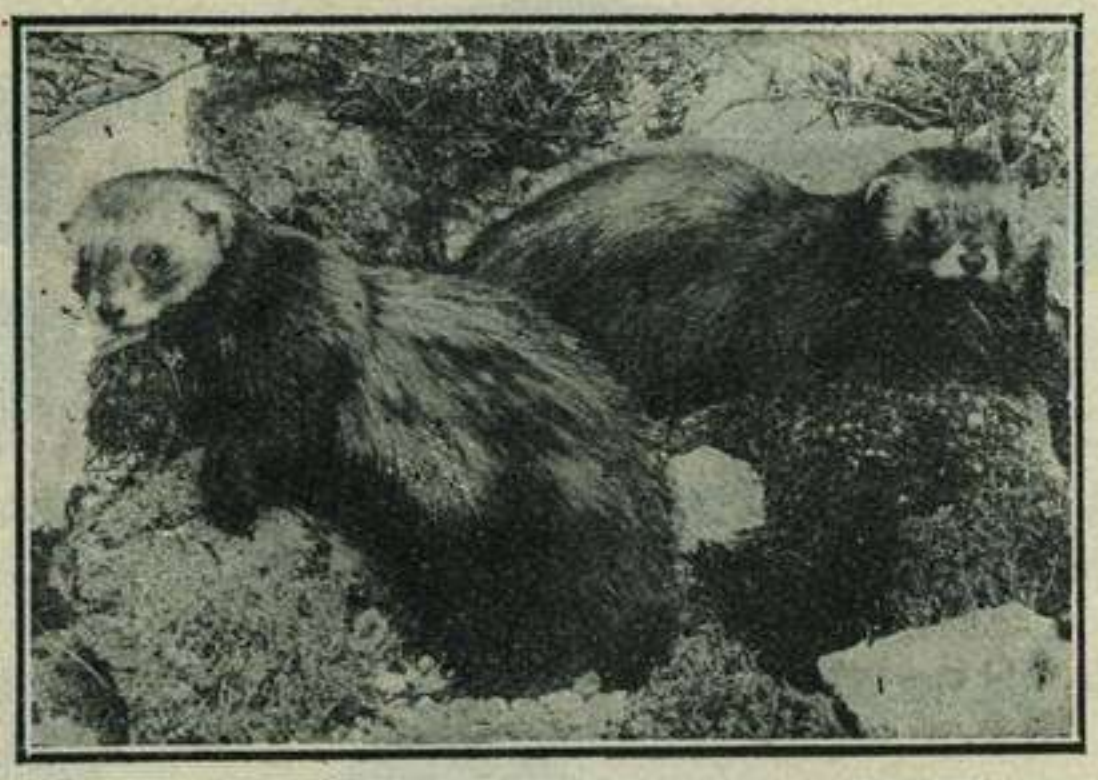


Fig. 773. — Grupo de turones (*Putórius putórius:* 40 cms.) del Mus. Nac. de Ciencias Naturales. (Fot. com. por el profesor Dr. C. Bolívar Pieltain.)

(Mustéla nivális) (fig. 774); el *armiño (Mustéla erminea) (fig. 207)*, del Norte de Eurasia y de nuestra cordillera cantábrica; la *nutria (Lútra lútra) (fig. 335)*, que vive en lugares próximos a los ríos y lagunas; el *hurón (Putórius fúro)* se encuentra en domesticidad y se utiliza para cazar conejos. También tiene el cuerpo de forma alargada la *jineta (Genétta genétta) (fig. 775)*, que es especie española y corresponde a otra Familia *(Vivérridas)*. La Familia *Cánidas* comprende especies muy conocidas y *digitígradas*,



Fig. 774. — *Mustela nivális* o comadreja: 22 cms. (Imit. Cabrera).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

como el *perro (Cánis familiáris);* el *lobo (Cánis lúpus) (fig. 776)*, y el el *zorro* de Europa *(Vúlpes vúlpes) (fig. 777)*. La Familia *Hiénidas* com-



Fig. 775.—*Genétta genéta* o jineta: 90 cms. (Fot. O. Cendrero.)



Fig. 776.—*Cánis lúpus* o lobo: 1,60 ms. (Fot. O. Cendrero.)



Fig. 777.—*Vúlpes vúlpes siliáceus* o zorro europeo: un metro. (Imitación Cabrera).



Fig. 778.—*Hyœna striáta* o hiena: un metro.

prende las *hienas (Hyœna) (fig. 778)*, que habitan en África y Asia. Finalmente, en las *Félidas* las especies más conocidas son: el *gato común (Félix cátus)*, el *gato montés (F. sylvéstris)* y el *lin-*

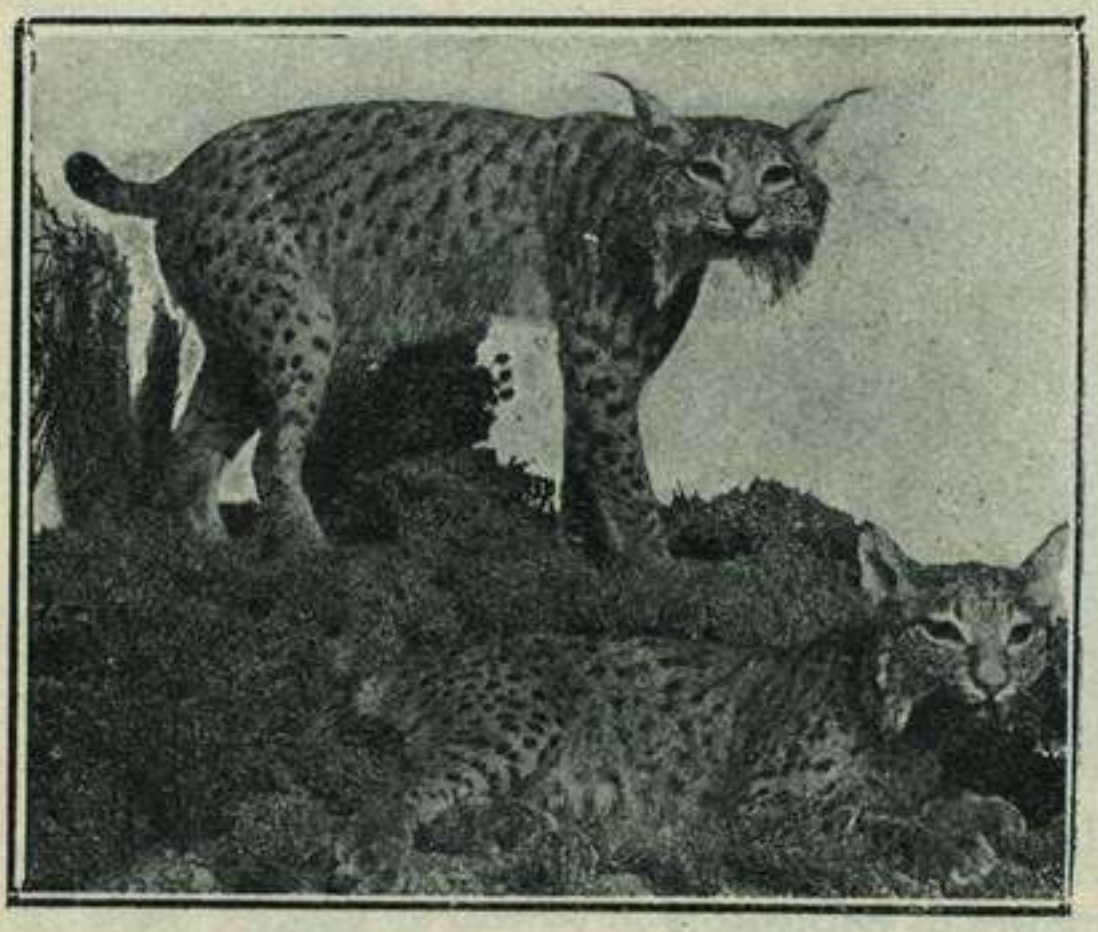


Fig. 779.—Grupo de linces *(Lynx pardéllus:* 95 cms.) del Museo Nacional de Ciencias Naturales. (Fot. com. por el profesor Doctor C. Bolívar Pieltain).



Fig. 780.—*Leo léo* o león: 2,60 m.; altura a la cruz, 95 cms.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ce (Lynx pardéllus) (fig 779), con un pincel de pelos en cada oreja, que son comunes en España; el *león (Leo leo) (fig. 780)*, de África y sur de Asia, cuyos machos se diferencian de las hembras por poseer abun-



Fig. 781.—*Tigris tigris* o tigre: 2,50 metros; altura a la cruz, 80 cms. (Ejemplar del Museo Nacional de Ciencias Naturales.)

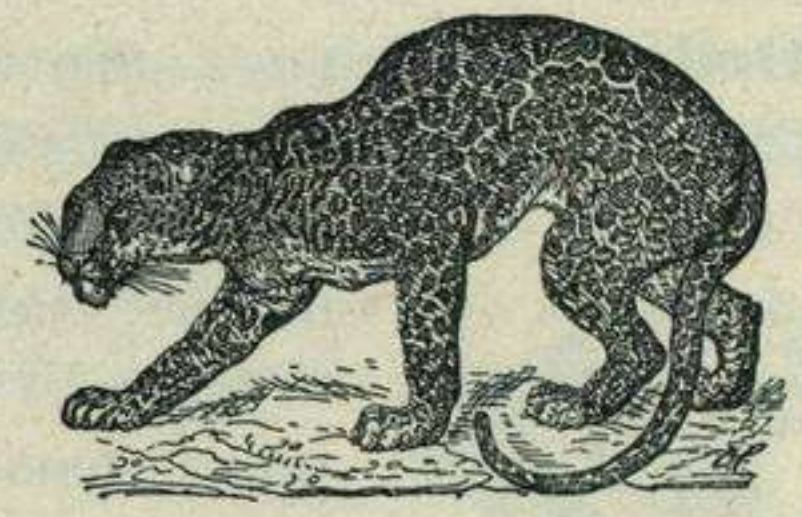


Fig. 782.—*Panthera pardus* o leopardo: dos metros; altura, 80 cms.

dante melena; el *tigre (Tigris tigris) (fig. 785)*, de Asia; el *leopardo (Panthera párdus) (fig. 782)*, de Africa y de Asia, con la piel manchada, si bien existen razas negras.

Suborden Pinípedos.—Son marinos y nadadores, por lo que en tierra sus movimientos son lentos y torpes; son preferentemente ictiófagos. Entre

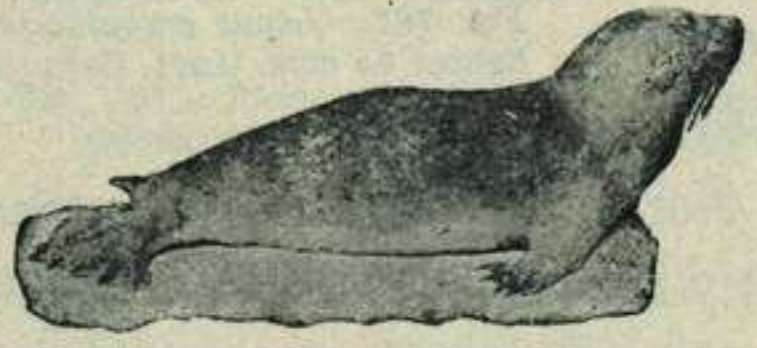


Fig. 783.—*Phóca vitulina* o foca: 1,60 metros (Fot. O. Cendrero).



Fig. 784.—*Otária jubáta* o león marino: 2,50 metros.



Fig. 785.—*Trichechus rosmárus* o morsa: cinco metros.

s us especies principales se encuentran: las *focas* (género *Phoca* y otros) *(fig. 783)*, que carecen de orejas y viven formando manadas en los

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mares árticos, y aisladas de nuestras costas: el *león marino (Otária jubáta) (fig. 784)*, que posee pequeñas orejas y vive en el litoral de América del Sur. Finalmente, la *morsa (Trichéchus rosmárus) (fig. 785)*, carece de orejas y tiene los caninos superiores muy desarrollados; vive en el Ártico.

Orden Roedores.—Son unguiculados y casi todos terrestres y de pequeño tamaño. Carecen de caninos *(fig. 786);* los incisivos son largos, estrechos y están tallados en bisel por la cara interna; éstos crecen a medida que se desgastan. Comprende numerosas especies, como el *conejo (Oryctólagus cunículus)* y la liebre *(Lépus tímidus, granaténsis*, etc.*) (fig. 787);* ambas son especies españolas; el *conejillo de Indias (Cávia cobaya) (fig. 788)*, originario del Perú o Brasil; el *puerco-espín (Hystrix cristáta) (fig. 242)*, vive en Europa y Norte de África; los *ratones (Mús músculus*, etc.) y las *ratas (Rattus norvégicus* y *Rattus rattus)*, de cola provista de escamitas, son Roedores muy perjudiciales porque son los propagadores de enfermedades como la triquinosis y la peste bubónica (*); los *lirones (Eliomys quercínus) (figura 789)*, y las *ardillas (Sciúrus vulgáris) (fig. 790)*, de ágiles movimientos y provistas también de larga y muy pelosa cola; el *castor (Cástor) (figura 336)*, de Europa y Norteamérica, tiene las patas posteriores palmeadas y la cola escamosa y plana. El castor de América *(C. canadensis)* construye a las orillas de los ríos viviendas de dos a tres metros



Fig. 786.—Cráneo de un Roedor.



Fig. 787.—*Lépus granaténsis* o liebre: 65 cms. (Imit. Cabrera).



Fig. 788.—*Cávia cobáya* o conejillo de Indias: 20 cms.



Fig. 789 —*Eliomys quercinus* o lirón: 22 cms.



Fig. 790.—*Sciúrus vulgáris infuscátus* o ardilla: 45 cms. (Imit. Cabrera).

(*) Véase *Elementos de Higiene*, por O Cendrero, 8.ª edic., pág. 85.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de altura formadas de barro y ramas; son muy inteligentes y forman sociedades.

Orden Perisodáctilos.—Su nombre alude a que poseen las extremidades terminadas por *un número impar de dedos* (gr. *perissós*, impar), de los cuales apoyan generalmente en el suelo tres o uno solo; estos dedos son *ungulados*, es decir, poseen una pezuña envolviendo su última falange (lat. *ungula*, casco o pezuña); sólo apoyan en el suelo las pezuñas; es decir, son *ungulígrados*. Comprende especies fitófagas, algunas muy conocidas, como el *caballo (Équus caballus)*, el *asno (É. ásinus)* y la *cebra (É. zébra)*; esta última es especie africana y muy vistosa por las



Fig. 791.—*Rhinóceros indicus* o rinoceronte; cuatro metros; altura a la cruz, 1,50 m.

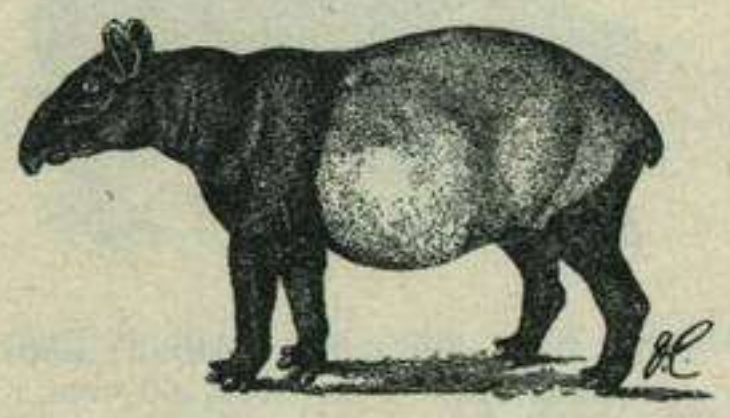


Fig. 792.—*Acrocodia indica* o tapir: dos metros; altura a la cruz, un metro.

bandas negras que destacan sobre fondo claro *(fig. 235)*. También corresponden a este Orden los *rinocerontes (Rhinóceros) (fig. 791)*, de Asia y África, que están cubiertos por gruesa piel y poseen tres dedos en las cuatro extremidades y uno o dos gruesos cuernos en la línea media de la nariz. Finalmente, los *tapires (Tapírus, Tapirella* y *Acrocodia) (figs. 792* y *793)*, de Asia y América del Sur, poseen cuatro dedos en las extremidades torácicas y tres en las abdominales, y tienen la nariz prolongada, formando una pequeña trompa.



Fig. 793.—Un tapir americano joven o anteburro *(Tapirella Bairdi)*. (Fot. com. por el profesor mejicano Dr. Carlos López).

Orden Artiodáctilos.—Este nombre quiere decir que los Mamíferos que le constituyen tienen las extremidades terminadas por *un*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

número par de dedos, de los cuales apoyan en el suelo por lo menos dos, que son simétricos (gr. *artios*, semejante o parejo, y ésta de *par*, igual). Son ungulados y ungulígrados; generalmente son fitófagos. Comprende dos *Subórdenes*, denominadas *Queromorfos* y *Rumiantes*.

SUBORDEN QUEROMORFOS.—Tiene la piel gruesa, por lo que también se les llama *Paquidermos*, y cuatro dedos en cada extremidad; los colmillos de la mandíbula inferior son fuertes y encorvados. Sus especies principales son: el *jabalí (Sus scrófa) (fig. 794)*, cuyas razas domésticas



Fig. 794.—*Sús scrófa* o jabalí; 1,50 metros; alt. a la cruz, 60 cms.

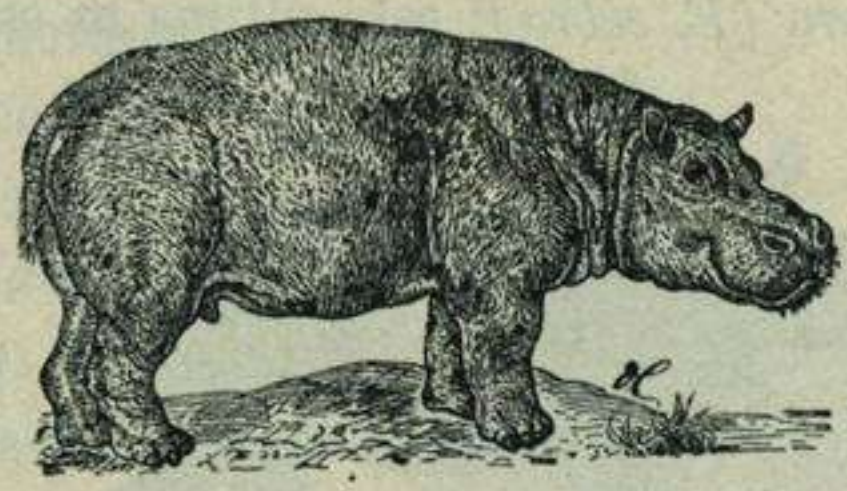


Fig. 795.—*Hippopótamus amphibius* o hipopótamo: cuatro m.; alt. a la cruz, 1,50 m.

son los *cerdos (Sus scrófa*, var. *doméstica)*, y el *hipopótamo (Hippopótamus amphíbius) (fig. 795)*, vive en los grandes ríos y lagos de África ecuatorial.

SUBORDEN RUMIANTES.—El estómago de estos animales *(figura 796)* está dividido generalmente en cuatro cavidades distintas que reciben los nombres de *panza (Ru)*, *redecilla (h)*, *libro (O)* y *cuajar (A)*; cuando los Rumiantes se hallan paciendo, injieren continua y rápidamente grandes cantidades de hierba, que apenas mastican e insalivan; con estos alimentos apenas masticados, forman un grueso bolo alimenticio que desciende hasta la *panza* o *herbario*, la cual sirve sólo como mero *depósito* de los alimentos sólidos y para comenzar a reblandecer éstos; cuando el animal está reposado, hace pasar pequeñas porciones del alimento, desde la panza a la *redecilla* o *bonete*, donde permanecen algún rato para reblandecerse más

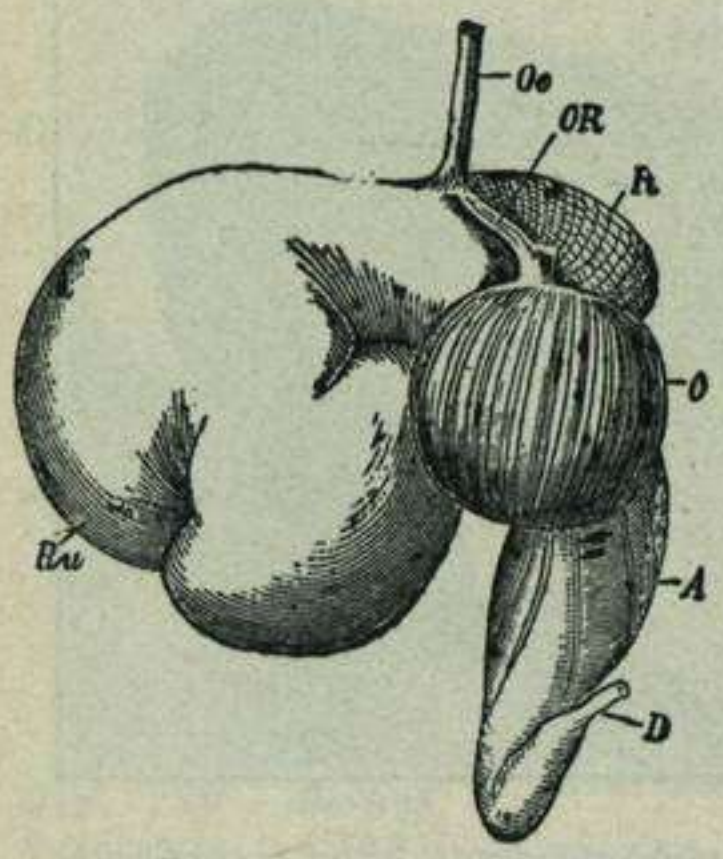


Fig. 796.—Estómago de un Rumiante, vaca (s. Claus).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

y convertirse en pequeñas bolas, que de la redecilla vuelven a la boca en virtud de un vómito normal o fisiológico denominado *regurgitación:* una vez los alimentos en la boca son *rumiados*, es decir, son *masticados lentamente* e *insalivados*, después de lo cual los tragan y pasan al *libro* y de éste al *cuajar* o *cuajo*, en donde sufren la verdadera digestión.

La mayor parte de los Rumiantes poseen en la cabeza dos órganos defensivos y ofensivos denominados cuernos, cada uno de los cuales consiste en una protuberancia ósea soldada al cráneo *(fig. 797)* y rodeada en muchos de ellos por una vaina de una sustancia córnea, que es la que constituye el verdadero cuerno. Este suborden comprende numerosas especies, de las cuales las más conocidas son: la Familia de los *Camélidos*, cuyas especies tienen en la cara inferior del pie una especie de suela callosa que abarca los dos dedos; entre ellos se encuentra el *camello bactriano (Caméllus bactriánus) (fig. 798)*, de Asia central, provisto de dos jorobas adiposas sobre el dorso, y el *camello común (yemal*, de los árabes) *(C. dromedárius) (fig. 799)*, de Asia occidental



Fig. 797.—Cráneo de carnero con la protuberancia ósea del lado izquierdo alojada en el cuerno y la del derecho sin éste. (Fot. O. Cendrero).



Fig. 798.—*Caméllus bactriánus* o camello bactriano; tres metros; alt., hasta 2,25 m.

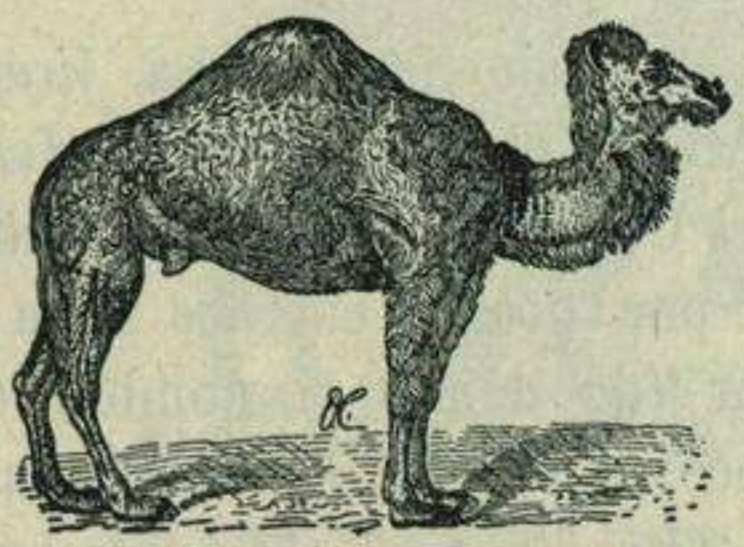


Fig. 799.—*Caméllus dromedárius* o camello común: tres metros; altura, hasta 2,20 m.

y Norte de África, con una joroba; en América del Sur viven el *guanaco (Lama guanicœ) (fig. 800)*; el *llama (Lama glama) (fig. 801)*; la *alpaca (fig. 802)*, y la vicuña *(Vicugna vicugna) (fig. 803)*, to-

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 800.—*Lama guanicœ* o huanaco: 2,40 m.: alt. a la cruz, 1,10 m.



Fig. 801.—*Lama glama* o llama: dos metros; alt. a la cruz, un metro.

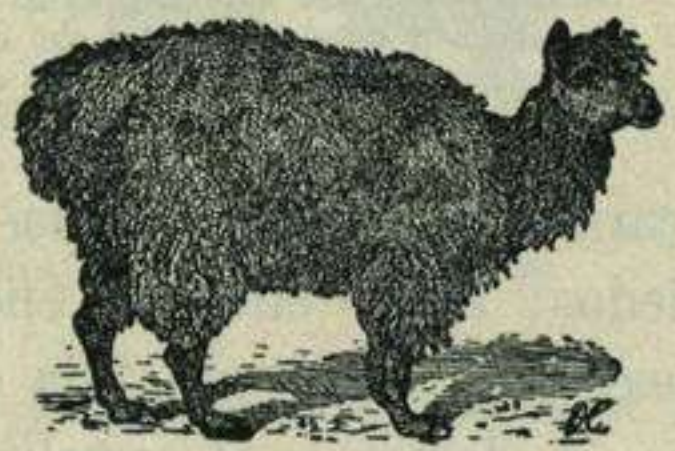


Fig. 802.—La *Lama glama pacos* o alpaca es una variedad del llama, de menos talla y de larga lana: 1,80 m.: altura a la cruz, 80 cms.



Fig. 803.—*Vicugna vicugna* o vicuña: 1,30 m.; alt. a la cruz, 60 centímetros.

dos ellos sin joroba. La *jirafa (Camelopárdalis Giráffa) (fig. 804)*, de África; el *ocapi (Okápia Johnstóni) (fig. 805)*, descubierto en 1900 en el Congo belga. La conocida Familia de los *Bóvidos* se caracteriza por poseer cuernos bien desarrollados y huecos en todo su interior (de donde el nombre de *Cavicornios* con que también se les conoce) *(fig. 797)*. Entre sus especies principales se encuentra: el *toro (Bos taurus)* (*), el *cebú* o *toro de la India (Bos índicus) (figura 806)*, con una joroba adiposa; el *bisonte europeo (Bíson bonasus) (fig. 807)*, que actualmente casi ha desaparecido; el *bisonte norteamericano*, llamado *búfalo* por éstos *(B. bison) (fig. 808)*, es también especie en vía de extinción. También corresponde a esta Familia el *car-*

(*) A la hembra se la denomina *vaca; ternero* y *choto*, al joven que no ha pastado; *becerro* y *jato* al de menos de un año; *utrero*, al de dos a tres; *novillo*, al de tres no domado, y *buey*, al macho castrado.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

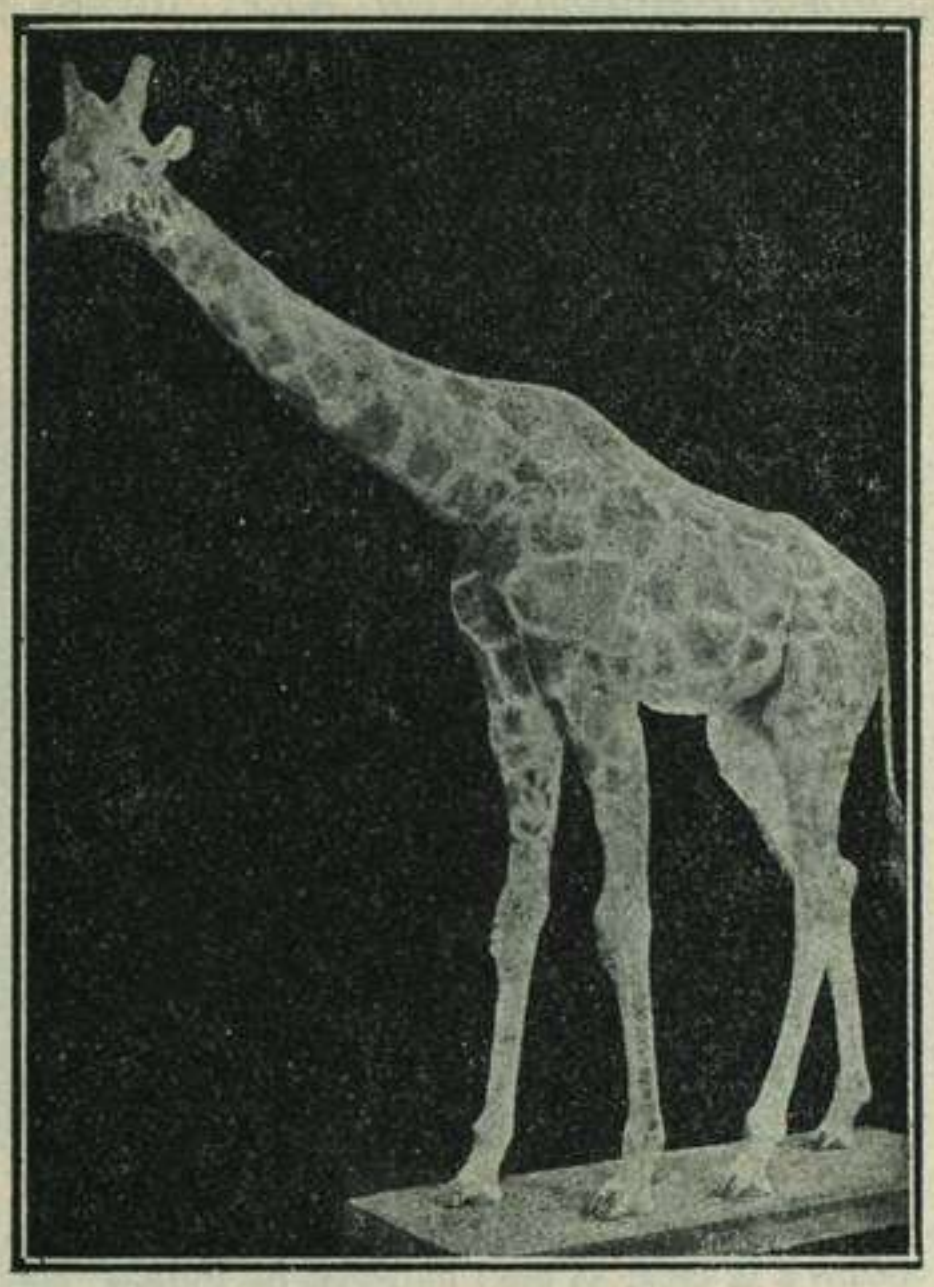


Fig. 804.—*Camelopárdalis giráffa* o jirafa: altura a la cabeza, hasta seis metros. (Ejemplar del Museo Nac. de Ciencias Naturales.—Fot. comunicada por J. M. Benedito.)



Fig. 805.—*Ocápia Johnstóni* u ocapi: ♂, dos m.

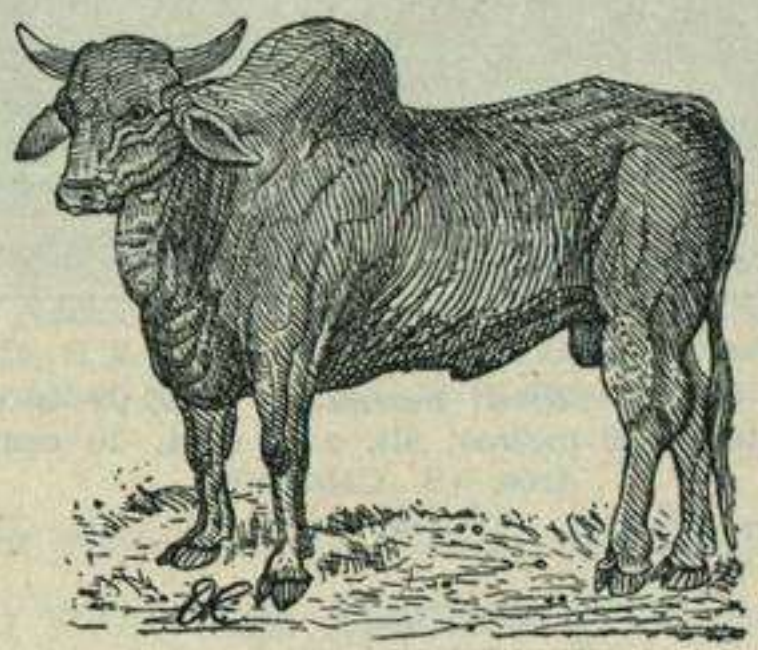


Fig. 806.—*Bós indicus* o cebú: 2,50 metros; alt. a la cruz, 1,25.



Fig. 807.—*Bison bonásus* o bisonte de Europa: tres m.; alt. 1,65.



Fig. 808.—*Bison bison* o bisonte americano: 3,50 m.; alt., 2 m.

nero (*) *(Óvis áries)*, la *cabra común* (**) *(Cápra hírcus)* y la *montés* o *bucardo (C. pyrenáica) (fig. 809)*, que vive en nuestras montañas; la

(*) A la hembra se la denomina *oveja*, al macho reproductor *morueco* o *mardano;* cordero al joven de menos de un año, y *borrego* y *borro*, al de más de un año.

(**) Al macho se le llama *macho cabrío* y *cabrón;* a la hembra *cabra; choto* y *cabrito*, al joven mientras mama; *chivato*, al que pasa de seis meses y no llega al año, y *chivo*, al joven desde que deja de mamar hasta que está apto para procrear.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gamuza, sarrio, rebeco o *rebezo (Rupícapra pyrenáica) (fig. 810)*, de los Pi-



Fig. 809. — *Cápra pyrenáica Victóriæ* o cabra montés: 1.40 metros; alt. a la cruz, 70 centímetros. (S. Cabrera).



Fig. 810.—Grupo de rebecos *(Rupicapra pyrenáica:* altura a la cruz, 65 cm.) de Picos de Europa, regalados por S. M. el Rey Don Alfonso XIII al Museo Nacional de Ciencias Naturales. (Fot. com. por el profesor doctor C. Bolívar Pieltain.)

rineos y Cordillera Cantábrica; la *gacela (Gacélla dórcas) (fig. 811)*. Por último, se incluye entre los Rumiantes la Familia *Cérvidos*, provistos de cuernos ramificados, denominados *cuernas*, que se caen anualmente, a lo que alude el



Fig. 811.—*Gacélla dórcas:* 1,40 metros; alt. a la cruz, 45 cms.



Fig. 812.—*Rángifer tarándus* o reno: dos metros; altura a la cruz, 1,10 metros.

nombre de *Caducicornios* con que también se les conoce; las hembras carecen de cuernos, excepto las del *reno (Rángifer tarándus) (fig. 812)*. En

Instituto San Isidro de Madrid 2008

España y otras naciones europeas se encuentran: el *corzo (Capréolus capréolus) (fig. 813)*, del tamaño de una cabra; el *gamo* o *paleto (Dáma dáma) (fig. 814)*, de mayor tamaño y con cuernas pal-



Fig. 813.—*Capréolus capréolus canus* o corzo: 1,15 m.; alt. a la cruz, 65 cms. (S. Cabrera).

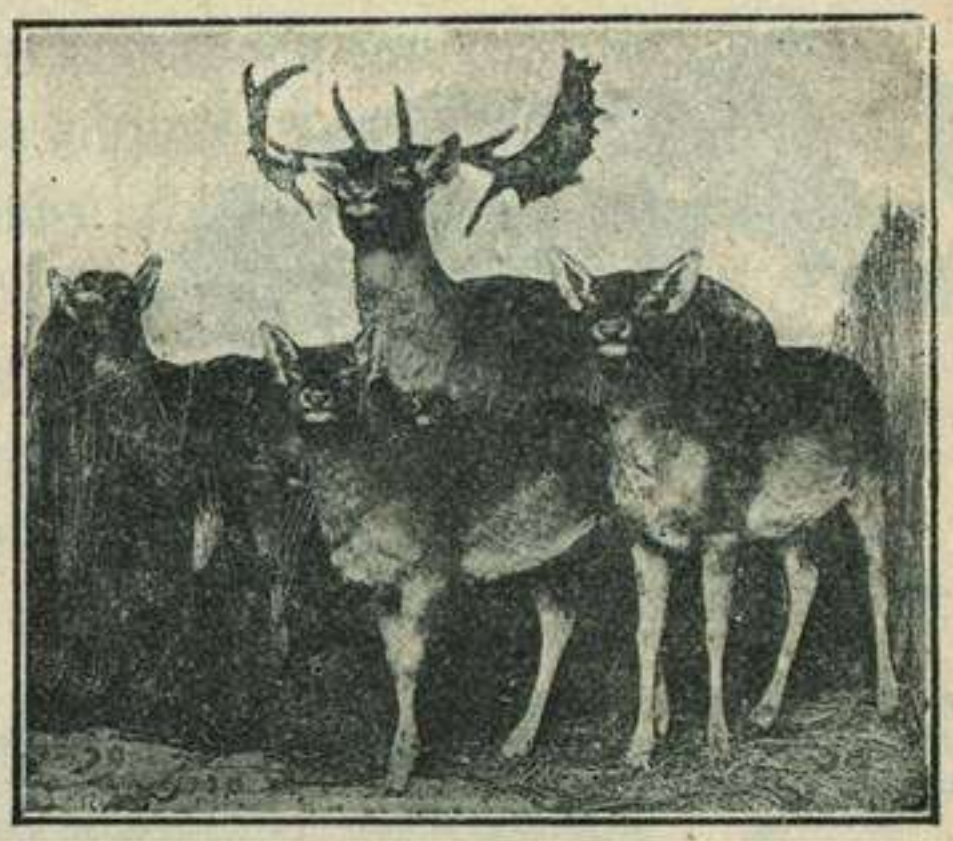


Fig. 814.—Grupo de gamos *(Dáma dáma)* del Museo Nacional de Ciencias Naturales regalados por S. M. el Rey Don Alfonso XIII. Dimensiones de un macho, 1,60 m.; alt. a la cruz, 84, cms.

meadas, y el *ciervo* o *venado (Cérvus élaphus) (fig. 815)*, de mayor tamaño aún y cuernas grandes y no palmeadas.



Fig. 815.—*Cervus élephus Bolivari* o ciervo: 2,20 ms.; altura a la cruz, 1,10

Orden Proboscidios.—Se caracterizan porque poseen una trompa larga, movible y prensil (lat. *proboscis*, trompa), constituída por la soldadura de la nariz con el labio superior. Este Orden comprende los *elefantes* de África *(Loxodonta africána) (fig. 816)* y de Asia *(Élephas máximus) (fig. 817)*, que se distingue del anterior porque sus orejas son mucho menores: son los mayores animales terrestres actuales; sus extremidades están terminadas por cinco dedos, de los que sólo se ven exteriormente las pezuñas; *carecen de caninos* y en la mandíbula superior poseen *dos grandes incisivos*, a los que por su forma especial se los denomina vulgarmente *colmillos*. En Eurasia vi-



Fig. 816.—Cabeza de elefante africano *(Loxodonta africánus)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vió en la Era Cuaternaria un elefante lanudo o *mamut (É. primigénius) (fig. 818)* y otras especies.

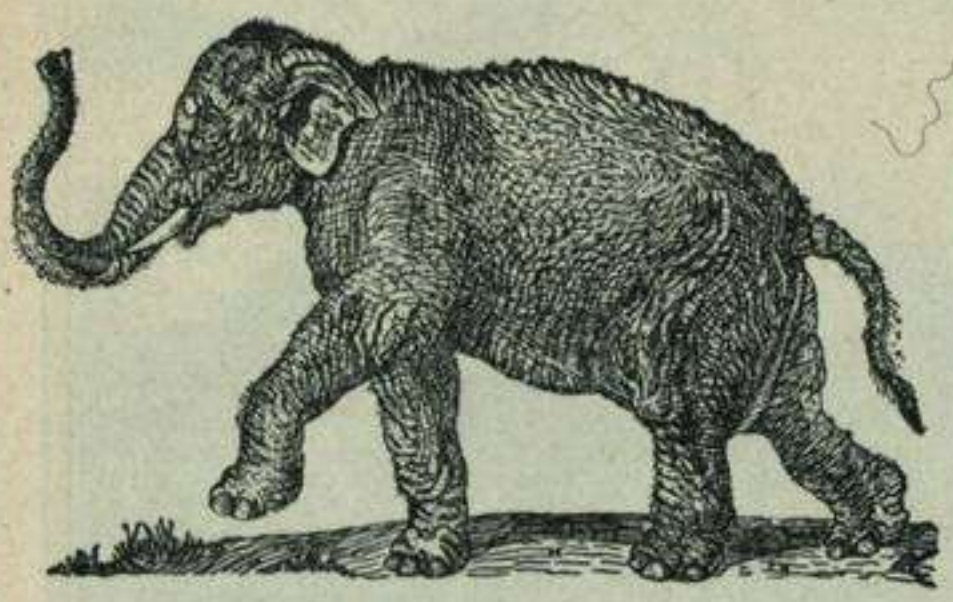


Fig. 817.—*Élephas maximus* o elefante de Asia: altura a la cruz, 3 ms.; longitud hasta 7 ms., incluyendo la trompa (2,20 ms.) y la cola (1,30 m.)

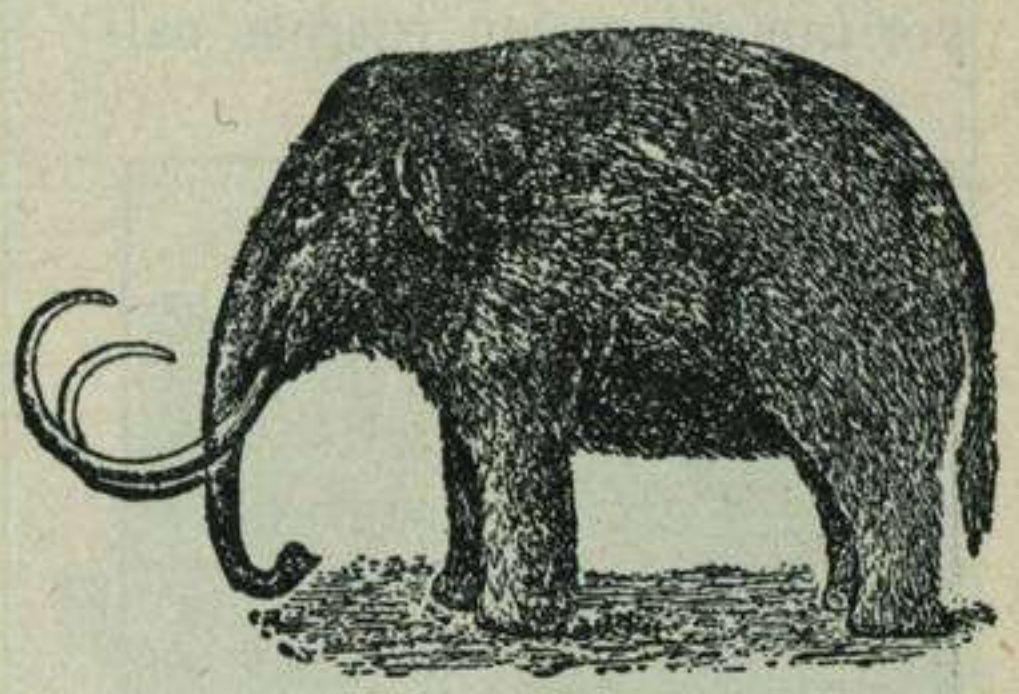


Fig. 818.—Mamut o elefante lanudo *(Élephas primigénius):* su altura cuatro a cinco metros.

Orden Sirenios.—Son Mamíferos *pisciformes* y acuáticos; tienen las extremidades torácicas en forma de aleta y carecen de extremidades abdominales, terminando el cuerpo por una *aleta caudal horizontal. Poseen cuello distinto; las fosas nasales se hallan en el extremo del hocico y las mamas son pectorales.* Son fitófagos y viven en el mar, desde donde remontan por los grandes ríos. Citaremos los *manatís (Manátus) (figura 819)*, del Senegal y América del Sur; el *dugón (Dugong) (fig. 820)*, del Índico, Mar Rojo, Australia y Nueva Guinea.

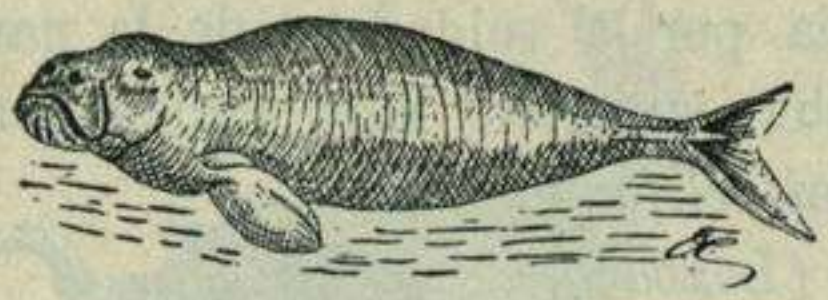


Fig. 819.—*Manátus manátus* o manatí: cuatro metros.

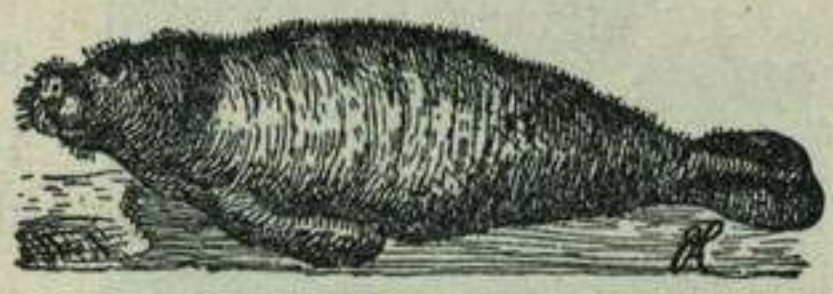


Fig. 820.—*Dugong dugong* o dugón: 5 m.

Orden Cetáceos.—Son, como los anteriores, acuáticos y pisciformes, provistos de extremidades torácicas en forma de aletas y sin extremidades abdominales; el cuerpo termina también por una *aleta caudal horizontal* y sin esqueleto; a veces tienen una aleta dorsal. *No poseen cuello distinto*, y las *fosas nasales* o *espiráculos se abren en la parte superior de la cabeza*, perdiendo su función respiratoria; no es exacto que lancen chorros de agua por las fosas nasales; lo que ocurre es que el aire

Instituto San Isidro de Madrid 2008

espirado se halla cargado de gran cantidad de vapor de agua que puede condensarse rápidamente, formando una nubecilla o gotas líquidas, si el ambiente es más frío. La piel carece de pelo propiamente dicho, si bien algunas especies poseen cerdas u otros apéndices equivalentes: debajo de la piel existe un gruesa capa de tejido adiposo. Son zoófagos y generalmente marinos. Son los mayores animales vivientes. Entre sus especies principales se encuentran: el *delfín*, *golfín*, *tonino* o *cerdo de mar (Delphínus délphis) (fig. 821)*, que se alimenta principalmente de peces y tiene las mandíbulas alargadas y provistas de numerosos dientes (hasta 246 entre las dos mandíbulas); no poseen más que un orificio nasal, que

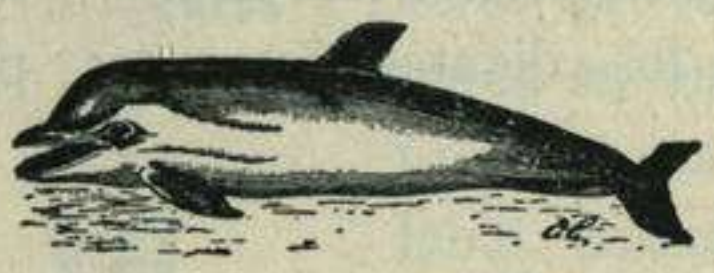


Fig. 821.—*Delphínus délphis* o delfín: 2,50 metros.

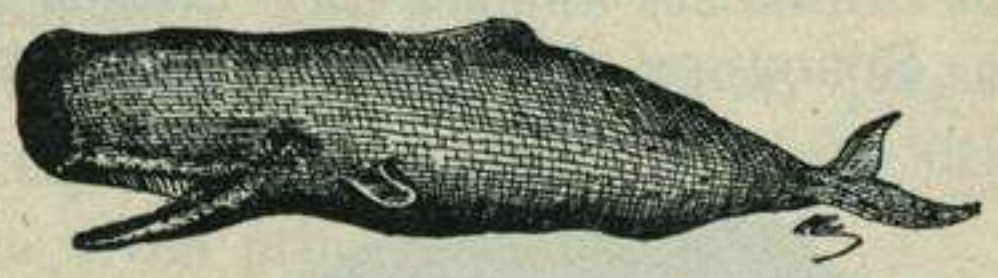


Fig. 822.—*Physéter cátodon* o cachalote: 25 cms. (Imitación Cabrera).

tiene forma de media luna. Los *cachalotes (Physéter cátodon) (fig. 822)*, que poseen dientes sólo en la mandíbula inferior y la abertura de las fosas nasales tiene forma de *S*. Por último, las *ballenas (Balœna* y *Ballænoptera) (fig. 823)*, de nuestras costas.

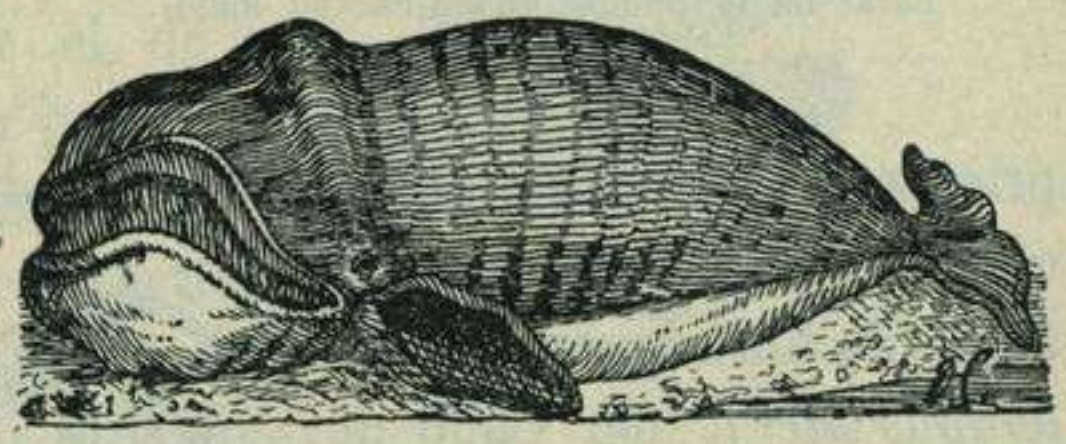


Fig. 823.—*Balœna mysticétus* o ballena: 27 ms.

Orden Desdentados.—Este nombre se refiere a que muchos de los Mamíferos que aquí se incluyen no tienen dientes, y cuando los poseen son de contextura muy primitiva: *carecen siempre de incisivos*. Constituyen un Orden muy heterogéneo, hasta el punto que muchos autores no le admiten como tal. Se divide en tres *Subórdenes*.

Suborden Xenartros.—Comprende todos los Desdentados de América. Las especies principales son: los *osos hormigueros* u *hormigueros (Myrmecóphaga jubata*, etc.*) (fig. 824)*, de América del Sur, que son animales nocturnos y cavadores, y que poseen la lengua larga y muy protráctil, por medio de la cual se apoderan de las hormigas que constituyen su ali-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mento; los *armadillos*, *tatos*, *quirquinchos*, *tatuejos cachicamos*, *piches*, etcétera *(Dásypus) (fig. 239)*, que tienen el cuerpo protegido por placas óseas formando una especie de coraza articulada, por lo que pueden arrollarse en forma de bola, y el *perezoso*, *perico-ligero*, o *ai* (géneros *Brádypus* y *Cholœpus) (fig. 325)*.



Fig. 824.—*Mirmecóphaga jubata* u oso hormiguero: 2,30 ms.: altura a la cruz, 50 cms.

SUBODEN FOLIDOTOS.—En él se incluyen los *pangolines (Mánis)*, de África y la India, que tienen el cuerpo recubierto de escamas *(fig 241)*, y el *atadillo*, de Fernando Póo *(Phataginus tricuspis)*.

SUBORDEN TUBULIDENTADOS.—Tienen los dientes formados por



Fig. 825.—*Megálonix Jeffersoni* restaurado. Desdentado cavador del Cuaternario de la pampa argentina: su longitud, dos metros.

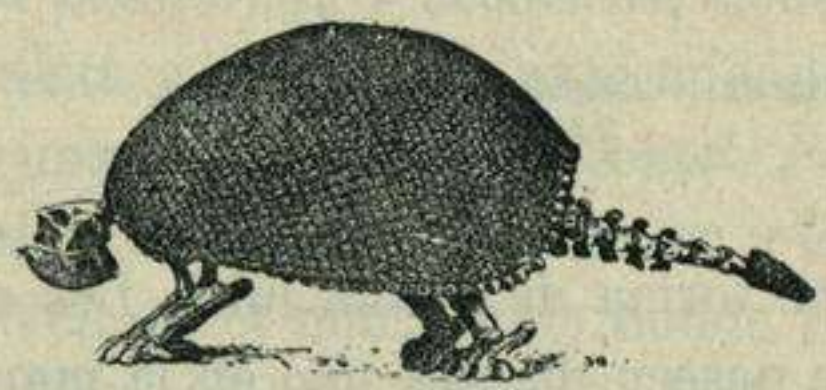


Fig. 826.—*Glyptodon*. Desdentado acorazado del Cuaternario de la pampa argentina: su longitud, tres metros.

prismas de dentina y atravesados por diminutos tubitos. Al único género conocido pertenece el extraño cerdo hormiguero *(Orycteropus afer)*, del Cabo de Buena Esperanza. En América existen numerosos Desdentados fósiles, entre los cuales se encuentran el *Megálonix Jeffersoni (fig. 825)*, que era una especie de oso hormiguero; el *Glyptodon (fig. 826)*, parecido a los armadillos, y el *Megathérium (fig. 827)*, de gran tamaño.

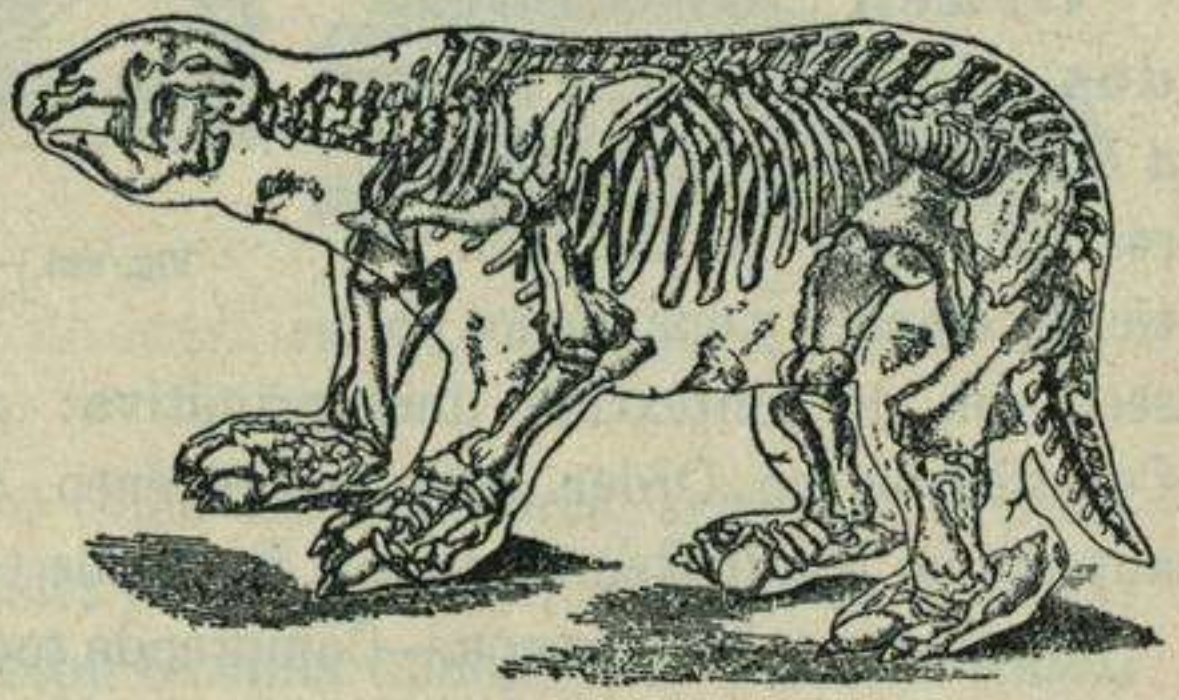


Fig. 827.—Esqueleto de *Megathérium Cuvieri*. Desdentado de la pampa argentina: su altura, dos a tres metros; longitud, cuatro a cinco.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Orden Primates.—Se caracterizan porque de los cinco dedos de sus extremidades, o por lo menos de las anteriores, el primero o pulgar es *oponible* a los demás, constituyéndose así una mano y un pie prensiles. Sus ojos están dirigidos hacia adelante, por existir un tabique que completa las órbitas y las separa de las fosas temporales. Son fitófagos, entomófagos u omnívoros. Los autores modernos dividen este Orden en dos *subórdenes* principales, denominados: *Prosimios* o *Lemúridos* y *Pitecoideos* o *Simios*.

El SUBORDEN PROSIMIOS se caracteriza porque las especies que le forman tienen los dedos terminados por *uñas planas*, excepto algunas de las extremidades posteriores, principalmente el segundo, que posee una uña corva, aguda y fuerte que forma una *garra*. Casi siempre sus narices se abren en una porción desnuda llamada *rinario*, que se prolonga en una especie de hocico hasta el borde del labio. Actualmente viven principalmente en Madagascar, la India y Archipiélagos del Océano Índico. Sus especies principales son: el *galago (Calágo) (figura 828)*, de África; los *makis (Lémur) (fig. 829)*, de Madagascar, cuyo aspecto es intermedio entre el de un mono y el de un perro, etc.



Fig. 828. — *Galágo:* 30 cms. (Imit. Wogt y Specht).



Fig. 829.—*Lémur cátta* o maki: longitud, 80 cms.

El SUBORDEN PITECOIDEOS o SIMIOS se caracteriza porque sus especies poseen cuatro incisivos en cada mandíbula. Carecen del rinario de los anteriores. Sus uñas son, generalmente, planas. Poseen dos mamas pectorales y toda su organización es muy parecida a la del hombre. Se dividen en dos grupos, llamados ***Platirrinos*** y *Catarrinos*.

Los *Platirrinos* son todos americanos; tienen el tabique nasal muy ancho, a lo que alude el nombre con que se los designa, y poseen tres premolares. Entre sus especies principales se encuentran: los *titís* o *monos sedosos (Hápale jácchus) (fig. 830)*, de América meridional; los *araguatos*, *carayás* o *monos aulladores (Alouáta nígra*, etc.) *(fig. 831)*, cuyo nombre alude a que producen un grito muy sonoro y extenso, y como se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

reúnen en bandas numerosas originan un estrépito formidable: los *coaitá*, *monos arañas* o *brazolargos (Áteles) (fig. 324)*.



Fig. 830.—*Hápale Jácckus* o titi: 60 cms. (Fot. O. Cendrero).

Los *Catarrinos* o monos del Antiguo Continente tienen el tabique nasal estrecho y sólo dos premolares. Merecen citarse: la *mona de Gibraltar (Macáca sylvánus) (fig. 832)*, que carece de cola y posee callosidades isquiáticas; es especie que en España se halla en vía de desaparición, no existiendo más que en un contado número de ejemplares en el Peñón de Gibraltar; en las montañas de Marruecos es más frecuente: la *mona común (Cercopithécus sabœus) (fig. 833)*, de África occidental; el *mandril (Mandrillus sphinx) (fig. 834)*, de África, notable por el color azulado que tiene su cara a los lados de la nariz. Por último, los *Antropoideos* o *monos antropomorfos*, así llamados porque son los que más se parecen al hombre (gr. *ánthropos*, hombre; *eidos*, *forma*), a causa de carecer de cola, por la forma de la cara y orejas, etc.: entre ellos se encuentran los *gibones (Hylóbates) (fig. 835)*, de Asia, cuyas extremidades torácicas son muy largas; el *orangután (Símia sátyrus) (fig. 836)*, de Borneo y Sumatra, que alcanza más de un metro; los *gorilas* (varias especies del género *Gorilla) (fig. 837)*, de África central y occidental, principal-



Fig. 831.—*Aloudta nigra* o mono aullador: 1,20 m.



Fig. 832.—*Macaca sylvánus* o mona de Gibraltar: 60 cms.



Fig. 833.—*Cercopithécus sabœus* o mona común: un metro.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mente cerca del río Gabón, es la especie más robusta y de talla más elevada. Y, por último, los *chimpancés* (varias especies de *Anthropopithecus)*



Fig. 834.—*Mandrillus* o mandril: 1,10 m.



Fig. 836.—*Simia sátyrus* ♂ u orangután: alt. 1,10 m. en posición vertical.



Fig. 835.—*Hylóbates agilis* gibon o unko: 80 cms.



Fig. 837.—*Gorilla gorilla:* gorila, ngui o yina. Altura en posición vertical, 1,60 metros

(figuras 838 y *839)*, de Guinea y África central, miden hasta 1,50 metros de altura y son los más inteligentes, por cuya razón los amaestran para exhibirlos en los circos.

Por último, la Familia HOMÍNIDOS está formada por el *hombre (Homo sápiens)*. Su estudio, desde el punto de vista histórico natural, constituye la *Antropología* o Historia Natural del Hombre.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Anatómicamente existen algunas diferencias que permiten separar el hombre de los antropomorfos; éstas son las siguientes: la presencia de manos en las extremidades torácicas solamente (de donde el nombre de *Bímanos)*, pues aun cuando las abdominales tienen el pulgar más separado de los otros dedos que éstos entre sí, no llega nunca, sin embargo, a estar opuesto a ellos para constituir una mano; la actitud normal del hombre, que, tanto para la marcha como para la estación, es la *bípeda;* la columna vertebral del hombre forma una doble curvatura a modo de S. Otros caracteres diferenciales son: el poseer *barbilla*, es decir, el tener un poco prolongado hacia fuera el centro del cuerpo de la mandíbula inferior, lo que no ocurre en los monos antropomorfos *(figs. 840* y *841);* el que los caninos inferiores están en contacto con los incisivos,



Fig. 838.—*Anthropopithecus niger* o chimpancé negro *(engoro* de los pamúes) en su posición habitual de descanso.



Fig. 839.—Cara de chimpancé negro adulto.

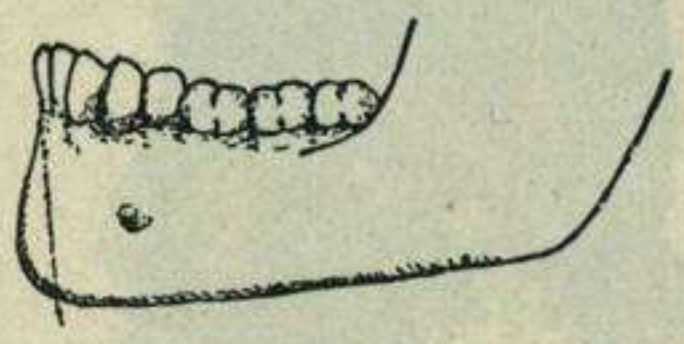


Fig. 840.—Mandíbula de europeo.

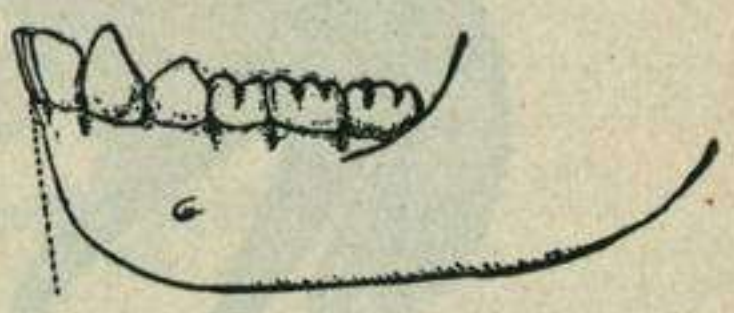


Fig. 841.—Mandíbula de chimpancé.

lo que no ocurre en los monos catarrinos, donde se hallan separados; y, finalmente, el poseer lenguaje articulado y el extraordinario desarrollo del cerebro y de la inteligencia en el hombre, desarrollo que no es igualado por ningún antropomorfo.

Caracteres de las razas humanas.—Prescindiendo de las razas fósiles, parece que la opinión más generalmente admitida es que todas las actuales pertenecen a la especie *Homo sapiens*. Para diferenciarlas se atiende a diversos caracteres, de los cuales los principales son: el *color de la piel;* el *valor del ángulo facial;* el *índice cefálico*, y la *forma de la sección transversal del pelo.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Color de la piel.—Es, en líneas generales, de gran importancia, si bien depende de circunstancias locales el que se acentúe más uno u otro color, pues hay individuos de raza amarilla cuyo color es casi blanco y hasta blanco del todo (lapones, etc.); inversamente, muchos blancos tienen color rojizo o casi negro, y negros con el color pardo oscuro y hasta amarillento.

Índice cefálico.—Así se denomina la relación que existe entre la longitud del diámetro antero-posterior del cráneo y el transversal: el primero va desde la línea media del frontal, entre los arcos superciliares, al punto más saliente del occipital; el segundo, desde la eminencia parietal o parte más saliente de un parietal, a la eminencia parietal opuesta: estos diámetros se toman por medio de un compás de espesor *(fig. 842)*. Claro es que si estos dos diámetros fueran iguales, la cabeza sería perfectamente redonda, vista en proyección vertical; pero esto no ocurre nunca; el diámetro antero-posterior es siempre el más largo de los dos y se toma como unidad para referir a él el transverso: si dividimos el antero-posterior en 100 partes iguales y el transverso no es mayor que 70 divisiones de él, entonces el cráneo es alargado de adelante a atrás o *dolicocéfalo* (griego *dolichós*, largo; *kephalé* cabeza) *(fig. 843);* si es de 83 ó mayor, el cráneo será más redondeado,

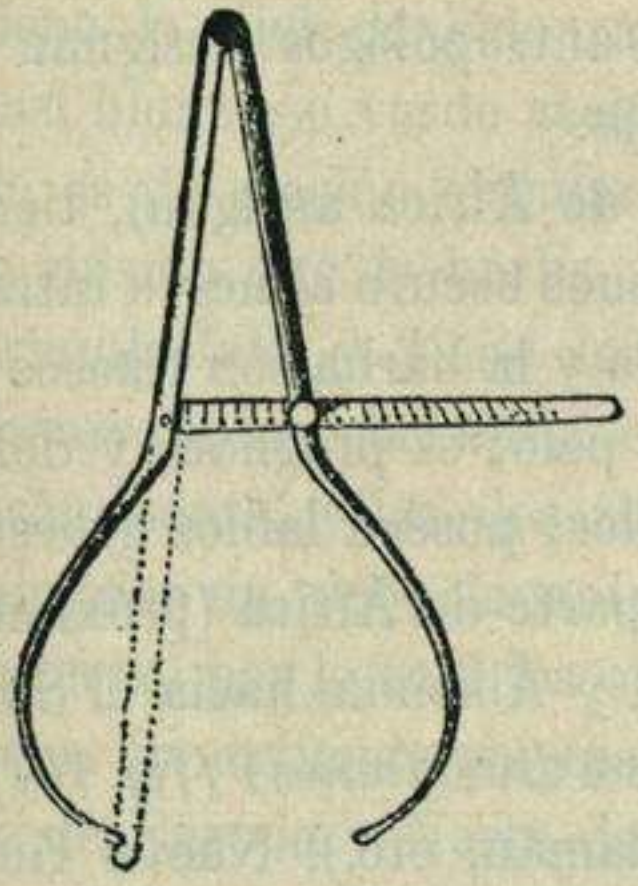


Fig. 842.

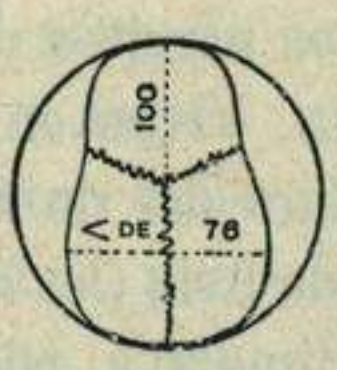


Fig. 843.
Dolicocéfalo.

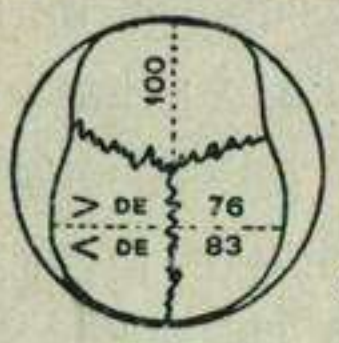


Fig. 844.
Mesocéfalo.

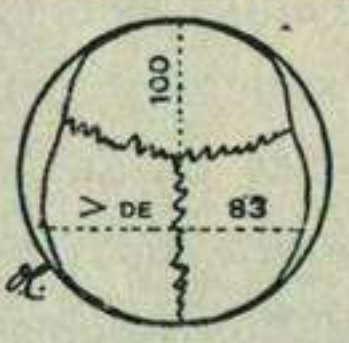


Fig. 845.
Braquicéfalo.

y, por tanto, parecerá más corto de delante a atrás, por lo que se le denomina *braquicéfalo* (gr. *brachys*, corto) *(figura 845);* y, por fin, si es intermedio entre ambos (de 76 a 83) se le denomina *mesocéfalo* (gr. *mesós*, medio) *(fig. 844)*.

Ángulo facial de Camper.—Se llama así porque se debe a Camper y es el formado por dos líneas que, partiendo del punto donde se une el tabique medio de la nariz con el labio superior, van al punto donde se ar-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ticulan los nasales con el frontal, y al conducto auditivo externo: este ángulo no llega nunca al recto y se mide fácilmente por medio de aparatos especiales, habiéndose observado que es de 76º a 85º en la raza blanca y de 60º a 70º en la negra. Las variaciones en el valor del ángulo dependen del mayor o menor desarrollo de la frente, pues es tanto menor cuanto más deprimida es ésta, y también del desarrollo de la mandíbula superior, pues cuanto más saliente o *prognata* es ésta (gr. *pro*, delante; *gnathos*, mandíbula) tanto menor es el ángulo facial, mientras que cuando es *ortognata* (gr. *orthós*, recto) se aproxima más a los 90º.

Sección transversal del pelo.—Ordinariamente es oval en la raza blanca; circular en la amarilla, y más o menos comprimida o en forma de judía, en la negra.

Caracteres de los troncos étnicos.—Teniendo en cuenta todos esos caracteres, y otros varios que no es posible enumerar, se agrupan las razas en tres grandes *troncos*, denominados: *negro*, *amarillo* y *blanco*. Algunos autores admiten varias razas mixtas, es decir, derivadas de otras, principalmente de la amarilla, y que se dividen en *razas mixtas oceánicas* y *razas mixtas americanas:* algunos antropólogos designan a esta última con el nombre de *raza cobriza* o *roja*.

Tronco negro o *etiópico* (de Etiopía, región de África antigua), tiene la piel de un color que varía del pardo más o menos oscuro al negro intenso, y a veces con un tinte amarillento; el cabello y la barba son rizosos y ésta rala. Este aspecto se debe a la sección del pelo; es prognata y dolicocéfala, con excepción de los negritos y negrillos; poseen labios gruesos y salientes y nariz achatada. Viven en gran parte de África (próximamente desde la desembocadura del río Senegal y Abisinia, hacia el Sur) *(figura 763)*, pequeña parte de Asia (los *dravidas* o *dravidianos) (fig. 767)*, algunos núcleos cerca del Himalaya, islas Andamán, etc.), Nueva Guinea y otras islas de Melanesia; actualmente existen también en América numerosos individuos de raza negra; pero éstos no son autóctonos, sino que han sido llevados de Guinea, principalmente, en la época en que existía la esclavitud.

Las razas incluídas en este tronco se dividen en tres grupos: el *Indo-Melanesio*, en la que se incluyen los papúes de Nueva Guinea y los negritos de Filipinas; el *Australiano (fig. 846)*, y el *Africano*, al que corresponden los *negros africanos*, del Centro y Oeste de África (Sudán, Guinea, etc.) *(figs. 847* y *848); papúes* o negros de Nueva Guinea e islas

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 846.—Tipos negroides del Queesland (Australia) (Fot. com. por el prof. australiano Dr. Dalton).



Fig. 847.—Negra de la Guinea española (subraza pamúe). (Fot. comunicada por R. Milon).

próximas; los *hotentotes* y *bosjemanos* o *bosquimanos*, del SO. de África; los *cafres*, del SE. de África.

Tronco amarillo o *mongólico* (de la Mongolia o Mogolia, región de Asia), tiene la piel de color amarillo, a veces casi blanco, o verde aceitunado; el cabello es de sección circular, grueso y lacio, lo mismo que la barba, que es rala; es braquicéfalo y tiene los pómulos muy desarrollados; la nariz es recta y poco prominente, y los ojos tienen el párpado superior un poco levantado en el ángulo externo, por lo cual los ojos parecen oblicuos. Se extiende por casi toda Asia, parte de Europa y Norte de América. Comprende varias *razas*, entre ellas la *mongola*, la *china*, la *samoyeda*, la *yacuta*, etcétera, del Norte de Eurasia, y la *esquimal*, del Norte de América y Groenlandia, etc.

El tronco blanco se llama así porque el color típico de su piel es blanco rosado y transparente; son frecuentes los tonos morenos, a veces muy oscuros; el ca-



Fig. 848.—Rey negro de la isla de Fernando Poó (subraza bubi) en traje de fiesta. (Fot com. por R. Milon).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bello y la barba son de sección oval, rubios o castaños, finos y lacios u ondulados, a veces rizosos; ordinariamente la barba es más poblada que en las demás razas; es ortognata y generalmente mesocéfala: los pómulos son poco salientes y la nariz es recta y saliente, encontrándose en estas razas la nariz aguileña. Labios finos. Habita en Europa, parte occidental de Asia y Norte de África: los blancos de América son todos de origen europeo, principalmente español. Comprende numerosas *razas*, como los *arios*, los *eslavos (rusos*, etc.) y los *semitas;* entre estos últimos se encuentran los *hebreos*, *israelitas* o *judíos* (de Judea); los *árabes*, que de Arabia se han extendido por el Norte de África, etc.

Razas mixtas Oceánicas.—Razas mixtas mal definidas, en las que se incluyen, entre otros, los *japoneses*, los *malayos* y los *polinesios.*

Razas mixtas Americanas o *raza roja* o *cobriza*, son las que están peor definidas a causa de lo mucho que varían sus caracteres y a causa, también, de las numerosas mezclas que modernamente han tenido con las demás razas.

Pueden agruparse en razas del Norte, del Centro y del Sur. Las del Norte forman las familias Atabaskana, Oregónica, Californica, Puebleana, Mississipiense, Missuriense, Pensilvánica, Canadiense y Mejicana; las del Centro la Guatemalteca, y la del Sur la Muizca, Peruana, Pampeana, Chiquiteana, Botocuda, Guaraní, Patagónica y Antisieana.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

BOTÁNICA

El estudio de los vegetales forma una de las ramas de la Historia Natural que recibe el nombre de Botánica.

En todos los vegetales existe algo de común, en lo que a su estructura y a su actividad se refiere, aun entre aquellos que por su constitución orgánica parecen más distanciados. El estudio de todos estos hechos y fenómenos, que afectan a todos los seres del reino vegetal, constituye la llamada *Botánica general.*

La amplitud de su vasto campo impone su división en varias ramas. La *Anatomía* tiene por objeto el estudio de la estructura de los vegetales; se divide en *general*, que es la que se ocupa de aquellas partes comunes que se repiten en todos los vegetales, o sean las células y los tejidos, naciendo de aquí la *Citología* y la *Histología*, que se ocupan, respectivamente, de cada uno de ellos, y *descriptiva* u *Organografía*, en la que se describen los diferentes órganos de los vegetales pertenecientes a los diversos grupos.

El estudio dinámico de las plantas es la *Fisiología vegetal*, denominándose *general* cuando se refiere únicamente a las funciones que son comunes a todas ellas, y *especial* cuando atiende a las modalidades de cada una de éstas en los distintos seres del mundo de las plantas.

Se denomina *Embriología* u *Ontogenia* la parte de la Botánica general que se ocupa del proceso que los vegetales siguen desde el huevo hasta alcanzar su forma adulta.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La *Ecología vegetal* estudia las condiciones de existencia de las plantas, suministrando datos preciosos para abordar el problema de su difusión y distribución sobre la tierra, o sea la *Fitogeografía*.

La *Botánica especial* atiende a la descripción, desde los más diversos aspectos, de los diferentes vegetales o de los grupos taxonómicos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

BOTANICA GENERAL

CITOLOGÍA VEGETAL

Estructura de la célula vegetal.—La célula vegetal obedece al mismo esquema y a la misma estructura que señalamos cuando en Biología general se hizo el estudio general de este elemento anatómico (véase pág. 37); sin embargo, ofrece determinados caracteres, rasgos peculiares, que la diferencian de la célula animal.

Una de las características de la célula vegetal es el poseer una resistente y gruesa membrana formada por la sustancia llamada celulosa, que no falta casi nunca *(figura 849)*.

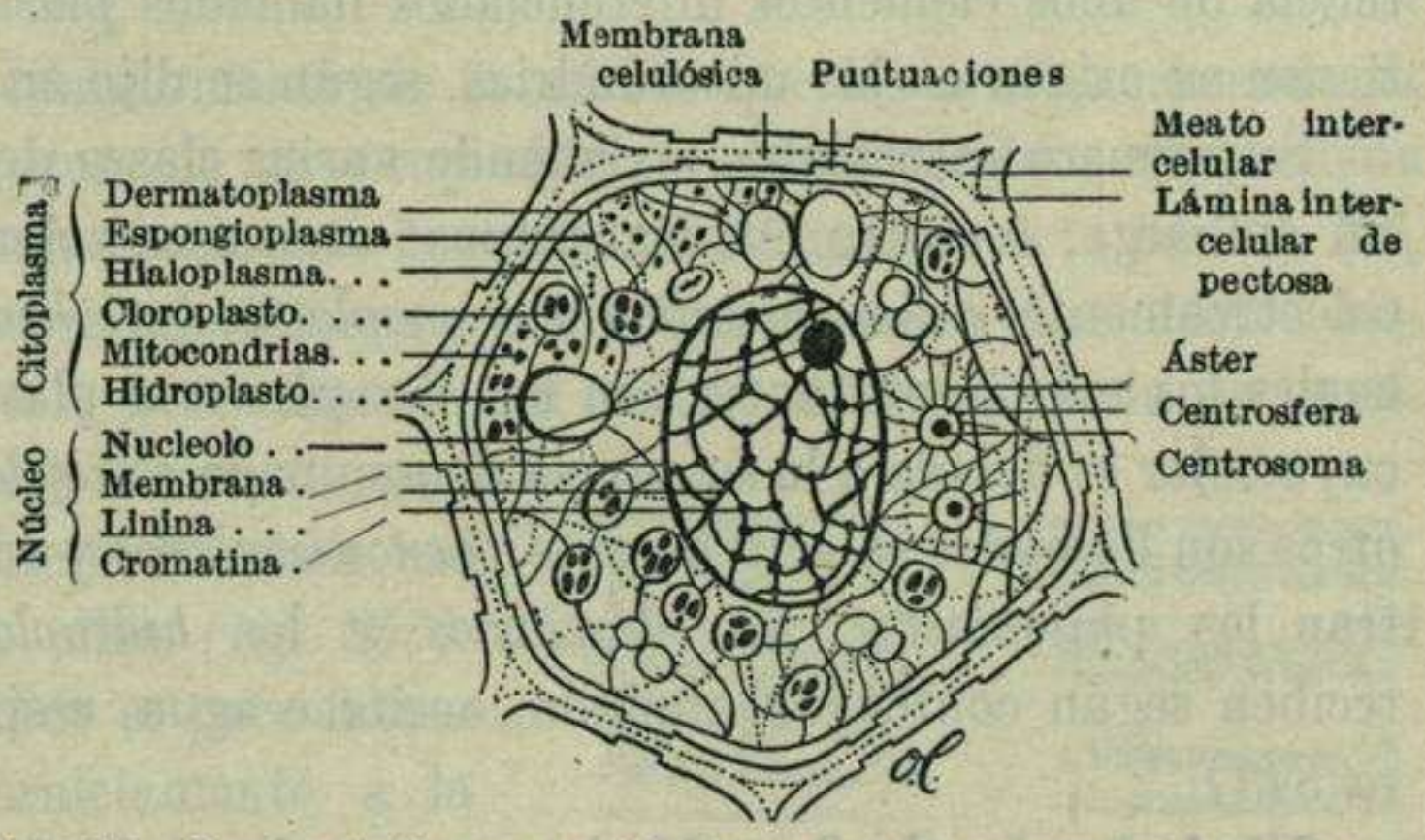


Fig. 849.—Representación esquemática de una célula vegetal muy aumentada.

La capa periférica del citoplasma, llamada *membrana fundamental* o *dermatoplasma* (del gr. *derma*, piel) es hialina y viviente.

Esta capa es la que elabora, por su propia actividad, la membrana celulósica, originada por una verdadera secreción. La membrana celulósica no tiene, ordinariamente, un espesor uniforme, sino que se espesa

Instituto San Isidro de Madrid 2008

preferentemente en algunos sitios. El revestimiento celulósico respeta a veces espacios circulares u ovoideos llamados *puntuaciones*, las cuales ponen en comunicación unas células con otras *(fig. 850)*. En general,

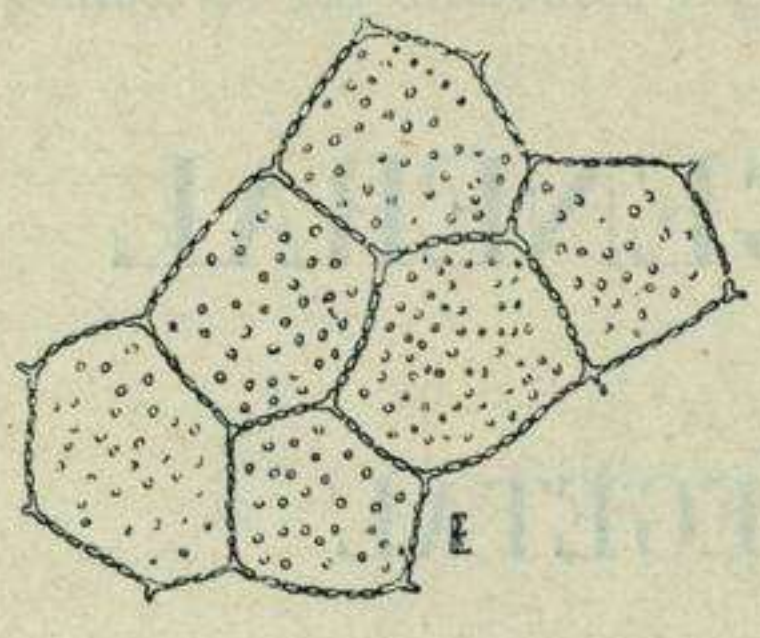


Fig. 850.—Parenquima incoloro de células punteadas de la médula del tallo del aligustre. (De la obra *Prácticas de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero).

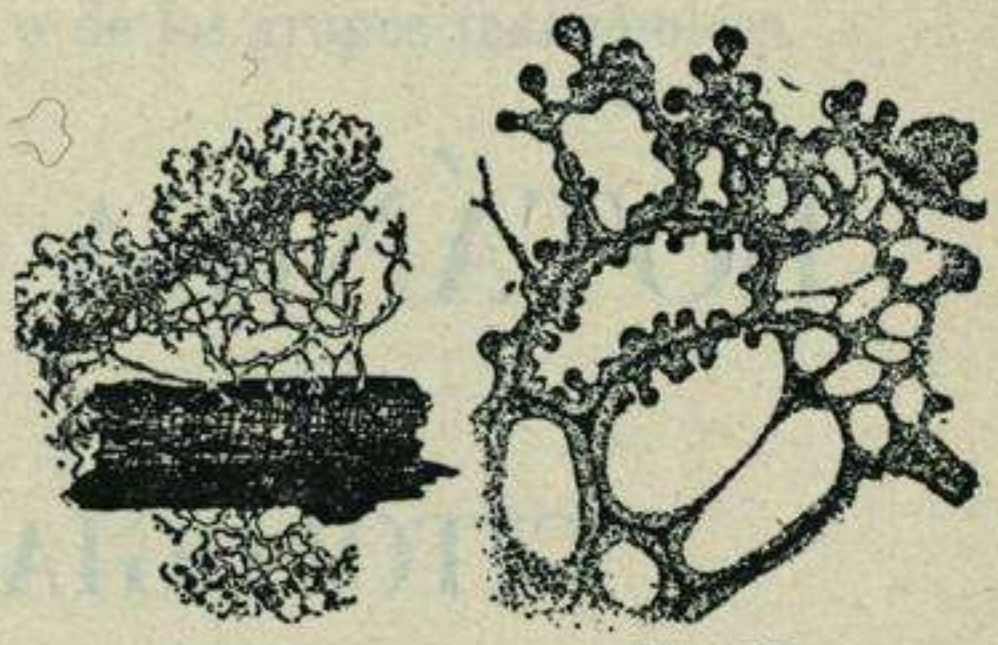


Fig. 851. Fig. 852.

Fig. 851.—Un Mixomiceto entero sobre un trozo de madera.
Fig. 852.—Un trozo del mismo, aumentado (según Cienkowski).

todas las células vegetales están provistas de esta *membrana celulósica*, pero hay algunas células libres, como unos hongos gelatinosos llamados Mixomicetos *(figs. 851* y *852)*, que carecen de ella.

Es un carácter casi constante en las células de los vegetales la existencia de unos elementos diferenciados llamados *plastos* o *plasmitos*, que tienen su origen en las mitocondrias, según se dijo en la pág. 39.

Su número es variable, existiendo varias clases de ellos, que pueden, sin embargo, reunirse en dos grupos: unos son coloreados y se llaman colectivamente *cromoplasmitos* o *cromoplastos* (gr. *kroma*, color), de los cuales los más importantes son los *cloroplastos* o plastos de color verde, cuyo color es debido a la sustancia denominada *clorofila* (págs. 459 y 511); otros son llamados colectivamente *plastos incoloros* y entre ellos se encuentran los *amiloplastos*, los *eleoplastos* y los *hidroplatos*, nombres que reciben según contengan almidón, aceite o agua, respectivamente *(figura 849)*.

Fisiología de la célula vegetal.—La célula vegetal, aunque esencialmente de igual constitución que la célula animal, está, en general, encerrada, como acabamos de ver, en recia cubierta celulósica que impide los movimientos de su protoplasma y dificulta la adquisición, por sus propios medios, de las sustancias nutritivas. Los plastos impregnados de clorofila son los que permiten a estas células realizar la síntesis

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de sus propios alimentos con los elementos del aire y del agua, que se combinan en virtud de las radiaciones luminosas absorbidas por aquel pigmento verde.

Esta circunstancia es la que determina una diferencia fundamental entre la manera de realizarse las funciones de nutrición en las células vegetales y en las animales, que es la única diferencia fisiológica de la célula vegetal que estudiaremos, puesto que las funciones de reproducción y las de relación se realizan igual que las estudiadas al comienzo en Citología general (pág. 52).

Las células vegetales, libres o asociadas, provistas de *clorofila*, o sea la sustancia que da el color verde a las mismas (pág. 459), poseen, además de las restantes funciones de nutrición comunes a todas las células, tanto animales como vegetales, otra función muy importante, llamada *asimilación clorofílica* o *función clorofílica*, de la que carecen las células que no poseen clorofila. Como esta función se estudiará ampliamente más adelante (véase el capítulo destinado a *asimilación clorofílica)*, no haremos más que indicar que en virtud de ella, y gracias a la energía suministrada por las radiaciones luminosas, la célula puede tomar del medio ambiente la materia inorgánica (el anhidrido carbónico y las sales minerales), que convertirá en la sustancia orgánica protoplasmática que la sustituye.

Para el mejor cumplimiento de la misión que les está encomendada, los cloroplastos gozan de la propiedad de poder cambiar de posición en la célula, en consonancia con la cantidad de luz que ésta recibe. Así, cuando la luz es demasiado intensa y puede ejercer sobre ellos efectos destructores, se colocan normalmente en series, a la superficie de la célula por donde la luz incide, de manera que ésta no hiere directamente más que a uno de ellos *(fig. 853)*. Inversamente, cuando es poco intensa, se colocan paralelamente a la superficie de incidencia de la luz, con objeto de poder aprovechar todas las radiaciones luminosas en el ejercicio de su función *(fig. 854)*.

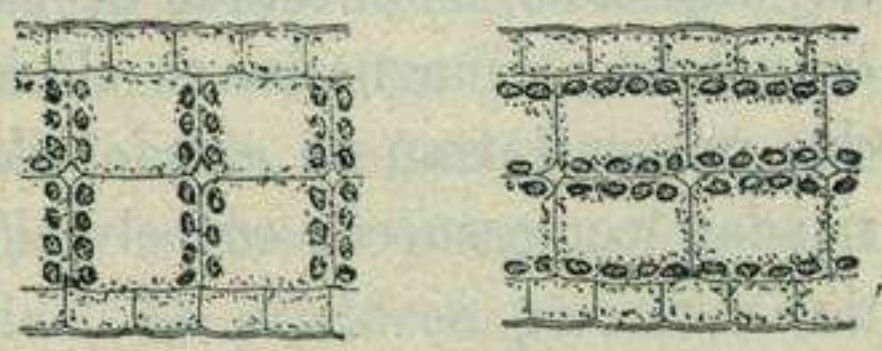


Fig. 853. Fig. 854.

Fig. 853.—Posición de los cloroplasmitos a la luz intensa.
Fig. 854.—Ídem a la luz débil.
En ambos, la luz penetra por las partes superior e inferior.

Los plastos incoloros (amiloplasmitos, etc.) elaboran las sustancias que encierran (almidón, grasas, et-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cétera) a expensas de los materiales orgánicos previamente formados por los cloroplastos, que resultan, por tanto, los más importantes.



Fig. 855.—Fases de la división de un cloroplasmito.

Tanto los plastos coloreados como los incoloros gozan de la propiedad de aumentar su número, multiplicándose por división directa en cuanto alcanzan un tamaño dado *(fig. 855)*.

Productos celulares.—En la célula vegetal existen infinidad de productos que son el resultado de su actividad vital. Los productos celulares pueden localizarse *en el protoplasma* y *en la membrana*.

a) PRODUCTOS CELULARES DEL PROTOPLASMA.

Sustancias inorgánicas.

Según dijimos en Biología general, el *agua* es una de las sustancias que no faltan nunca en la materia viva, entrando en los elementos vegetales en gran proporción. Según Bonnier y Leclerc du Sablon, la membrana celulósica contiene un 70 a un 90 por 100, proporción en que también se encuentra en el protoplasma vivo, disminuyendo en aquel que atraviesa por un estado de *vida latente*, como el que forma parte de las semillas. En el jugo celular que rellena las vacuolas, esta proporción se eleva hasta 94 ó 97 por 100.

La forma en que algunos de los principios inmediatos disueltos se encuentran en las células, parece, según los datos suministrados por la investigación, que no son iguales para todas las células. El *fósforo* parece estar en el estado de *fosfato tricálcico;* el *azufre*, en forma de *sulfato cálcico;* el *potasio*, en el estado de *fosfato* y *nitrato;* el calcio, en el de *nitrato* y *bicarbonato;* el magnesio, en el de *bicarbonato*. Las sustancias minerales que se encuentran en *estado sólido*, son, en cambio, claramente caracterizadas, como sucede con el *sulfato*, y el *carbonato de calcio* y la *sílice*.

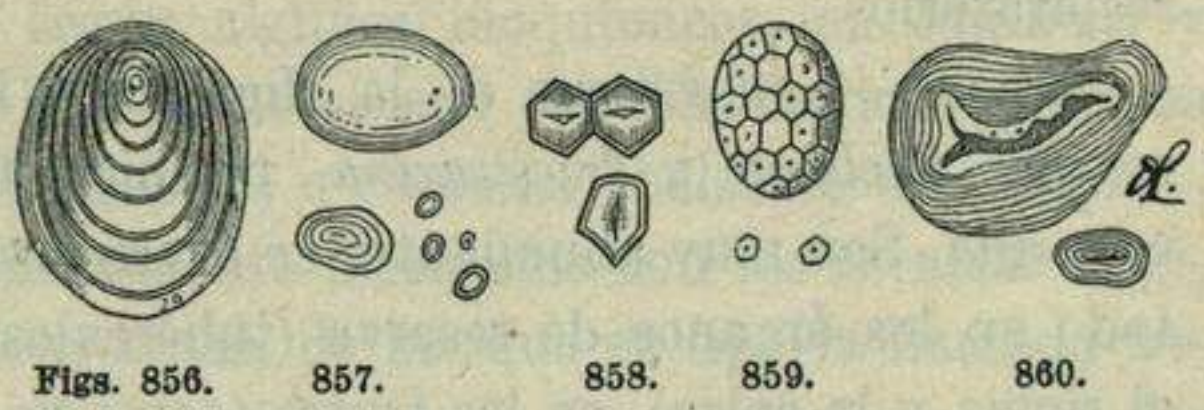
Sustancias orgánicas.

1. Ternarias.

Hidratos de carbono.—Los hidratos de carbono, cuya composición y estructura química se estudiaron al comienzo de esta obra (pág. 17), abundan extraordinariamente en el reino vegetal. Los principales son:

Instituto San Isidro de Madrid 2008

glucosa o azúcar de uva $C^6\ H^{12}\ O^6$, de sabor dulce y que se encuentra en casi todas las células de los vegetales, sobre todo en la uva; la *levulosa* $C^6\ H^{12}\ O^6$, que se halla en muchos frutos maduros, de donde el nombre de *fructosa* o *azúcar de frutos*, sola o asociada a la *glucosa* o a la *sacarosa* o *azúcar de caña* $C^{12}\ H^{22}\ O^{11}$, así llamada por encontrarse en la caña del azúcar; también la posee la raíz de la remolacha, etc. El *almidón* $(C^6\ H^{10}\ O^5)^5$ es una sustancia de color blanco que al microscopio se presenta en forma de granos de tamaño y aspecto muy diversos *(figs. 856 a 860)*. Ordinariamente están formados por capas concéntricas alternativamente claras y oscuras *(fig. 856)*. Los granos pequeños carecen de esta estructura. Con la tintura de yodo toman color azulado. Los términos *almidón* y *fécula* son sinónimos; pero el primero suele reservarse para el extraído de los frutos y semillas, como el trigo, alubias, etcétera, y el segundo para el obtenido de las raíces, tubérculos, etc. La *inulina* es de composición parecida al almidón: se encuentra disuelta en el jugo celular y nunca coexiste con el almidón. Cristaliza en forma de esferas radiadas *(fig. 861)*, sumergiendo los órganos donde se encuentra (raíces tuberculosas de la dalia, etc.) en alcohol de 80º.



Figs. 856. 857. 858. 859. 860.

Diversos tipos de granos de almidón (patata, trigo, maíz, avena y alubia, respectivamente).



Fig. 861.



Fig. 862.

Fig. 861.—Esferas radiadas de inulina.

Fig. 862.—Célula con cristales de oxalato cálcico.

Acidos orgánicos y sus sales.—Los primeros caracterizados por su sabor ácido. Se producen por oxidación de los aldehidos: así, del aldehido acético

$$C\ H_3 - C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix}$$ se origina el ácido acético

$$C\ H_3 - COOH.\ (CH_3 - COH + O = C\ H_3 - COOH.)$$

Los más abundantes son: los grasos *oleico* $C_{17}\ H_{33} - COOH$, *es-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

teárico C_{17} H_{35} — COOH, y *palmítico* C_{15} H_{31} — COOH, que, combinados con la *glicerina*, forman las *grasas:* el *oxálico* COOH — COOH que ya solo, ya, sobre todo, combinado con el calcio formando *oxalato cálcico*, se encuentra en muchas células, en las que cristaliza por ser insoluble *(figura 862);* el *málico* COOH — CH_2 — CHOH — COOH es el ácido de las manzanas, etc.; el *cítrico*, de fórmula muy compleja, es el de los limones, etc.; el *fórmico* H — COOH se encuentra en los pelos urticantes de las ortigas, etc. Los ácidos orgánicos se consideran como alimentos respiratorios.

Grasas.—Son ésteres de la glicerina y las principales son: la *tripalmitina*, *trioleína* y *triestearina*, también llamadas *palmitina*, *oleína* y *estearina*. Son muy abundantes en el reino vegetal. Se los encuentra sobre todo en los órganos de reserva (tubérculos, etc.), en las semillas (como el ricino y la colza), en las frutos (como en la aceituna, etc.). Las grasas parece que son elementos de reserva equivalentes al almidón.

Lipoides.—Entre los lipoides fosforados mencionaremos las *lecitinas*, que se consideran como productos de reserva. Se encuentran abundantemente en los granos de polen, en las semillas de las Leguminosas y en las hojas del té. Entre los no fosforados está la *colesterina*, que se encuentra en muchas células vegetales; se diferencia de la que existe en los animales por su punto de fusión, y se la denomina *fitosterina.*

Taninos.—Son sustancias ternarias, aunque no hidratos de carbono, que se hallan en las agallas o agállaras, y en las cortezas de las encinas, robles, etc. También se llaman, aunque impropiamente, *ácidos tánicos.* Precipitan en negro (tinta) por las sales férricas: a esto es debido que las frutas, etc., que contienen tanino manchen de negro el cuchillo con que se las corta. Con las sustancias albuminoideas forman una materia imputrescible a causa de la formación de tannatos insolubles, por lo que se los usa para curtir pieles.

Esencias.—También se denominan aceites *esenciales*, por su aspecto oleaginoso. Son mezclas de principios inmediatos, en los que predominan los hidrocarburos, alcoholes, éteres, fenoles, aldehidos y ácidos. Entre los compuestos existentes en las esencias están los compuestos terpénicos productos de oxidación, aldehidos, alcoholes, ácidos o éteres derivados de los hidrocarburos de la serie $(C^5\ H^8)^n$, llamados *terpénicos*. El olor de estas sustancias es muy variado y, generalmente, agradable. En el papel, telas, etc., producen manchas análogas a las que originan las gra-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sas, diferenciándose de éstas en que, por ser volátiles, la mancha es transitoria, es decir, que desaparece calentándola o por evaporación al cabo de cierto tiempo. Son solubles en el alcohol, éter y bencina, e insolubles en el agua.

Resinas.—Son sustancias ternarias que proceden de la oxidación lenta de algunas esencias y, como éstas, son muy complejas y heterogéneas. Su función es poco conocida, aunque existen autores que los consideran como productos de excreción.

Las resinas se dividen, según algunos bioquímicos, en *bálsamos* y *resinas propiamente dichas.* Los primeros son oleorresinas acompañadas de *ácido benzoico* (bálsamo de benjuí) o *cinámico* (bálsamo de Tolú).

Las resinas se hallan generalmente mezcladas con las esencias originarias, constituyendo las *oleorresinas*, de las que es tipo la llamada *trementina*, extraída de las coníferas (pinos, etc.). Como, según se dijo, las esencias son volátiles, destilando las oleorresinas saldrá la esencia y quedará un residuo, que será la resina. Así, por ejemplo, de la trementina se obtiene la *esencia llamada de trementina* (el *aguarrás* del comercio es esencia de trementina impura) y la *resina* denominada *colofonia.* También se incluyen en este grupo las gomorresinas, que son mezclas de *resinas* y *gomas.* Estas últimas son cuerpos de composición muy compleja, en los que entra el *ácido gúmico.* Las gomas principales son: la *arabina*, que es gumato cálcico y potásico, principalmente: constituye la mayor parte de la goma arábiga; la *cerasina* o *ceresina*, que existe en la goma de los cerezos, etc. Las *gomorresinas* principales son: el *caucho* o goma elástica y la *gutapercha.* Estas sustancias se encuentran formando el látex de algunas plantas; el caucho abunda, sobre todo, en el de la *Hevea brasilienses*, y la gutapercha en varias Sapotáceas.

2. *Cuaternarias.*

Sustancias proteicas o *albuminoideas.*—Son los componentes más importantes del protoplasma y del núcleo.

Las *albúminas* se encuentran disueltas en el jugo celular; la *legúmina* o *caseína vegetal* es frecuente en las semillas de las leguminosas (garbanzos, etc.); el *gluten* o *fibrina vegetal* se halla en los frutos de las Gramináceas (trigo, etc.); las *peptonas* son albuminoides resultantes de la acción de las *diastasas* sobre otros albuminoides.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Las *proteínas* se acumulan a veces, formando elementos diferenciados en el seno del protoplasma; a dichos elementos se les llama *granos de aleurona (fig. 863)*, y son, por lo tanto, corpúsculos albuminoideos: se encuentran en muchas células, sobre todo de semillas, etc., y están formados, en esencia, por la *sustancia fundamental* de naturaleza albuminoidea, a la que suelen agregarse *inclusiones* de *cristaloides proteicos*, o sea cristales también de naturaleza albuminoidea, en los cuales el valor del ángulo diedro es variable, y de *globoides* o corpúsculos esferoidales de glícero o sacarofosfatos de calcio, etcétera. Los granos de aleurona se forman en los hidroplasmitos y son sustancias del reserva. Los *cristaloides* pueden encontrarse también libres en el protoplasma *(fig. 868)*.



Fig. 863.— Granos de aleurona A con sus cristaloides CR y sus globoides GL.

Fermentos.—Ya vimos en Biología general el significado y naturaleza de estos compuestos. Entre los fermentos vegetales más importantes citaremos: la *amilasa* o *amilopsina* hidrata el almidón y, en último término, le convierte en *maltosa*, que es un azúcar parecido a la sacarosa; la *maltasa* transforma la maltosa en glucosa y levulosa; la *invertina* o *invertasa* hidrata la sacarosa y la convierte en glucosa y levulosa; la *celulosa* transforma la celulosa en glucosa, principalmente; etc. La *saponasa* descompone las grasas en glicerina y el ácido graso correspondiente. La *pepsina*, que, en un medio ácido, transforma los albuminoides en peptonas; la *presura*, que coagula la caseína de la leche como la presura animal.

Alcaloides.—Son compuestos nitrogenados que presentan propiedades básicas más o menos acentuadas. Su constitución química está mal conocida, encontrándose combinados con los ácidos orgánicos o con los taninos. Su papel fisiológico es tan desconocido como su composición. Entre los más conocidos citaremos la *quinina*, la *atropina*, la *estricnina*, *nicotina*, *cafeína*, *morfina*, *cocaína*, etc.

c) Pigmentos vegetales o sustancias colorantes.

Cuerpos de constitución química muy diferentes y coloreados. Casi todos los vegetales presentan pigmentos de una u otra clase, faltando en los hongos y en las bacterias, en cuyos grupos existen, sin embargo, algunas especies que la contienen.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Los pigmentos se presentan impregnando los plastos, como la clorofila; disueltos en el jugo celular, como los pigmentos azules, violetas y rojos de muchas flores, o difusos en el protoplasma, como en ciertas bacterias y en las Cianofíceas.

Sin duda alguna los pigmentos más importantes son los clorofílicos, y entre ellos la *clorofila*, que se estudiará con más detalles más adelante, al tratar de la función clorofílica, tan importante en los vegetales verdes.

b)—Productos celulares localizados en la membrana

Cuando la célula es joven, su membrana está formada por *celulosa* pura, la cual también se halla pura en algunas células adultas, como las de la médula del saúco *(fig. 864)* y del junco *(fig. 865)*, los pelos que forman la borra envolvente de las semillas del algodón, etc. La *celulosa* es un hidrato de carbono que puede considerarse como una anhidrosa resultante de la condensación del almidón. Como la fórmula de éste es $(C^6\ H^{10}\ O^5)^5$, la de la celulosa habrá de ser por lo menos $(C^6\ H^{10}\ O^5)^6$, que es la celulosa menos condensada o *celulosa típica* que forma la membrana de las células jóvenes: es una sustancia incolora y algo permeable al agua y a los gases (*). Pero ordinariamente la celulosa se *transforma*, más o menos completamente, en una nueva sustancia, o bien se *incrusta* de diversos cuerpos de naturaleza mineral u orgánica. La *transformación* de la celulosa puede ser: en *cutina* y en *suberina*, que son dos sustancias ternarias parecidas a la celulosa, aunque de propiedades distintas. La conversión en *cutina* recibe el nombre de *cutinización*, encontrándose células cutinizadas en la superficie libre de muchos órganos, como las hojas, etc. *(fig. 866)*, y además en va-

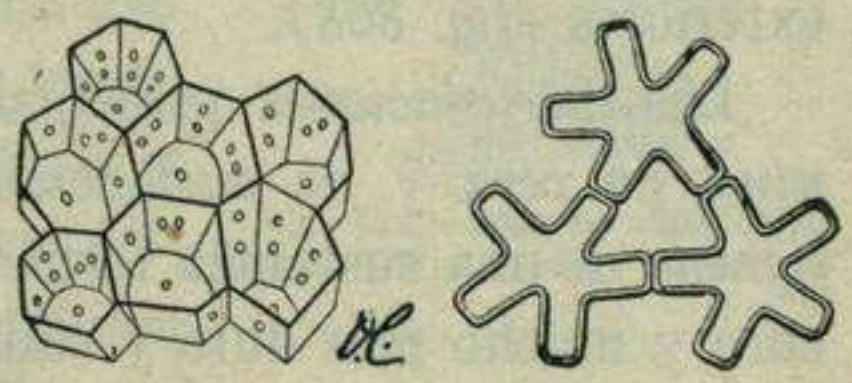


Fig. 864. Fig. 865.

Células poliédricas y estrelladas de la médula del saúco (864) y junco (865), cuyas membranas están formadas por celulosa.

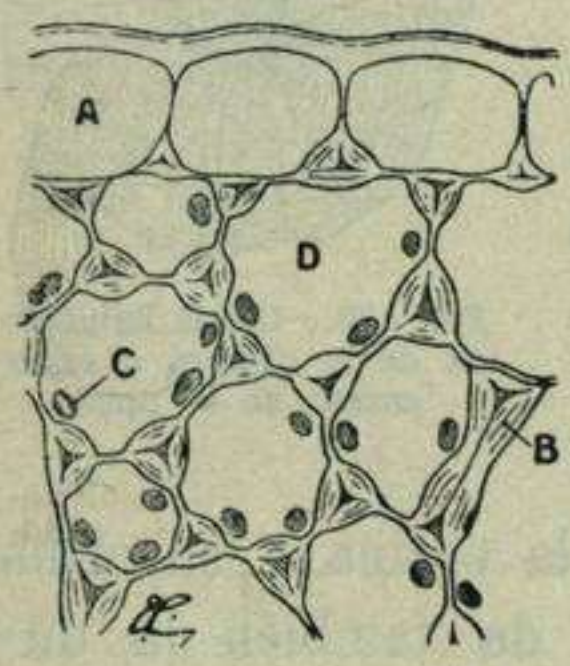


Fig. 866.—Capa de cutina recubriendo las células A.

(*) Acompañando a la celulosa se encuentran los compuestos pécticos, en los que hay que distinguir tres grupos principales: las *pectosas*, las *pectinas* y los *ácidos pécticos*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rias células libres, como los granos de polen *(fig. 867)*: la cutina es impermeable a los gases y al agua, y la cutinización tiene por objeto proteger a los órganos contra un exceso de humedad o sequedad ambientes, así como contra el frío y calor excesivos. La transformación en *suberina* o *suberización* se verifica también en muchos órganos de los vegetales, y las células suberizadas, o, lo que es igual, convertidas en *corcho*, sirven asimismo para proteger los órganos donde se encuentran contra los agentes exteriores *(fig. 868)*.

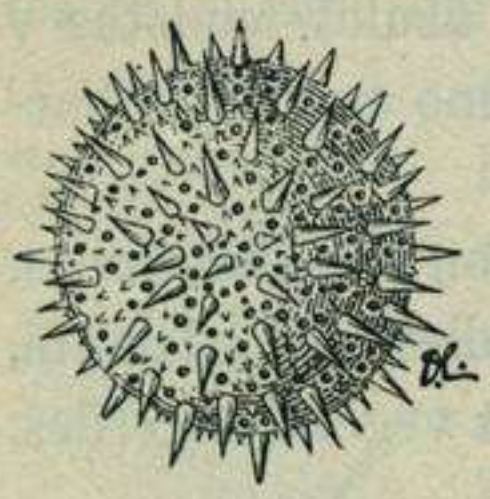


Fig. 867.—Grano de polen cuya membrana exterior con sus salientes, etc., está cutinizada.

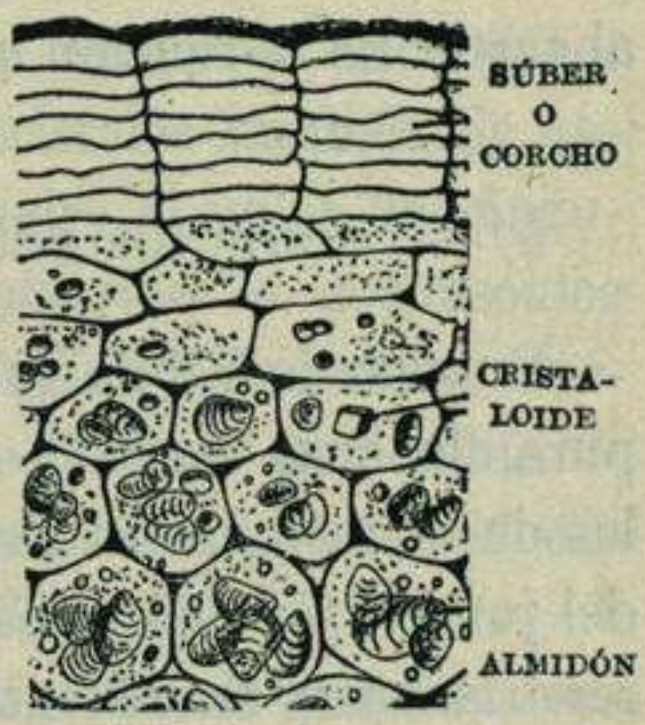


Fig. 868.—Capa periférica de un tubérculo de patata.

Las *incrustaciones* principales son: de *lignina*, de *cera* y de *sustancias minerales*. La *lignina* es una sustancia ternaria de color oscuro y mucho más dura y resistente que la celulosa. La lignina es elaborada por el protoplasma celular y va incrustándose progresivamente en la membrana celulósica por capas concéntricas que reducen gradualmente la cavidad de la célula *(figs. 869* y *870)*. El fenómeno de la lignificación origina membranas vegetales sumamente duras y resistentes, siendolas células lignificadas las que constituyen la *madera* o *esqueleto* interior de los vegetales que sirve para sostenerlos, mientras que la cutina y suberina sirven de meros *protectores* exteriores. La lignina da también la dureza a las células del hueso o pepita de algunos frutos (melocotón, nuez, etc.) *(fig. 870)*. La incrustación de *cera o cerificación (fig. 871)* se verifica en las membranas expuestas al aire y origina un revestimiento impermeable que sirve para evitar que penetre el agua en los órganos que recubre. Aunque la cantidad de cera que incrusta las

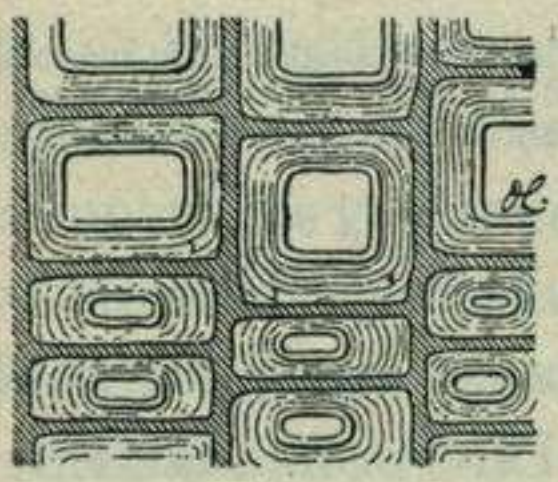


Fig. 869.—Corte transversal de la madera del pino silvestre, cuyas células están lignificadas.

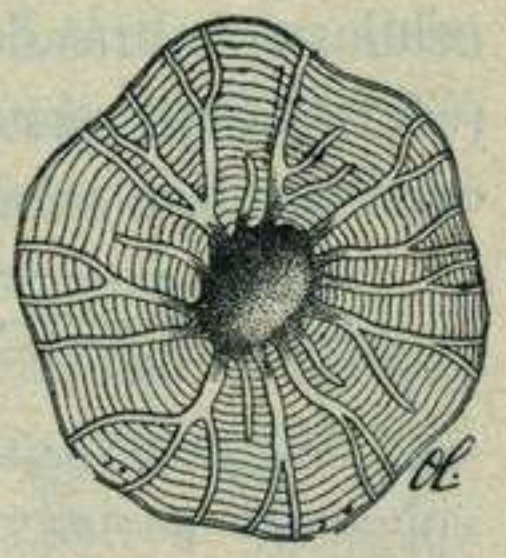


Fig. 870.—Célula lignificada de la cáscara o endocarpio de la nuez.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

membranas celulares es generalmente pequeña (como ocurre con las ciruelas, uvas, hojas de la berza, etc., cuyo aspecto blanquecino es debido a la cera), otras veces la cantidad es grande, como en la palmera de la cera de los Andes. La *mineralización* o incrustación por sustancias minerales puede ser, principalmente:

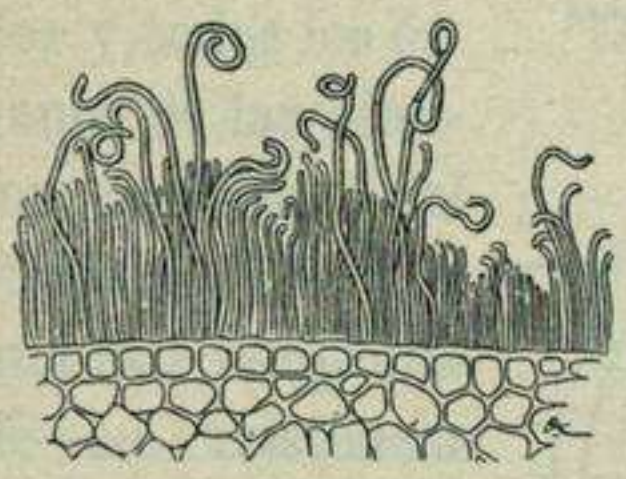


Fig. 871.—Capa periférica del tallo de la caña de azúcar con filamentos de cera.

calcificación o incrustación por carbonato cálcico, frecuente en muchas algas marinas *(fig. 872)*, y la *silificación* o incrustación por sílice, común en muchos vegetales como el trigo, maíz, diatomeas, etc. Merecen citarse los *cistolitos*, que son espesamientos de la membrana celulósica hacia el interior de la célula y recubiertos, además, de carbonato cálcico *(figura 990)*. Finalmente, las membranas celulares pueden transformarse en *gomas* o en *mucílagos*. En ciertas algas sus células están envueltas en una cubierta de esta sustancia. Los mucílagos forman espesa capa en algunas Algas, como el *Gelidium spiriforme*, de los que se extrae la *gelosa* o *agar-agar*, que tanto se utiliza en los cultivos de bacterias.



Fig. 872.—Alga coralina calcificada.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

HISTOLOGÍA VEGETAL

Las Briofitas, las Criptógamas vasculares y las Fanerógamas son las únicas plantas en las que existe una verdadera diferenciación histológica. En las Talofitas existe tan sólo un acúmulo de células que constituyen el llamado *talo*, sin que en él se puedan señalar verdaderos tejidos. En las Muscíneas se encuentran ya asociaciones de células que pueden considerarse como tejidos, pero su diferenciación está, sin embargo, poco acusada. En las plantas vasculares (Criptógamas vasculares o Pteridofitas y Fanerógamas) la diferenciación histológica está muy avanzada y los tejidos están claramente definidos, por lo que en el estudio de ellos nos limitaremos a describir los de estas plantas.

Ya se dijo (pág. 70) que los *tejidos* son las asociaciones de células que tienen análoga estructura, composición química y funciones. En los vegetales se admiten seis grupos principales: los *meristemos*, los *parenquimas*, los *tejidos tegumentarios*, los *conductores*, los *secretores* y los de *sostén*.

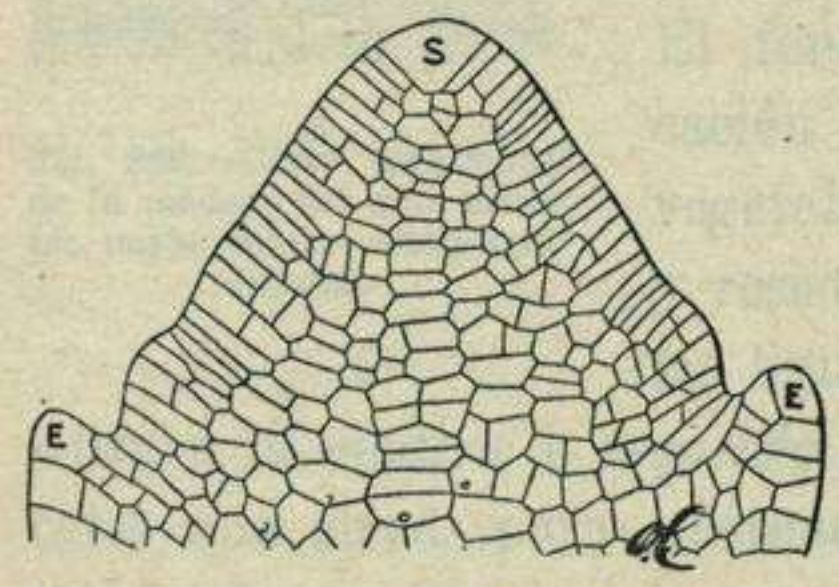


Fig. 873.—Meristemo primitivo de un tallo subterráneo de *Equisetum*.—*S*. célula terminal que origina todas las demás; E, células que darán origen a las hojas.

Meristemos.—Sirven para originar nuevas células y los restantes tejidos, por lo que también se les llama *tejidos formadores*. Sus células aparecen, por esto, en vías de división. Comprenden dos clases: el *meristemo primitivo* y los *meristemos secundarios*. El primero se encuentra en el extremo de los órganos del vegetal en vía de crecimiento, como en el de la raíz, etc. *(fig. 873)*; los *secundarios*, así llamados porque derivan de los anteriores, se hallan en el espesor de algunos órganos del vegetal *(fig. 874)*. Las células de ambos gozan

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de la propiedad de dividirse activamente y tienen sus paredes celulósicas y delgadas.

Todos los tejidos y todos los órganos de las plantas proceden del embrión, que en una fase temprana de su existencia está constituído simplemente por un meristemo indiferenciado.

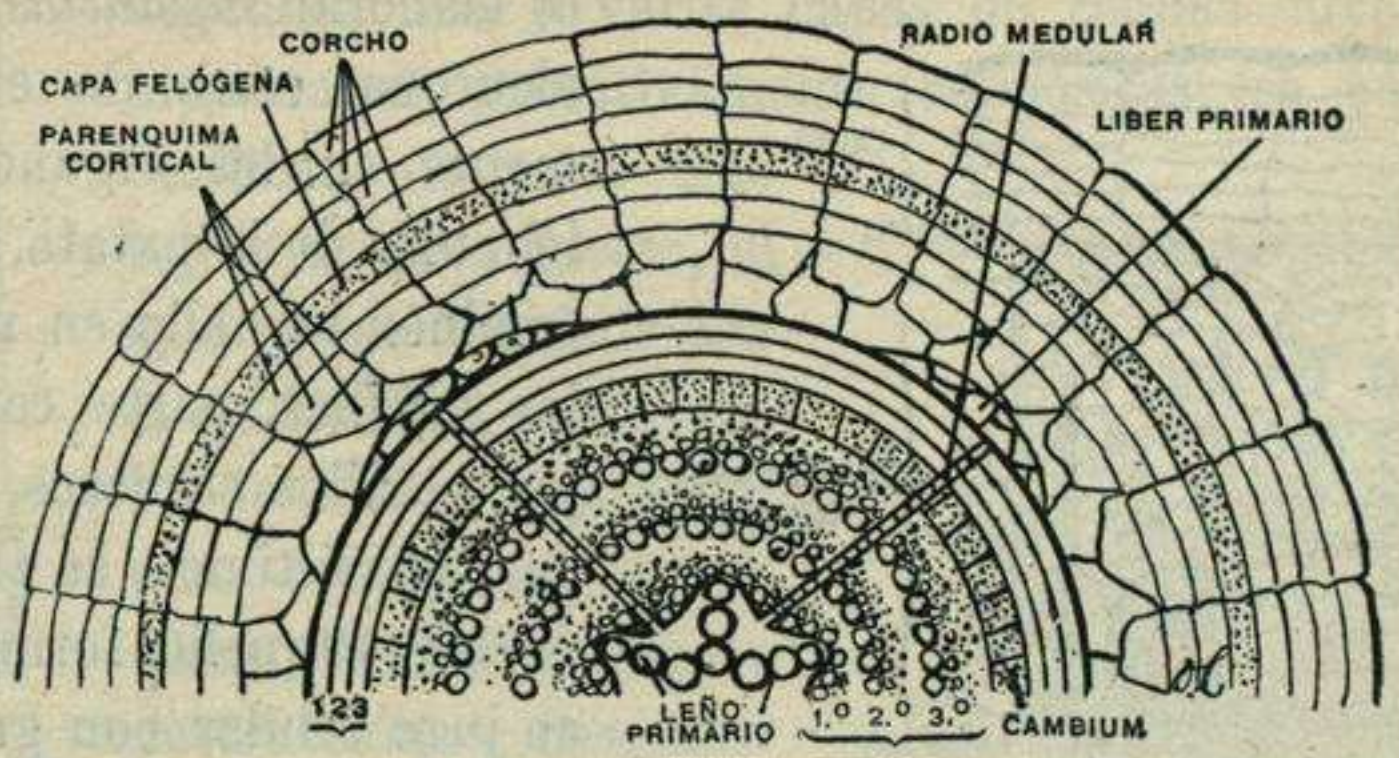


Fig. 874.—Esquema de los meristemos secundarios (cambium y capa felógena) de una raíz de Fanerógama Dicotiledónea.

Parenquimas.—Constituyen la parte esencialmente viva y activa del vegetal: en sus células se elaboran la mayor parte de las sustancias que han de servir para la nutrición del mismo, por lo que algunos los denominan tejidos *nutricios y asimiladores*. En realidad, los meristemos estudiados son verdaderos parenquimas de función formadora. Se distinguen dos clases principales: el *clorofílico* y el *incoloro*. El primero posee cloroplastos, gracias a los cuales puede asimilar las sustancias inorgánicas, principalmente el carbono del anhidrido carbónico del aire. Se encuentra en los órganos aéreos del vegetal (hojas, etc.) y se distinguen dos variedades: el llamado *parenquima clorofílico de células en empalizada* o *parenquima muriforme*, que está formado por células prismáticas alargadas e íntimamente unidas unas a otras *(fig. 875)*, y el *parenquima lagunoso*, constituído por células irregulares poco adherentes entre sí y que dejan grandes meatos o

Fig. 875.—Corte transversal del limbo de una hoja de adelfa: E, estomas; CR, cristales de oxalato cálcico.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

lagunas *(fig. 875)*. El *parenquima incoloro* carece de clorofila y su misión es elaborar *sustancias de reserva* (almidón, aleurona, etc.). Se encuentra preferentemente en los órganos subterráneos (tubérculos de la patata, etc.) *(fig. 876)*, pero también se halla en muchos aéreos, como las semillas, parte central de algunas hojas y tallos carnosos, etc.

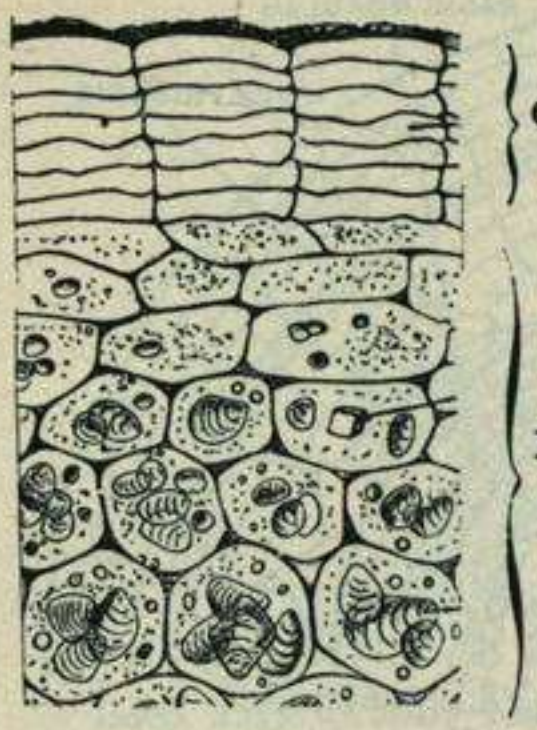


Fig. 76.—Corte de la capa periférica de un tubérculo de patata.

Por último, se llaman *parenquimas acuíferos* aquellos formados por células ricas en jugo celular con gran cantidad de agua y que son muy pobres en protoplasma. Este tejido es abundante en las plantas crasas.

Tejidos tegumentarios.—Sirven para proteger exteriormente la planta. Comprenden dos tejidos distintos: el *epidérmico* y el *suberoso*.

Tejido epidérmico.—Constituye la capa externa que recubre muchos órganos, como las hojas, los tallos jóvenes, etc., y está formado por una o varias capas de células cuyas paredes exteriores están cutinizadas *(fig. 875)*, las laterales celulósicas y muy adherentes con las vecinas, y las inferiores, también celulósicas, pero poco adheridas a las subyacentes, lo que permite separarlas con facilidad de ellas.

Estomas.—Diseminados en la epidermis existen unos orificios que sirven para poner en comunicación el interior de la planta con el medio ambiente: estos orificios se denominan *estomas* y cada uno de ellos está formado por dos células de forma arriñonada *(figura 877)*, cuyas concavidades se corresponden y dejan entre sí el pequeño orificio de que antes se habló, denominado *ostiolo (a)*, el cual comunica con una pequeña cavidad denominada *cámara subestomática (fig. 878, c)*.

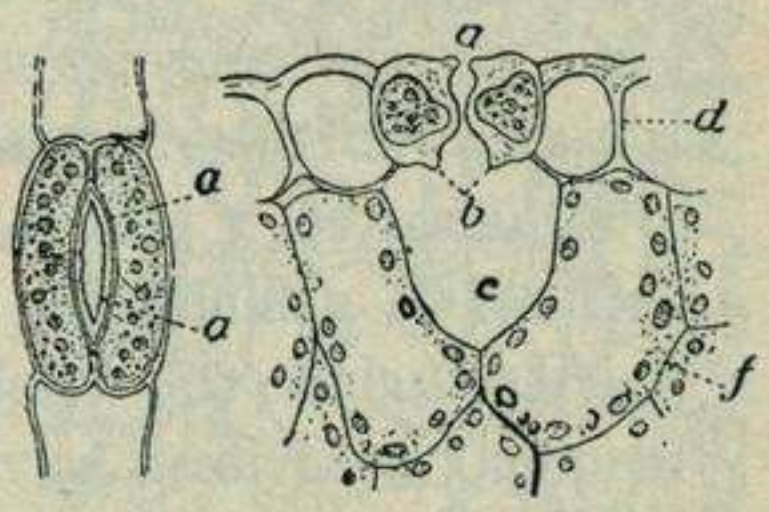


Fig. 877. Estoma, de frente.

Fig. 878.—El mismo, en corte transversal.

Pelos.—Consisten en células epidérmicas que se desarrollan más que las restantes y sobresalen por encima de la superficie del órgano donde se hallan. En su origen todos los pelos son *unicelulares (fig. 879)*, pero éstos pueden dividirse después, originando los *pluricelulares*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TEJIDO SUBEROSO.—Debajo de la epidermis se encuentra en muchos vegetales una o varias capas de células cuyas membranas, primitivamente celulósicas, se suberifican después: este tejido es el *suberoso*, el cual puede coexistir con el epidérmico, según acaba de decirse *(fig. 880)*; pero ordinariamente su desarrollo determina la destrucción y desaparición de la epidermis que le cubría primitivamente *(fig. 876)*; así ocurre, por ejemplo, en el tronco de los árboles, particularmente en el alcornoque, en el cual adquiere este tejido tan gran desarrollo, que pueden sacarse capas de grosor superior a un decímetro.



Fig. 879.—Diversos tipos de pelos unicelulares.—1, de violeta; 4, de ortiga.

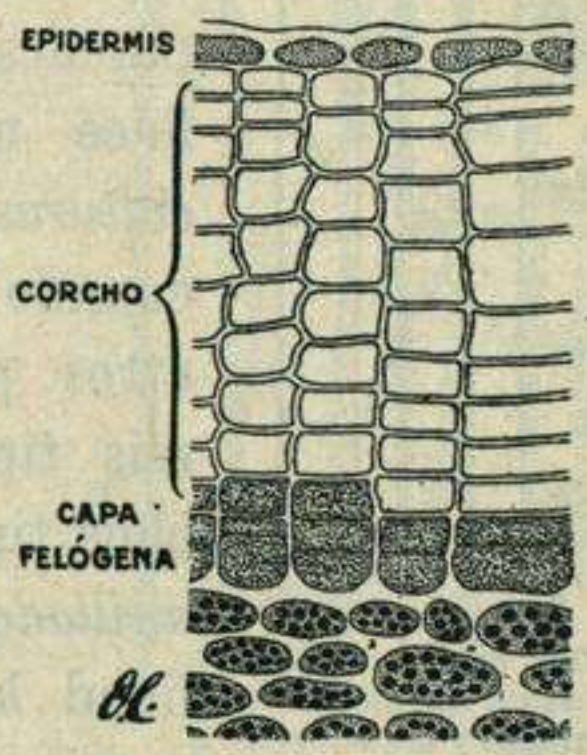


Fig. 880.— Corte transversal de un tallo joven de *Ailanthus glandulosus*.

De un modo análogo a como en la epidermis existen los estomas que permiten los cambios gaseosos de la planta; en el tejido suberoso, cuando éste recubre al vegetal, hay que distinguir las *lenticelas*, que consisten en papilas formadas por corcho poroso, cuyas células dejan entre sí espacios más o menos amplios *(fig. 881)*.

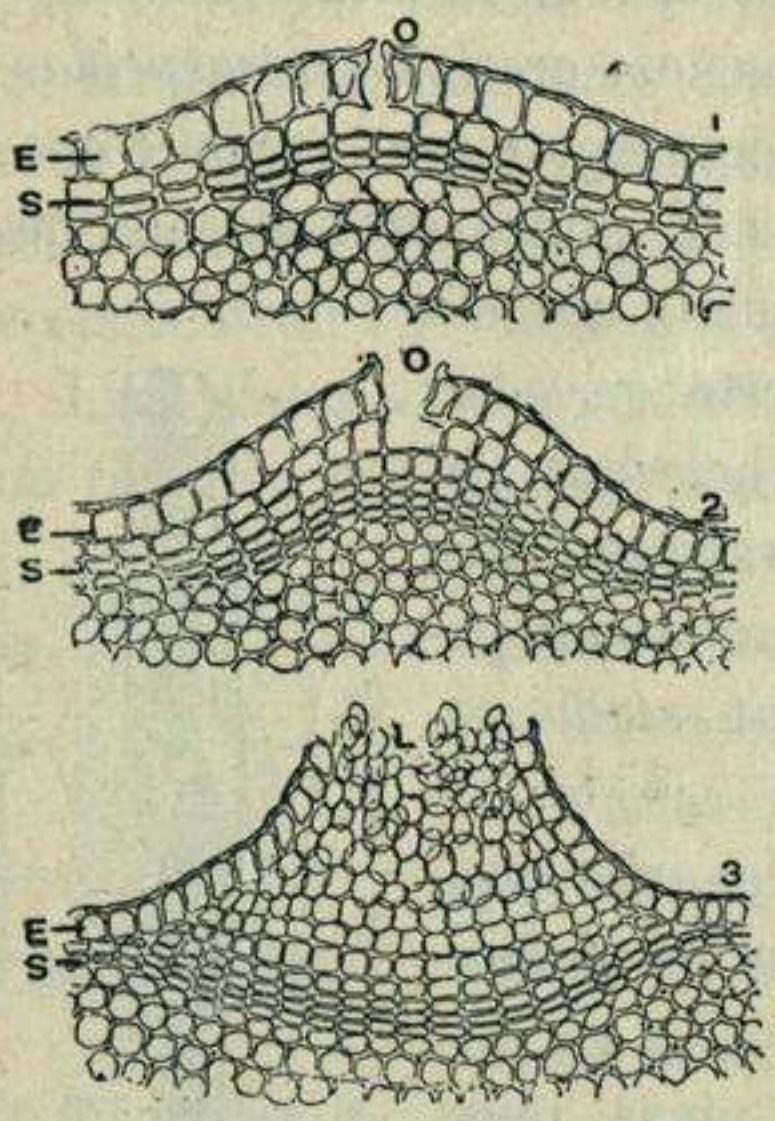


Fig. 881.—1, 2 y 3, diversos estados de desarrollo de una lenticela de *Betula alba*.—*E*, epidermis; *S*, suber; *O*, estoma; *L*, lenticela. (Según J. L. Lanessan).

Tejido conductor.—Sirve para llevar los líquidos nutricios a los distintos órganos del vegetal. Se le denomina también *tejido vascular* por estar constituído por las células modificadas denominadas *vasos*. Estos vasos son de dos clases: los *leñosos* y los *liberianos*. Los *vasos leñosos* deben su nombre a que sus paredes están lignificadas. Uno de estos vasos consiste en una fila de células superpuestas, cuyos tabiques transversales de separación se reabsorben más o menos completamente y originan un tubo

Instituto San Isidro de Madrid 2008

continuo. Estos vasos son primitivamente células vivas *(fig. 882, 1)*, puesto que poseen protoplasma y núcleo, y sus paredes son celulósicas; pero después se convierten en células muertas *(4)*, por perder su protoplasma y núcleo, y sus paredes se incrustan de lignina. Esta incrustación no se hace nunca de una manera uniforme, sino formando *esculturas en relieve*, que aun cuando varían de unos a otros pueden reducirse a seis tipos principales. Dichos tipos son *(fig. 883)*: *anillados; espirales* (en realidad *helicoidales)* o *tráqueas*, nombre este último que alude a su semejanza con los tubos respiratorios o *tráqueas* de los insectos (véase pág. 172); *punteados*, en los cuales la lignina se deposita en toda la membrana, excepto en algunos puntos pequeños; *areolados* o *traqueidas* *(figura 884)*, propios de las Gimnospermas, que son como los punteados, en los cuales cada punto está rodeado de una areola o especie de círculo o aureola de lignina más gruesa que el resto; *rayados; escalariformes*, típicos de los helechos *(figura 885)*, que son como los rayados, pero prismáticos y con la lignina en bandas paralelas, formando una especie de escalera (lat. *scalla*, escalera).

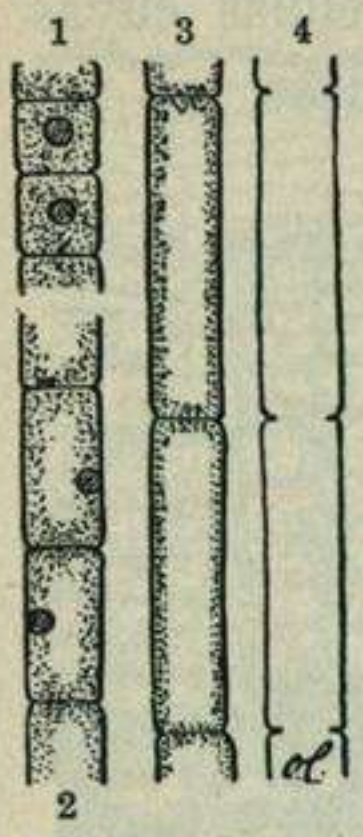
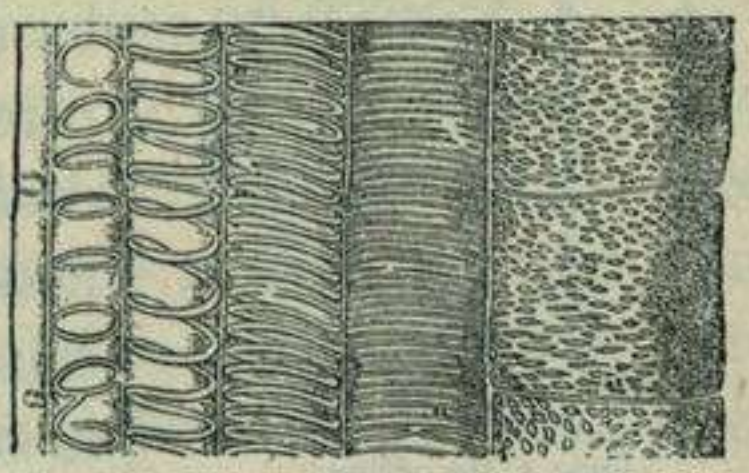


Fig. 882. — Esquema del alargamiento y transformaciones sucesivas de las células (1) para convertirse en vasos (4).



1 2 3 4 5 6
Fig. 883.—Vasos leñosos: 1 y 2, anillados; 3 y 4, espirales; 5, rayado; 6, punteado.



Fig. 884. — Pared de un vaso areolado.



Fig. 885. — Vaso escalariforme de un helecho.

Los vasos leñosos no se encuentran aislados, sino asociados, constituyendo los *haces leñosos*, y son los que forman la *madera* de los vegetales.

Los *vasos liberianos* o *libéricos* son células vivas, puesto que poseen protoplasma y núcleo; sus paredes se conservan celulósicas. Cada vaso liberiano está constituído como los leñosos, o sea por células superpuestas; pero aquí los tabiques de separación entre cada dos células no se reabsorben por completo, sino que lo hacen sólo en determinados pun-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tos, originándose así una especie de criba, que es a lo que alude el nombre de *vasos cribosos* con que también se les conoce. Estos orificios se obstruyen en invierno por medio de una sustancia llamada *calosa*, que se disuelve al llegar la primavera *(fig. 886)*. También los vasos liberianos se asocian, originando los *haces liberianos*, que constituyen la parte blanca y más blanda, situada por fuera de la madera.

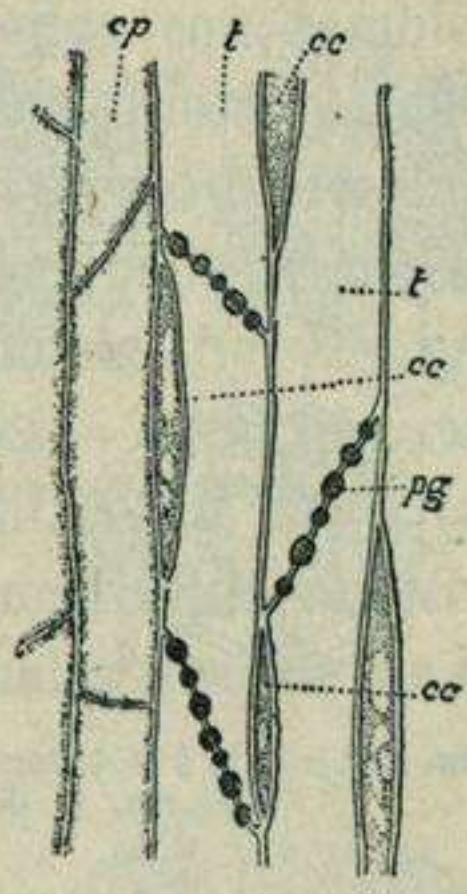


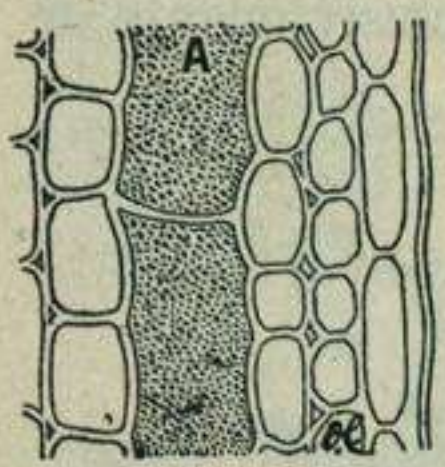
Fig. 886. — *t*, vasos cribosos cuyas cribas, situadas en los tabiques transversos y oblicuos, están obturadas por la calosa, *po*.

La asociación de haces liberianos y leñosos origina los llamados *haces líbero-leñosos*.

Tejido secretor.—Está formado por células cuya misión consiste en elaborar y acumular sustancias diversas que la planta no utiliza ulteriormente, o que, por el contrario, emplea en sus múltiples actividades.

El tejido secretor puede estar constituído, principalmente: ya por *células aisladas* o en pequeños grupos; ya por *células agrupadas en filas*, en *conductos* o en *nódulos;* ya, finalmente, por *tubos continuos* o *vasos secretores*. Las células secretoras aisladas son, generalmente, pelos epidérmicos llamados *glandulares*, llenos de diversos productos de excreción, principalmente las esencias; se encuentran en varias plantas, como la menta, ortiga, etc. *(fig. 879)*.

Las *células agrupadas en filas* y poseyendo tabiques de separación, son también frecuentes, encontrándose en la cebolla *(fig. 887)*, etc.



A E

Fig. 887.—Células laticíferas A del bulbo de la cebolla; E, epidermis cutinizada.

Los *conductos secretores* consisten en la asociación de varias células que forman la pared de un conducto, en el cual vierten sus productos de secreción *(figuras 888* y *889)*;

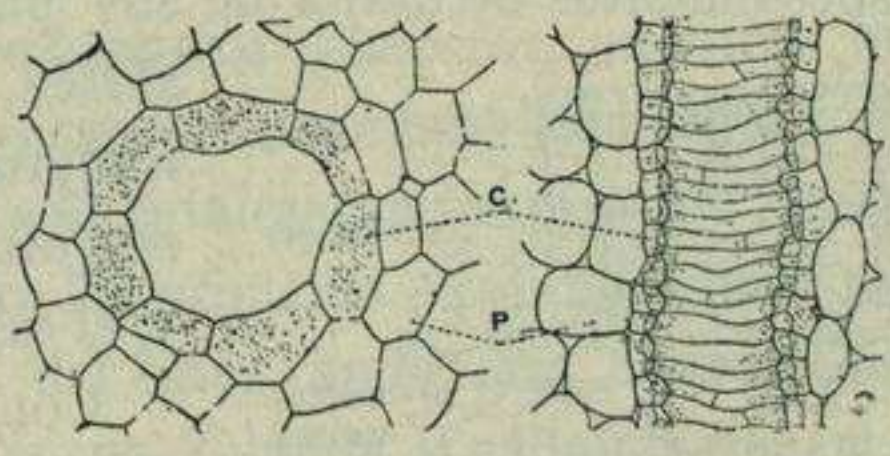


Fig. 888. Fig. 889.

Corte transversal *(fig. 888)* y longitudinal *(figura 889)* de un conducto secretor; C, células secretoras.

se encuentran conductos secretores en los pinos, perejil, etc.

Los *nódulos secretores*, también llamados *bolsas secretoras*, consisten en una reunión de células secretoras, cuyos productos de secreción se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vierten en una cavidad central por disolución de las membranas de la célula, mezclándose el producto formado con los restos de la célula *(fig. 890)*. Se encuentran en la corteza del fruto de los limones, naranjas, etc.

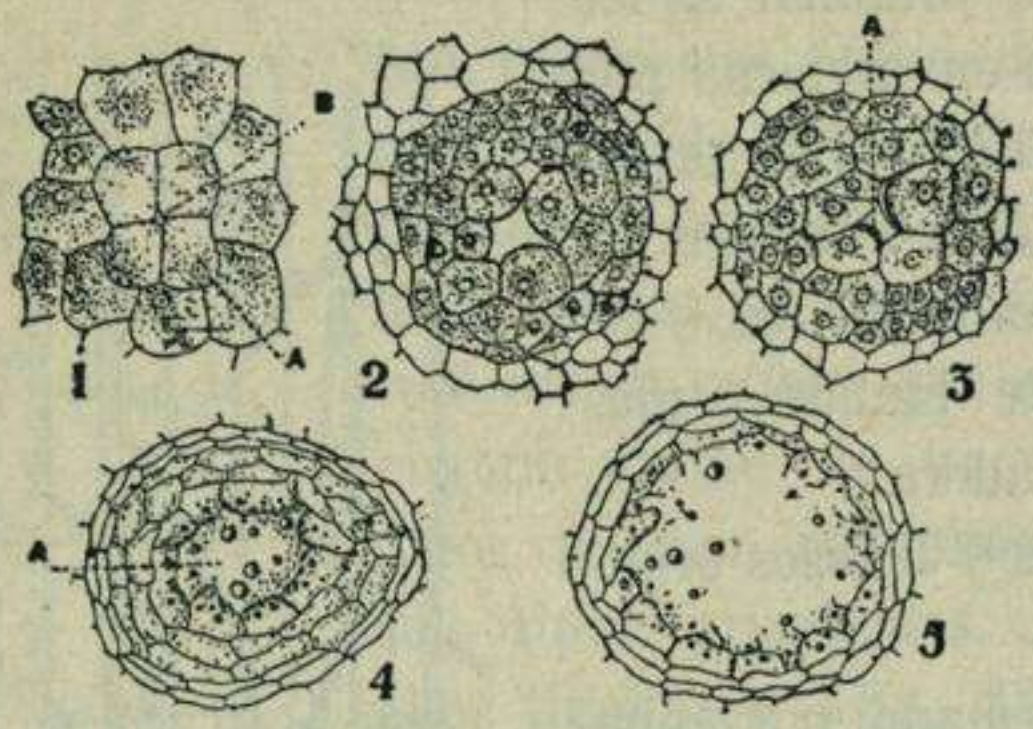


Fig. 890.—1, 2, 3 y 4, formación de las bolsas ; ecretoras, 5, del limonero.

Los *vasos laticíferos* consisten en largos tubos de paredes celulósicas que no presentan ni vestigio de tabiques y en cuyo interior *(fig. 891)* existe un líquido espeso denominado *látex*, de un modo genérico, el cual contiene diversas sustancias, entre otras, granos de almidón en forma de varitas, fémures, etc. Se encuentran en algunas plantas, como la higuera, la lechetrezna, la lechuga, etc.

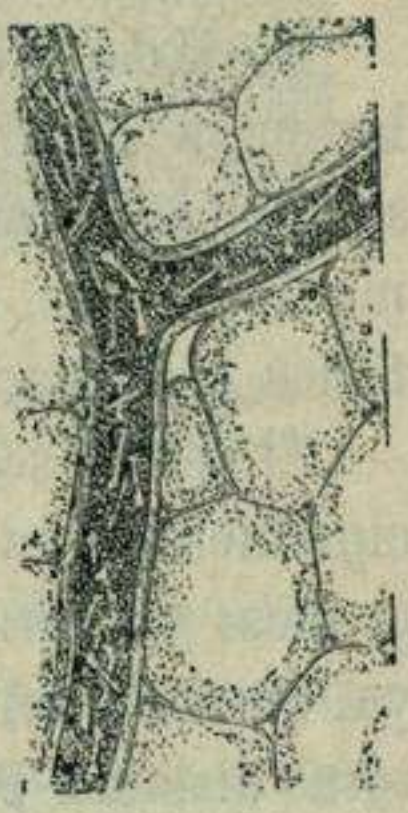


Fig. 891.—Tubos laticíferos de una lecheruela o lechetrezna *(Euphorbia)*.

Tejidos de sostén.—Son todos aquellos que por la gran resistencia de las paredes de sus células forman como el esqueleto o armazón que soporta los restantes tejidos vegetales y da solidez y consistencia a los órganos de los mismos. Los vasos leñosos pueden considerarse, a la vez que elementos conductores, de sostén, por los espesamientos de linina de sus paredes. Los tejidos exclusivamente de sostén, son: el *colenquima*, el *parenquima escleroso* y el *esclerenquima*.

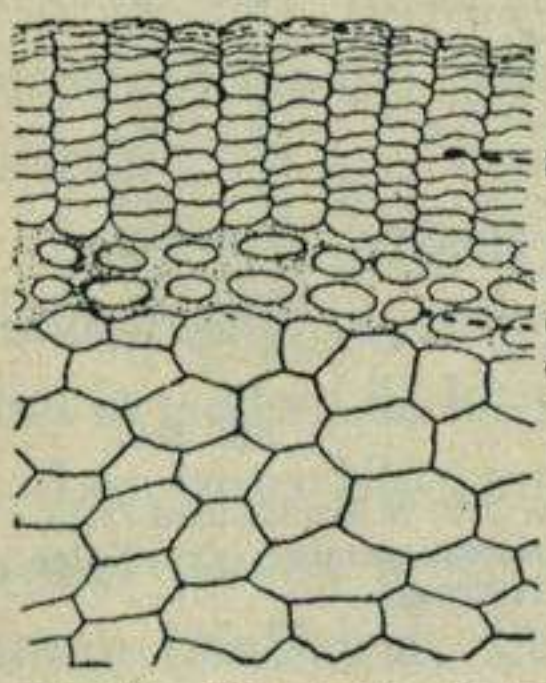


Fig. 892.--Colenquima de células con sus paredes uniformemente espesadas.

COLENQUIMA.—Consiste en *células vivas*, cuya membrana *celulósica* es gruesa, ya toda ella *(fig. 892)*, ya sólo en los ángulos de unión con las células vecinas *(fig. 893, B)*. Ordinariamente se encuen-

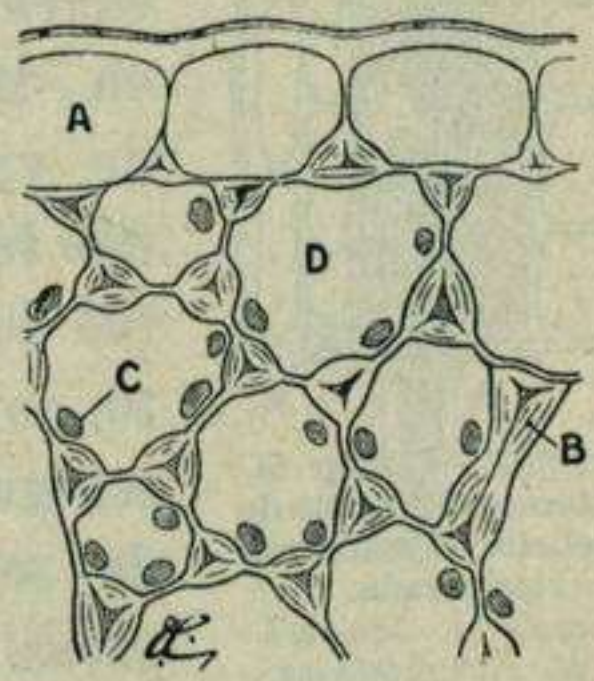


Fig. 893.--B. Colenquima de células con espesamientos en sus ángulos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tra debajo de la epidermis en capas continuas o en cordones paralelos al eje del órgano donde se hallan.

PARENQUIMA ESCLEROSO.—Las células de este tejido son también *células vivas* y difieren de las del colenquima en que sus gruesas paredes se *lignifican* más o menos fuertemente. Se encuentran en capas o cordones en varios órganos *(fig. 894, g)*.

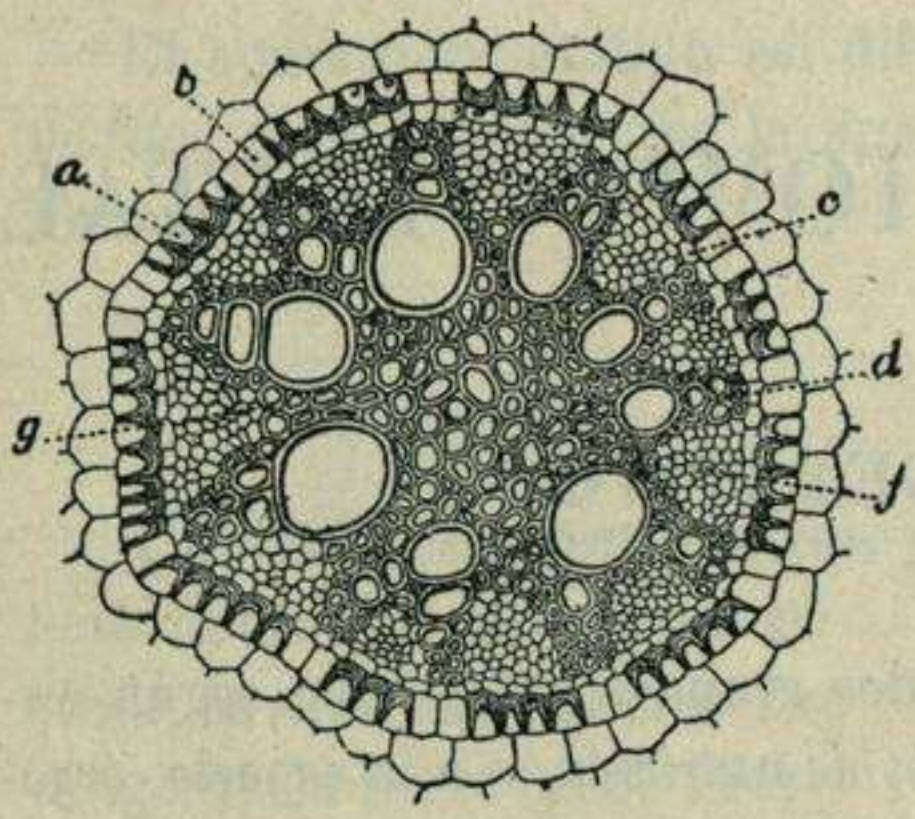


Fig. 894.—*g*, parenquima escleroso.

ESCLERENQUIMA.—Es al que mejor cuadra el calificativo de tejido de sostén y está constituído por *células muertas*, las cuales pueden ser de dos categorías: o cortas, en cuyo caso se llaman *esclereidas*, o largas y fusiformes, en cuyo caso se denominan *fibras*. Las primeras tienen la membrana lignificada y se encuentran en la parte comestible de la pera, en el hueso o cáscara de otros frutos, como la nuez *(fig. 895)*, etc. Las segundas son ordinariamente muy largas y terminan en punta en sus dos extremos *(fig. 898)*; pueden ser de dos clases: *fibras celulósicas* y *fibras lignificadas*; en las primeras, la membrana es *exclusivamente celulósica*, mientras que las segundas tienen su membrana *lignificada* totalmente o sólo en parte. Entre las primeras están las fibras textiles del lino, ramio, etc. Las del lino de Nueva Zelanda y cáñamo tienen su membrana ligeramente lignificada, y las del yute, esparto, etc. totalmente lignificada. Fibras lignificadas o *leñosas* se encuentran también en la madera de los árboles, mezcladas con los vasos leñosos; y fibras celulósicas en el líber de los mismos, mezcladas con los vasos liberianos, de donde el nombre de fibras *liberianas* con que también se conocen.

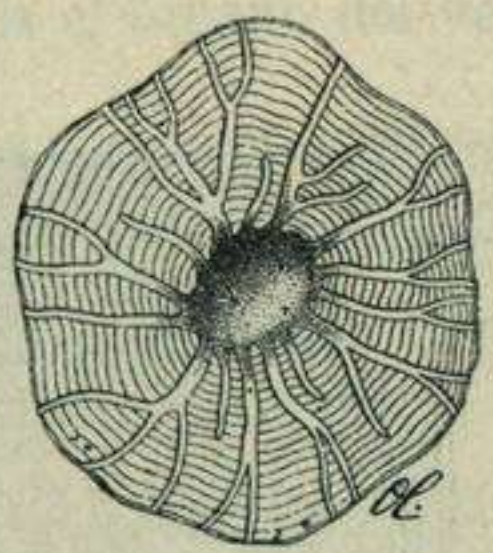


Fig. 895.—Esclereida de cáscara de la nuez.

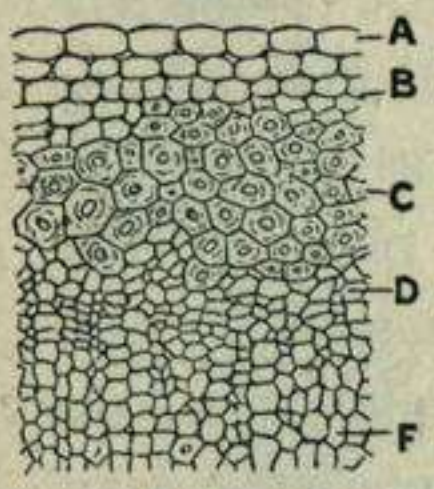


Fig. 896.



Fig. 897.



Fig. 898.

Fig. 896.—Corte transversal de un tallo de lino; C, fibras.—897, las mismas, más aumentadas.—898, punta y cuerpo de una fibra aislada.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ORGANOGRAFÍA Y ANATOMÍA VEGETAL

APARATO VEGETATIVO

Los órganos pueden agruparse en dos grandes categorías, según sirvan para conservar al individuo, *órganos de nutrición*, o a la especie, *órganos de reproducción.*

En las Talofitas no existe realmente una diferenciación de los órganos de la nutrición, ya que todo su cuerpo está integrado por una o muchas células que forman una masa llamada *talo*, en la que nunca existen ni fibras ni vasos. A veces, sin embargo, como sucede en los *Fucus*, *Laminaria* y otras algas marinas, parece como si existiera una diferenciación manifiesta de unas partes que fijan al vegetal a las rocas (raíces), otra porción cilíndrica y caulinar (tallo) y una expansión (hoja o fronde) *(fig. 899)*. Esta apariencia es engañosa, pues se limita a una diferenciación meramente morfológica, ya que la estructura y la función de estos aparentes órganos es casi idéntica.

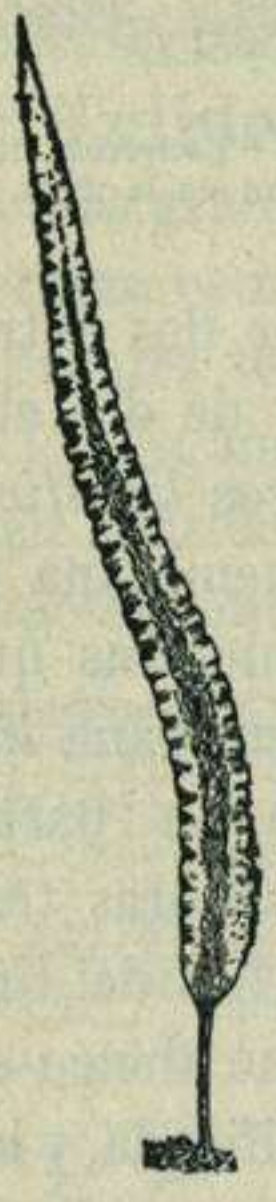


Fig. 899. — *Laminária.* Talofita que aparentemente consta de raíz, tallo y hoja.

En las Muscíneas o Briofitas el aparato vegetativo es también un talo, que en las formas más superiores parece diferenciado en dos clases de órganos: el *tallo* y las *hojas;* pero en ellas faltan siempre las fibras y los vasos y



Fig. 900. — Musgo completo *(Mnium)*, planta con tallo, hojas y rizoides.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

carecen de raíces, existiendo, a lo sumo, en lugar de éstas, unas células alargadas llamadas *pelos rizoides (fig. 900)*.

En las plantas vasculares (Criptógamas vasculares o Pteridofitas y Fanerógamas), la *raíz*, el *tallo* y las *hojas* aparecen como órganos perfectamente diferenciados anatómica y funcionalmente.

El aparato vegetativo así diferenciado se ha llamado *cormus*, y *cormofitas* a las plantas que le presentan y que son las Pteridofitas y las Fanerógamas.

RAÍZ

Caracteres generales y morfología.—Es el órgano del vegetal dotado de *geotropismo positivo*, es decir, que al crecer se dirige hacia tierra (pág. 184) y que carece de hojas y de esto mas. Ordinariamente vive en tierra, adonde fija a la planta, pero también puede vivir en el agua (lenteja de agua) y en el aire (algunas orquídeas tropicales *epifitas*, es decir, que viven sobre otras plantas, pero sin ser parásitas) *(fig. 901)*.



Fig. 901.—El lago Yojoa (Honduras) está bordeado por árboles sobre los que vive la Bromeliácea *epifita* llamada *pasta de Cerro (Tillandsia usneoides)*, que forma a la manera de lasas cabelleras pendientes del tronco y ramas de los mismos. Por excepción, esta especie tiene la raíz muy poco desarrollada; pero es uno de los más bellos ejemplos para demostrar cómo viven las plantas epifitas. (Fotografía comunicada por el profesor hondureño doctor Santiago Cervantes).

Cuando es joven tiene forma de cono alargado, cuya base corresponde al *cuello* o punto de unión con el tallo, a partir del cual hasta la punta o extremo libre se distinguen varias regiones, que son *(figura 902)*: 1.ª, una región desnuda; 2.ª, otra cubierta de finos pelos llamados *pelos radicales* o *pelos absorbentes;* 3.ª, otra porción desnuda, y 4.ª, la punta protegida por un órgano llamado *cofia* o *pilorriza* (gr. *pilos*, sombre-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ro). Las regiones que merecen fijar la atención son la de la *cofia* y la de los *pelos radicales.*

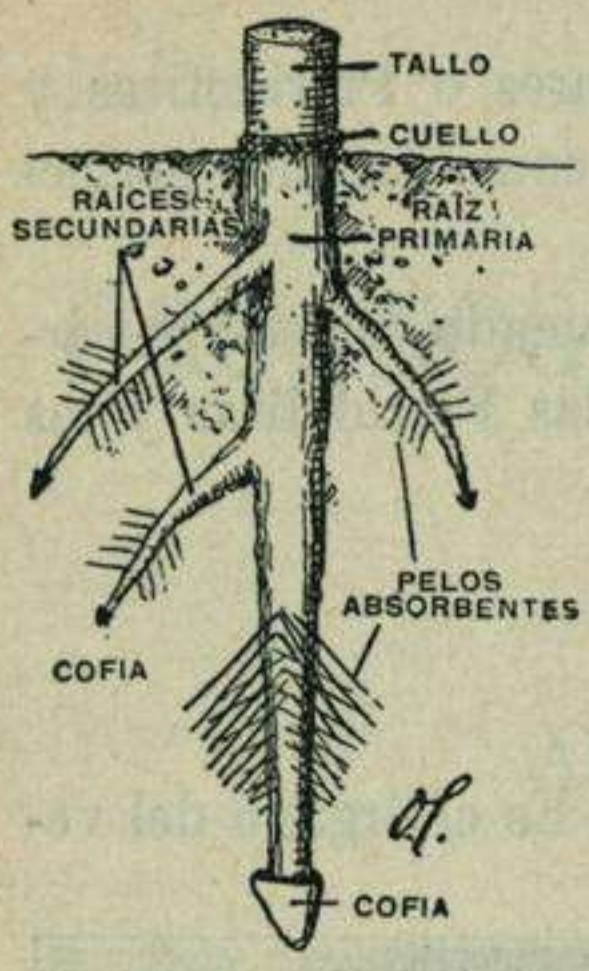


Fig. 902.—Esquema de la raíz principal y raíces secundarias.

La *cofia (figs. 902* a *906)* consiste en una especie de dedal que cubre y protege el extremo libre de la raíz del roce contra el suelo que puede destruir el meristemo terminal, o le defiende de la desecación en las raíces aéreas, o de los ataques de los seres acuáticos a las que viven en el agua.

Las capas exteriores de la cofia son caducas, cayendo a medida que nuevas capas se forman a expensas del propio meristemo que protegen. Por esta razón la cofia tiene el mismo aspecto y espesor, aunque sus células están continuamente renovándose.



Fig. 903.— Dos tipos de cofia.

Los *pelos radicales* o *absorbentes* se encuentran un poco por encima de la cofia y su conjunto forma una especie de manguito cónico llamado *región polífera*, constituída por finos filamentos cuya longitud es menor hacia la punta de la raíz, donde se encuentran los pelos más jóvenes, que hacia la base de la misma. A medida que la raíz crece, los pelos de la base se marchitan, mueren y se desprenden, mientras que nacen otros nuevos hacia la punta. De este modo, la región pilífera se conserva siempre de igual longitud y a la misma distancia de la punta; a veces los pelos radicales nacen por grupos *(fig. 904)*. En algunas plantas acuáticas *(fig. 905)* y



Fig. 904. — Desprendimiento de la cofia en una *Azolla*.

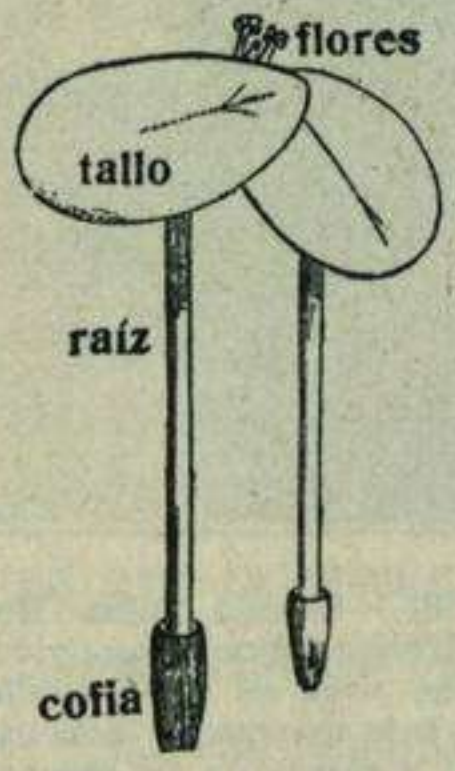


Fig. 905.—Lenteja de agua como ejemplo de raíz desprovista de pelos radicales.

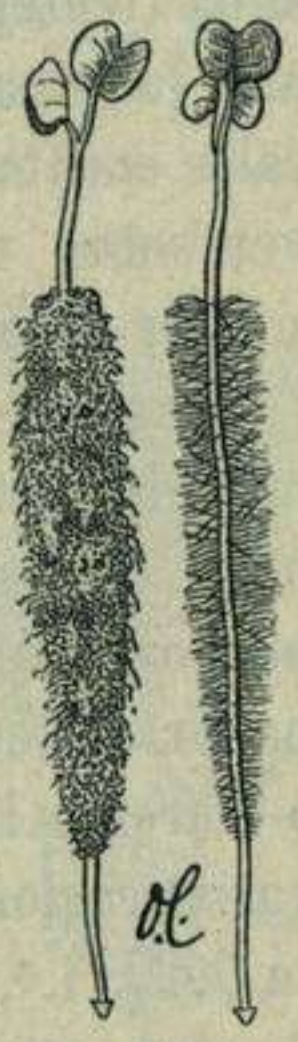


Fig. 906.—1, planta joven con los pelos radicales llenos de tierra. 2, la misma, lavada.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en algunas cultivadas en agua, los pelos radicales pueden faltar. En las plantas que viven en el suelo se amoldan y adhieren a las partículas sólidas del mismo, y, por lo tanto, toman formas tortuosas *(fig. 906)*.

Crecimiento de la raíz en longitud.—La raíz crece en dirección vertical. Este crecimiento se debe, más que al crecimiento de sus células, a la formación de otras nuevas: está localizado en la punta de la raíz, como puede apreciarse haciendo germinar entre musgo húmedo una judía o un guisante y marcando sobre la raicilla que nace, y a partir de la punta, 10 trazos equidistantes hechos con un barniz rojo o negro *(fig. 907, 1)*. Al cabo de un día se ve que mientras la división de la punta ha aumentado casi doble y a veces más de doble, las restantes se encuentran próximamente iguales *(fig. 907, 2)*.

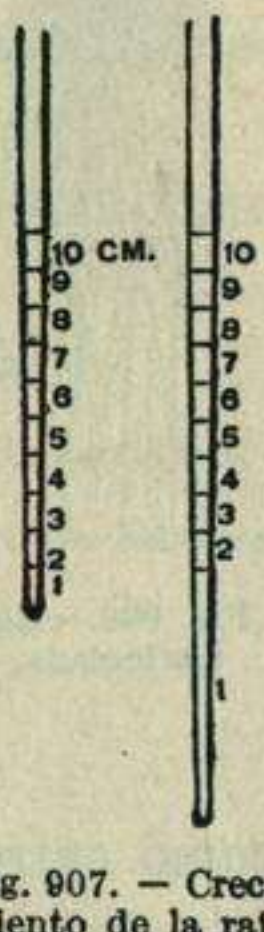


Fig. 907. — Crecimiento de la raíz en longitud.

Ramificación de las raíces. *(fig. 902)*.—En general, la raíz no se conserva siempre sencilla, sino que cuando adquiere cierta longitud se *ramifica*, es decir, origina un número variable de *raicillas secundarias* sobre la raíz *principal*, *primitiva* o *primaria;* a su vez, las raicillas secundarias dan origen a otras nuevas, y así sucesivamente, denominándose *cabellera* al conjunto de todas estas ramificaciones. La morfología de las raicillas es análoga a la de la raíz principal, poseyendo todas su cofia y sus pelos radicales. Estas raicillas no siguen la vertical como la raíz principal, sino que se separan de ésta y ellas entre sí con objeto de ocupar el mayor espacio posible y cumplir mejor sus funciones.



Fig. 908.—Raíces adventicias de la hiedra.

Clasificación de las raíces.—La raíz primaria y todas las que derivan de ella reciben el nombre de *raíces normales;* pero muchas plantas poseen, además, otras raíces *que nacen en distintos puntos del tallo* y *hasta de las hojas;* éstas son llamadas *raíces adventicias*. Ejemplo de raíces adventicias tenemos en el tallo rastrero de la fresa *(fig. 56);* las que se forman en los tallos de la hiedra, las cuales si se producen en contacto con el suelo tienen la forma y función normales, mientras que si se desarrollan en el aire en contacto con algún objeto, sirven sólo para

Instituto San Isidro de Madrid 2008

adherirse a él *(fig. 908)*. En general todos los tallos tienen la facultad de originar raíces adventicias cuando se les coloca en tierra húmeda.

Aparte de los nombres indicados, las raíces reciben otros en consonancia con el medio en que viven y con su forma. Con arreglo a lo primero se dicen *terrestres*, *acuáticas* y *aéreas*, y atendiendo a la forma se llaman: *napiformes*, cuando la raíz primaria tiene gran desarrollo y las secundarias relativamente poco *(fig. 902)*; ej., nabo, zanahoria, etc.; *fasciculada* o *fibrosa (figura 909)*, cuando la primaria y secundarias tienen próximamente el mismo desarrollo: ej., el trigo y la mayor parte de las Monocotiledóneas; *tuberosas*, cuando la principal o secundarias son muy gruesas por cargarse de reservas nutritivas (almidón, azúcar, etc.), pudiendo haber raíces tuberosas tanto entre las napiformes (remolacha, zanahoria) *(fig. 910)*, como entre las fasciculadas (dalia) *(fig. 911)*, como en las adventicias (algunas orquídeas) *(fig. 912)*. Por último, se llama raíz *nudosa* la napiforme o fibrosa con abultamientos *(fig. 913)*.

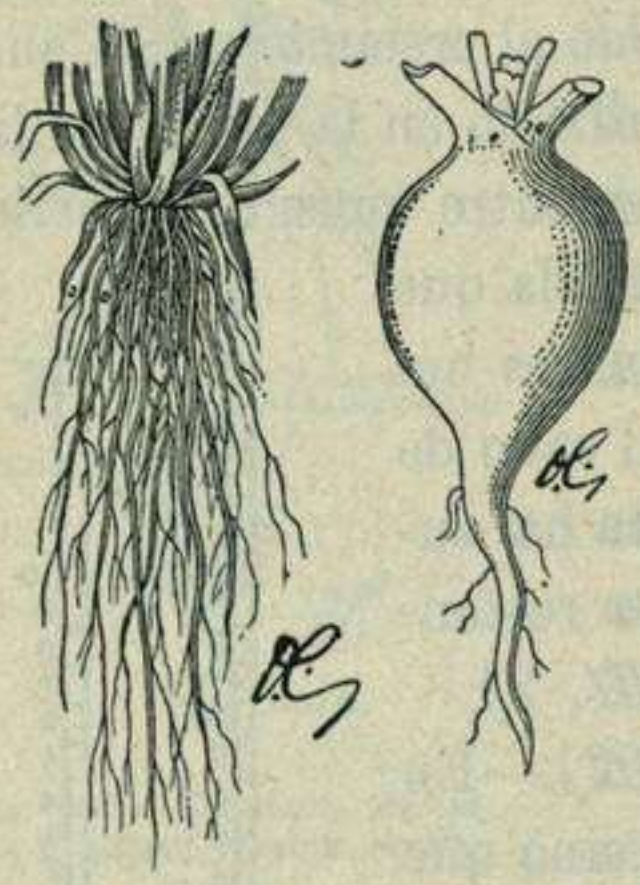


Fig. 909.—Raíz fasciculada.

Fig. 910.—Raíz napiforme tuberosa.

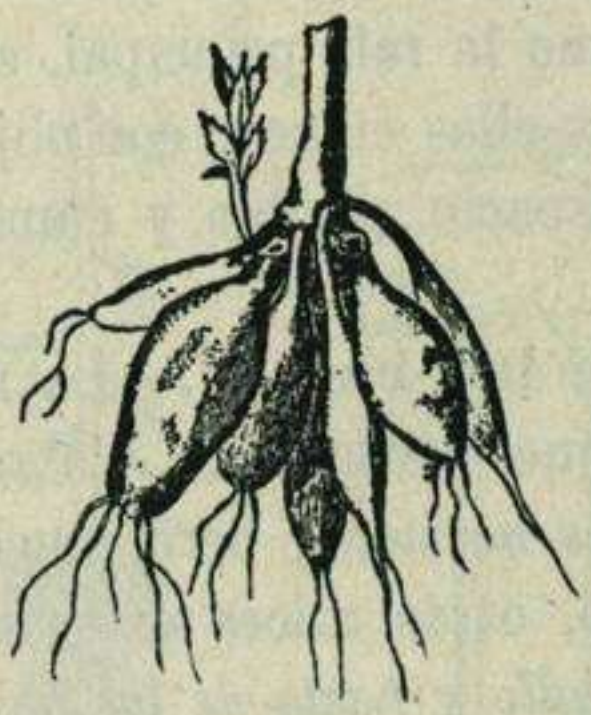


Fig. 911.—Raíz fasciculada tuberosa de la dalia.

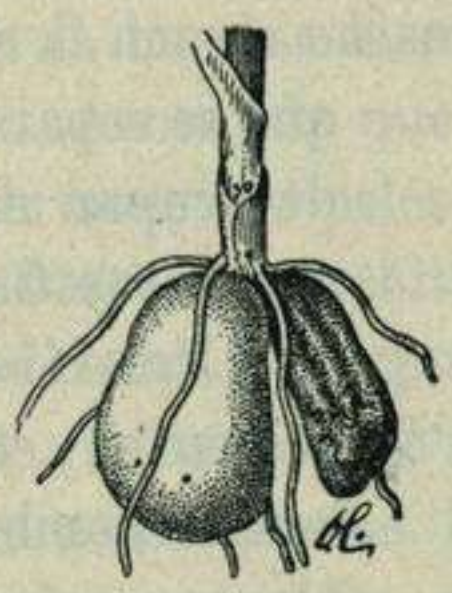


Fig. 912.



Fig. 913.

Fig. 912.—Raíz adventicia tuberosa de una orquídea.

Fig. 913.—Raíz fasciculada nudosa.

Anatomía de la raíz.—La anatomía o estructura de la raíz difiere según se estudie en una raíz o raicilla joven y cerca del extremo de una raíz adulta de cualquier planta Fanerógama, o en la porción basilar de una raíz adulta de algunas plantas. En el primer caso los tejidos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se encuentran formados completamente a expensas del meristemo primitivo o terminal, por lo que recibe el nombre de *estructura primaria;* en el segundo caso se agregan a estos tejidos otros nuevos, originados por los meristemos secundarios o intercalados, por lo que recibe el nombre de *estructura secundaria.*

ESTRUCTURA PRIMARIA.—Si se da un corte transversal muy delgado al nivel de los pelos radicales y se examina al microscopio, se observan dos regiones *(fig. 914)*, una exterior, blanda, que recibe el nombre de *corteza* o *cilindro cortical*, y otra interior, más dura, llamada *cilindro central.*

Corteza.—Está formada por varias capas de células que, procediendo de fuera a dentro, son *(figs. 914 y 915):* 1.º, la *capa pilífera*, constituída por células de paredes delgadas, de las cuales la exterior se prolonga mucho hacia fuera, constituyendo los pelos radicales; 2.º, la *capa suberosa*, así llamada porque a medida que se marchitan y mueren las células de la capa pilífera, suberifican sus paredes para proteger la raíz;

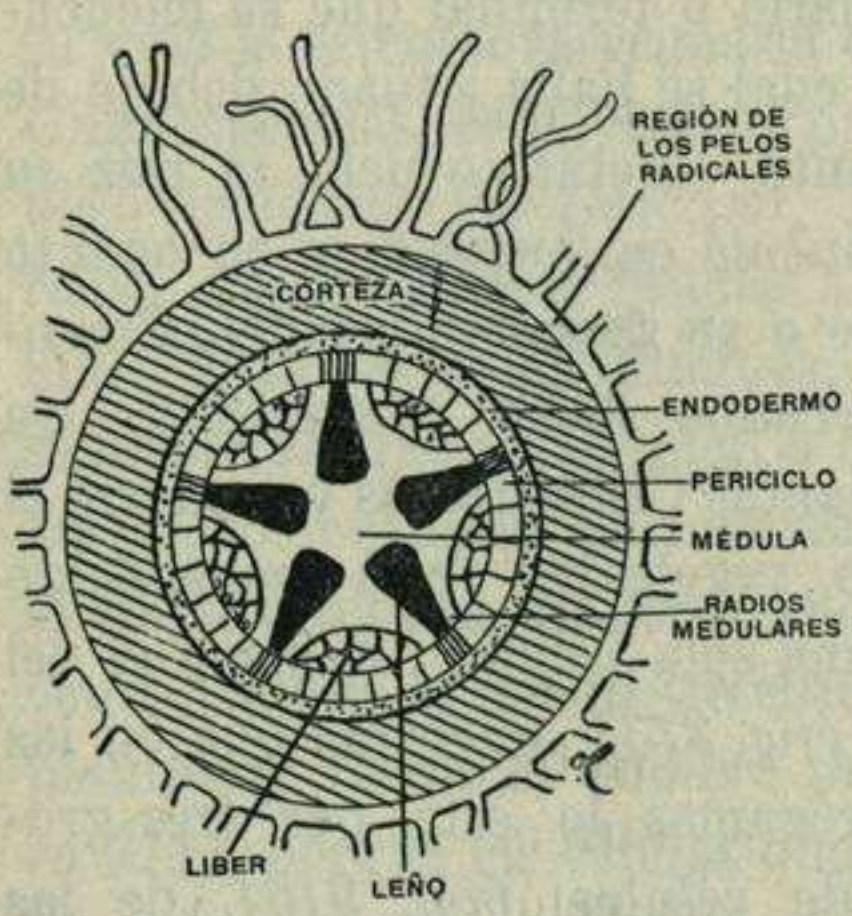


Fig. 914.—Conjunto esquemático del corte transversal de una raíz al nivel de los pe los radicales.

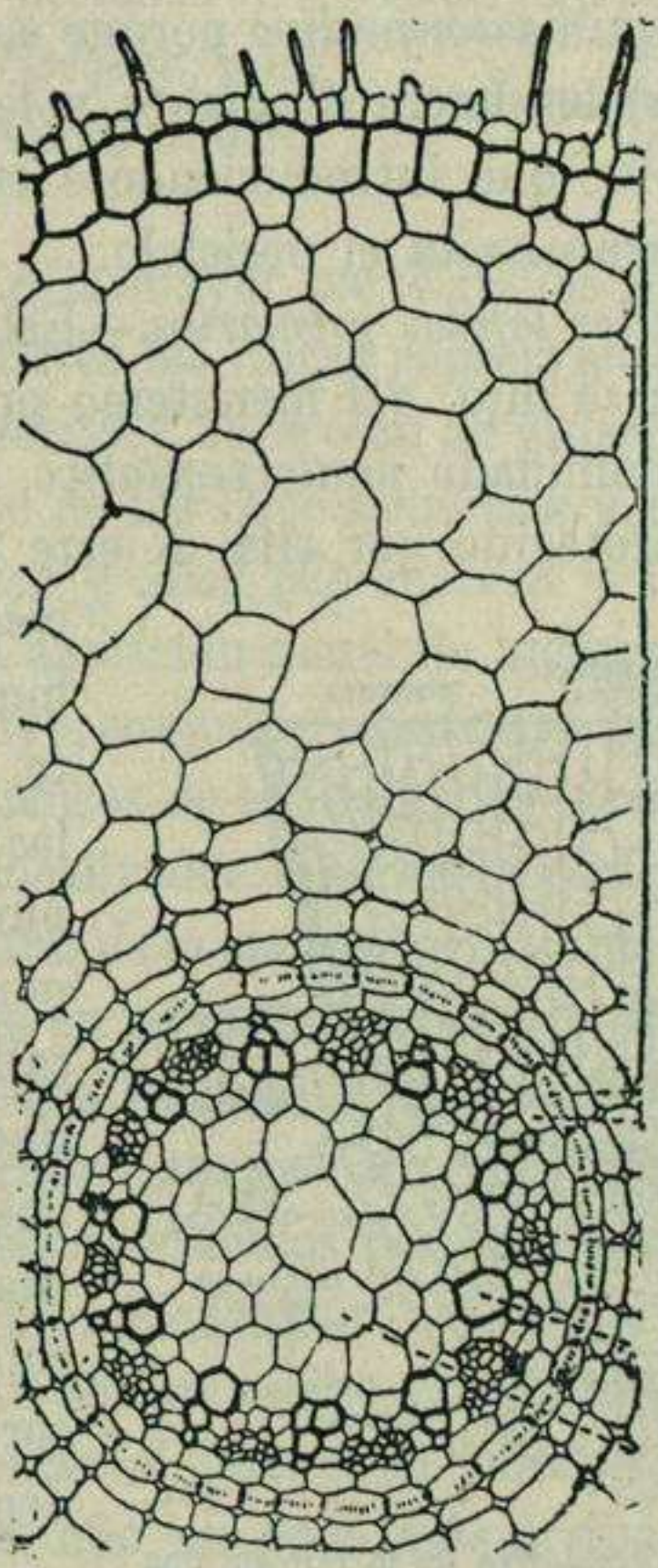


Fig. 915.—Corte transversal de una raíz al nivel de los pelos radicales.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

3.º, las *capas corticales*, de las cuales las *externas* están constituídas por células irregulares dispuestas sin orden, y las *internas* por células redondeadas o cuadrangulares en capas concéntricas y dispuestas en series radiales; 4.º, el *endodermo*, constituído por una sola capa de células cuya membrana está suberizada en parte.

Cilindro central.—En él se distinguen: 1.º, una capa exterior denominada *periciclo*, cuyas células alternan con las del endodermo; 2.º, los *vasos leñosos*, que se apoyan en el periciclo y se unen entre sí, constituyendo los *haces leñosos*, en los cuales los vasos exteriores son los de menor diámetro; 3.º, los *vasos liberianos*, también apoyados en el periciclo y también agrupados, constituyendo los *haces liberianos*, que alternan con los haces leñosos; 4.º, en el centro se encuentra la *médula*, también llamada parenquima *conjuntivo* porque sirve para sostener y unir (lat. *conjungere*, unir) los haces liberianos y leñosos, merced a los llamados *radios medulares*, que introduciéndose en el espacio que media entre los hacecillos llegan hasta el periciclo.

Origen de los tejidos primarios.—Estos distintos tejidos indicados proceden, según se dijo, del meristemo primario o terminal que se encuentra en el denominado *punto vegetativo*, el cual se halla situado debajo de la cofia y protegido por ella. A este punto vegetativo debe la raíz *su crecimiento en longitud*, y en cuanto muere o se destruye accidentalmente, termina dicho crecimiento. En las plantas Criptógamas vasculares el punto vegetativo está constituído por una sola célula, así como el del tallo *(fig. 873)*, mientras que en las Fanerógamas lo está por tres grupos de células *(fig. 916)*, de las cuales las de la inferior originan la cofia o epidermis, las de la media la corteza y las de la superior el cilindro central.

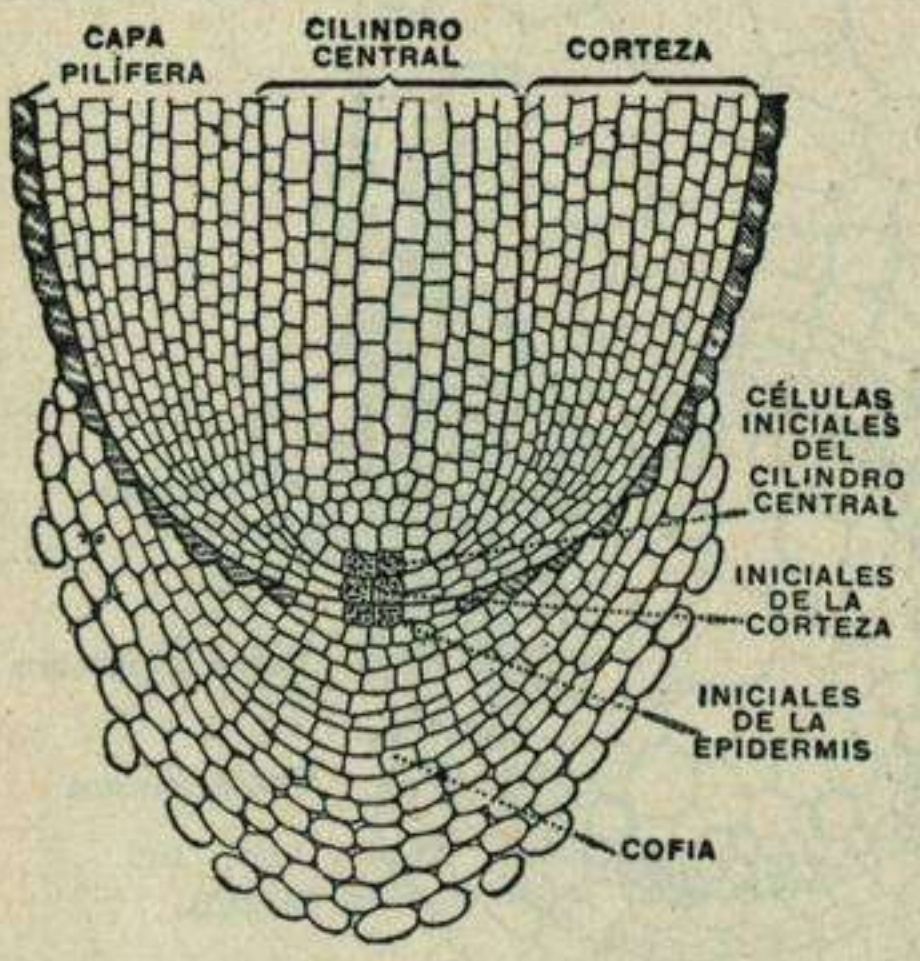


Fig. 916.—Punto vegetativo de la raíz de una Fanerógama.

Origen de las raicillas.—Las raicillas no nacen al azar, sino que se originan o nacen en tantas filas longitudinales como haces leñosos existen en la raíz primaria. A este efecto las células del *periciclo*, situadas enfrente

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de cada hacecillo *leñoso*, *originan* un meristemo, en el cual se diferencia una cé ula o grupos de capas de células análogas a las del meristemo terminal,lque originarán los distintos tejidos de la raicilla. El extremo de la raicilla *(fig. 917)* lleva una especie de cofia que cubre a la cofia misma, la cual se llama *bolsa digestiva*, porque sus células segregan fermentos que atacan a las células en cuyo contacto se pone, convirtiéndolas en un líquido nutritivo que sirve para alimentar a la raicilla hasta que sale de la raíz principal, en cuyo caso cae, dejando al descubierto la cofia. El periciclo recibe también el nombre de *capa rizógena*, por originar las raicillas. La bolsa digestiva se origina a expensas del *endodermo*.



Fig. 917. — Nacimiento de una raicilla.

ESTRUCTURA SECUNDARIA.—En la mayor parte de las plantas Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares las raíces conservan durante toda su vida la estructura primaria descrita y no crecen en grosor; pero en las Gimnospermas, en la mayor parte de las Dicotiledóneas y entre las Monocotiledóneas, las *Dracœna*, *Yúca* y *Áloë* (Esmiláceas y Liliáceas), sus raíces *crecen en grosor* gracias a la aparición anual de nuevas capas de células, análogas a las antiguas, cuyo conjunto constituye las *formaciones secundarias*, que se originan a expensas de los llamados *meristemos secundarios*, los cuales se encuentran localizados, uno en la corteza y otro en el cilindro central. La *zona generatriz de la corteza* forma una capa circular continua, que se encuentra situada en regiones que varían de unas a otras plantas, y recibe el nombre de capa *felógena* o *súbero-felodérmica (figura 918)*, porque las células que origina por su cara exterior se convierten en *súber* o *corcho*, mientras que las producidas por la interior conservan sus paredes celulósicas, originando el *felodermo*.

La *capa generatriz del cilindro central* recibe el nombre de *cambium* y se encuentra *invariablemente* entre el líber y el leño *(fig. 918)*. Este cambium aparece desde el primer año un poco más arriba de los pelos radicales y se encuentra representado primeramente por una pequeña capa de células situada en la *cara interna* de cada haz liberiano y otra capa análoga situada en la *cara externa* de cada haz leñoso. Las primeras provienen de la diferenciación de las células de la médula; las segundas,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de las del periciclo. Estas capas de meristemo se extienden gradualmente a derecha e izquierda hasta reunirse, originando así una capa continua y sinuosa que más arriba constituye un cilindro perfecto. Durante la primavera, verano y parte del otoño, las células de esta capa se dividen alternativamente

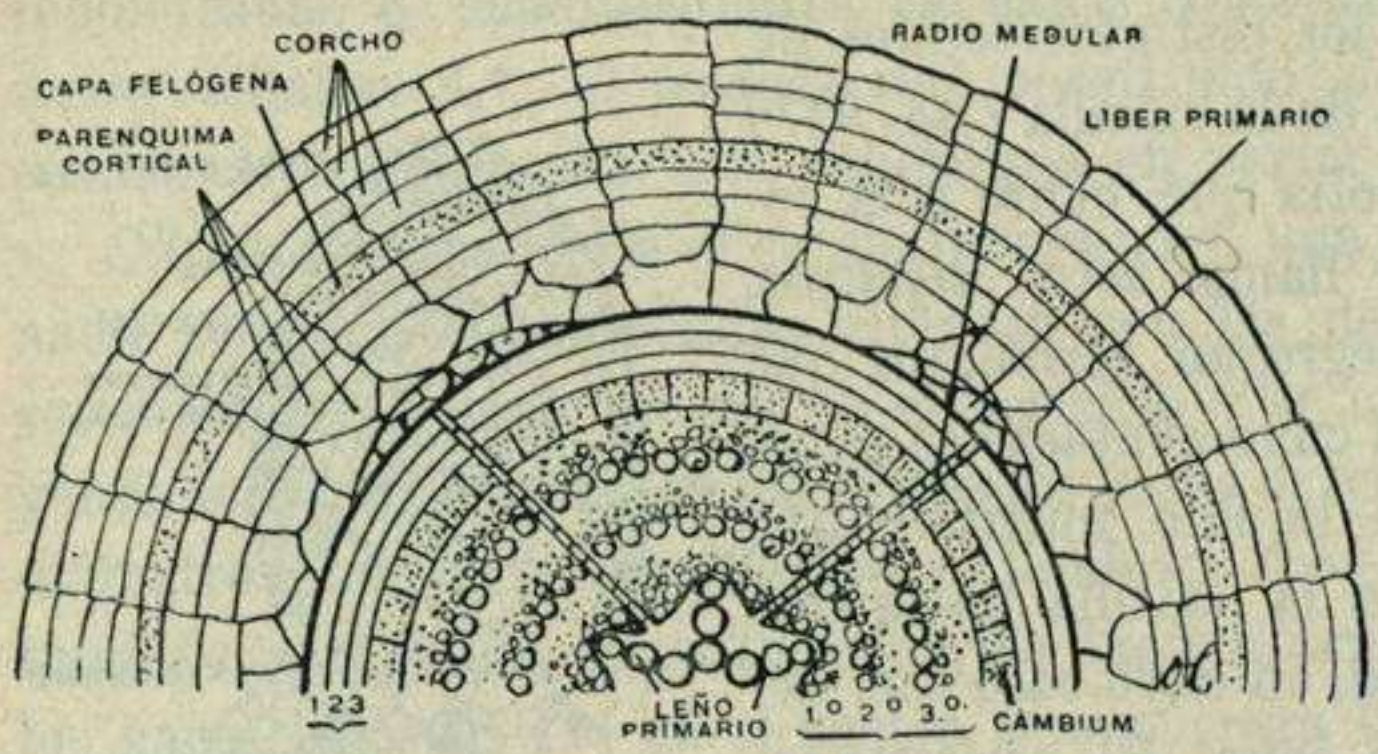


Fig. 918.—Representación esquemática de una raíz cuyo cilindro central se supone de tres años.—1, 2 y 3, líber secundario formado el primero, segundo y tercer año.—1.°, 2.° y 3.°, leño secundario formado el primero, segundo y tercer año.

por fuera y por dentro; las células originadas *exteriormente* dan lugar a los *vasos* y fibras *liberianas* y su reunión origina el *líber secundario;* las originadas *interiormente*, a los *vasos* y *fibras leñosos*, y su reunión constituye el *leño secundario*. Durante el invierno esta zona generatriz líbero-leñosa deja de funcionar y se suspende la formación del líber y leño secundarios, para volver a comenzar de nuevo en la primavera siguiente y continuarse hasta el otoño. En todo este tiempo se origina una nueva capa de *líber secundario situada dentro* del originado el año anterior y una capa de *madera* o *leño secundario situada fuera* de la del último año. Este mismo hecho se repite en años sucesivos, y como el leño o madera secundaria originada durante la primavera tiene sus vasos de mayor diámetro y menor número de fibras que la originada durante el otoño, es posible decir, examinando una *raíz gruesa*, ya a simple vista, ya con una lente, el número de años que tiene el vegetal gracias a la alternancia de las capas de tubos anchos y estrechos. En el líber no puede apreciarse esta disposición, porque todos los vasos son próximamente del mismo diámetro. Tanto las capas liberianas como las leñosas están recorridas por bandas radiales que son sumamente estrechas y constituídas por una sola capa de células, comprimidas en los árboles, y más anchas y formadas por varias filas de células en las plantas jóvenes. Estas bandas son la representación de los radios medulares.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TALLO

Caracteres generales y morfología.—Es el órgano de la planta, provisto, generalmente, de hojas y yemas y que crece en sentido inverso de la raíz, es decir, que está dotado de *geotropismo negativo* (pág. 184). Cuando joven, su forma es, ordinariamente, la de un cono alargado, cuya porción más ancha corresponde al *cuello* de la planta. El punto o región donde se inserta una hoja está más o menos abultado y recibe el nombre de *nudo;* la parte de tallo comprendida entre cada dos nudos consecutivos se denomina *entrenudo (fig. 919).*

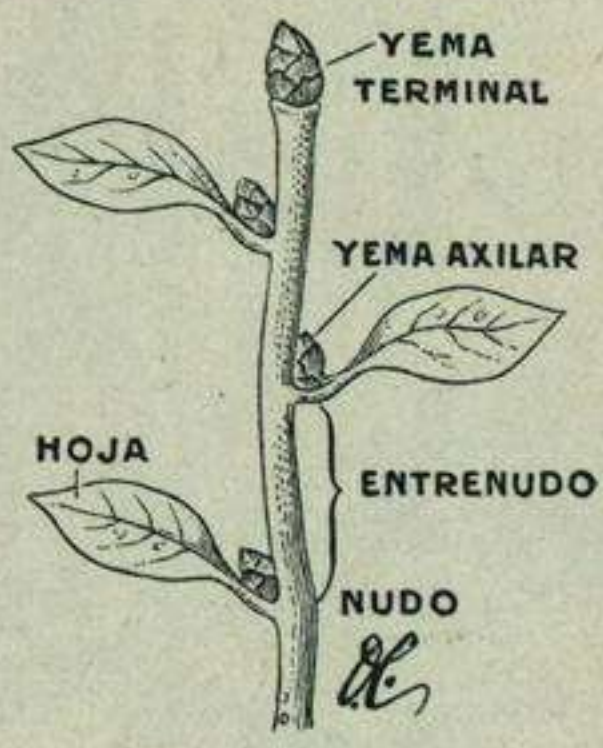
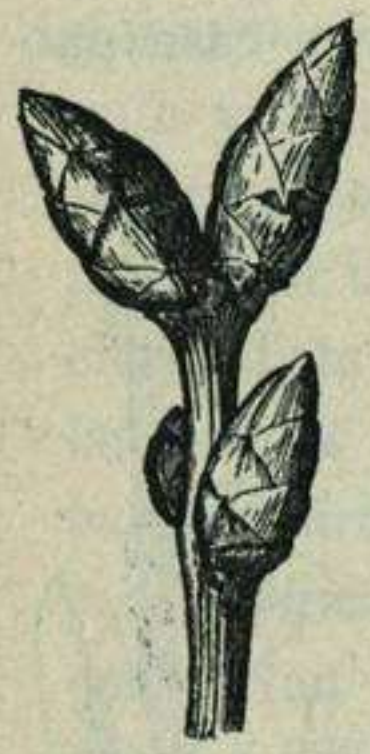


Fig. 919.—Esquema de un tallo.

Yemas *(figs. 919* y *920).*—Observando el extremo de un tallo se ve un pequeño abultamiento ovoideo o cónico que recibe el nombre de *yema terminal*, en la cual se encuentran encerradas las hojas, recubriéndose unas a otras y recubriendo a su vez al meristemo terminal. En la axila de cada hoja, es decir, en el punto de unión de las hojas con el tallo, se encuentran otras yemas que reciben el nombre de *axilares* o *laterales.* Durante el invierno, todas estas yemas están protegidas a su vez por unas escamitas empizarradas, con frecuencia recubiertas exteriormente por una especie de barniz impermeable, cuyo conjunto tiene por objeto preservar al meristemo, principalmente, de la acción de los agentes exteriores, sobre todo de la humedad. En algunas plantas se encuentra, además, una borra algodonosa que sirve para protegerlas contra el frío.


Fig. 920.—Yemas.

Crecimiento en longitud y ramificación del tallo.—Procediendo de la misma manera a como se hizo en la raíz, se puede apreciar que el crecimiento del tallo es también *terminal.* Pero, además, el espacio que media entre dos nudos consecutivos aumenta hasta alcanzar

Instituto San Isidro de Madrid 2008

un tamaño dado e igual para todos ellos. Este crecimiento, denominado *intercalar*, cesa en este momento.

En la mayor parte de las plantas el tallo principal se *ramifica*, originando *tallos secundarios*, que a su vez los originan de tercer orden, etc. Todas estas ramificaciones reciben el nombre de *ramas*, en las cuales se distinguen las mismas partes que en el principal y no nacen indistintamente en cualquier punto, sino que se originan a expensas de las yemas auxiliares y, por tanto, encima de las hojas. Las ramificaciones del tallo se separan entre sí y del tallo principal, con objeto de que el aire y la luz las hieran y puedan las hojas cumplir mejor sus funciones.



Fig. 921. — Planta acaule: llantén.

Clasificación de los tallos.—Según el medio en que viven, los tallos se denominan *aéreos*, *acuáticos* y *subterráneos*. Hay plantas que tienen el tallo tan sumamente pequeño que reciben el calificativo de *acaules* (lat. *a*, sin; *culis*, tallo) (llantén) *(fig. 921)*.

Tallos aéreos.—La mayor parte de los tallos son aéreos y dentro de ellos se dan diversos nombres, atendiendo a varios caracteres. Con arreglo a su *dirección* se llaman *verticales*, como en la mayor parte de los árboles; *horizontales*, de los que constituyen un caso particular los *rastreros* o *estolones*, que son tallos horizontales de poca consistencia y que crecen en contacto con el suelo (fresa) *(fig. 56)*; *volubles* son los enrollados en hélice, que puede ser hacia la derecha o *dextrorsos* (alubia, correhuela) *(fig. 923)*, o hacia la izquierda o *sinistrorsos* (lúpulo) *(fig. 922)*.



Fig. 922.—Tallo voluble sinistrorso del lúpulo.



Fig. 923. — Tallo voluble dextrorso de la correhuela.

Por su *duración* se llaman *anuales*, *bienales* y *perennes*, según vivan uno, dos o más años, recibiendo la denominación especial de *rizocárpicos* aquellos vegetales cuyos órganos subterráneos son perennes y los aéreos anuales. Entre los vegetales perennes hay al-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gunos que viven muchos años. Entre los casos más notables citaremos ocho olivos del Huerto de Getsemaní o de los Olivos, en Jerusalén, que, según la tradición, son contemporáneos de Jesucristo *(fig. 79);* el célebre drago *(Dracæna)*, que vivió en la isla de Tenerife, al que se le calculaban 8.000 años de existencia *(figura 80);* etc. Estos tallos milenarios son de grandes dimensiones: el ya citado drago tenía 14 metros de circunferencia por 20 de altura; muchos eucaliptos australianos llegan a 160 metros de altura por 28 de circunferencia *(fig. 924):* las *Sequoia* de California, a 150 metros de altura, por una circunferencia de 38 metros *(figs. 925* y *926);* etc.



Fig. 924.—En Australia, la patria de los *Eucaliptus*, no es raro encontrar algunos viejos ejemplares de éstos que miden 28 m. de circunferencia por 160 de altura. El de la figura es uno de los que actualmente viven en el estado de Victoria. (Fot. comunicada por el profesor australiano doctor Dalton).

Por su *consistencia* y *ramificación* se dicen: *cálamo*, el herbáceo, cilíndrico y sin nudos ni ramificación (junco); *caña*, el herbáceo o poco leñoso con nudos, pero sin ramificaciones o con muy pocas (caña común y de azúcar); *estipe*, el leñoso sin ramificaciones y terminado en la punta por un penacho de hojas (palmera); *tronco*, el leñoso ramificado a cierta distancia del suelo (castaño, pino). Atendiendo a sus *dimensiones*, las *plantas leñosas* y ramificadas reciben los nombres de *matas*, *arbustos* y *árboles*.

Modificaciones de los tallos aéreos.—Algunos tallos secundarios se convierten en los órganos duros y puntiagudos denominados *espinas (figura 927)*, como ocurre con el endrino o andrino.

Los *aguijones* que poseen otros vegetales *(fig. 928)* son también órganos punzantes, pero no pueden confundirse con las espinas, porque son meras formaciones epidérmicas que se destacan fácilmente del vegetal cuando se arranca la epidermis.

Algunas plantas trepan y se sostienen sobre diversos soportes por me-

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 925.

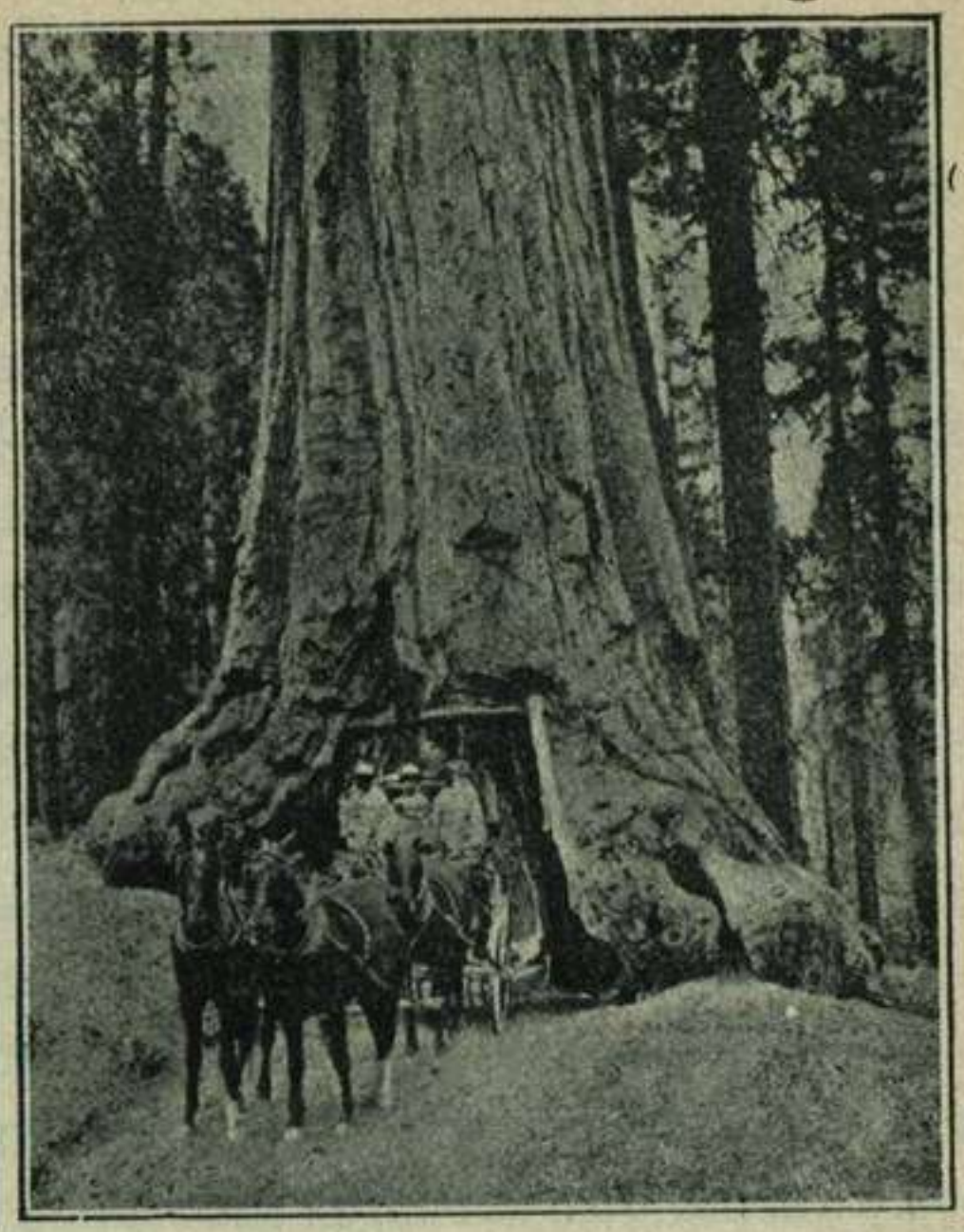


Fig. 926.

La *Sequoia gigántea* es, sin duda, la especie vegetal que mayor corpulencia puede alcanzar. Son especialmente dignas de mención las del bosque de la Mariposa (California), y entre ellas las llamadas General Grant *(fig. 925)* y Wawona *(figura 926)*. En ambas puede juzgarse de su enorme diámetro por comparación con los objetos próximos. El tronco de la *figura 926* ha sido perforado para dejar paso a una carretera. (Fots. comunicadas por el P. Cástor Ordóñez, C. M., de los Estados Unidos.)

dio de unos órganos largos, delgados y enrollables, que reciben el nombre de *zarcillos:* éstos pueden proceder de la modificación de ramas o de la de hojas. Ejemplo de plantas con zarcillos rameales, la vid *(fig. 139)*.



Fig. 927 Espinas



Fig. 928.—Aguijoncs.

También merecen citarse los llamados *tallos carnosos* o *crasos* y los *cladodios*. Los primeros tienen los parenquimas muy desarrollados, y unas veces son aplanados *(figs. 929* y *930)* y otras esferoideos o cilindráceos *(figs. 931, 932, 933* y *934)*. Los *cladodios* consisten en ramas que tienen la forma y función de las hojas, pudiendo ser filiformes como en el espárrago o deprimidos como en el rusco *(fig. 935)*

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 929.—Tallo cintiforme y craso de la pluma de Santa Teresa.



Fig. 930. — Tallo aplanado y craso de chumbera.

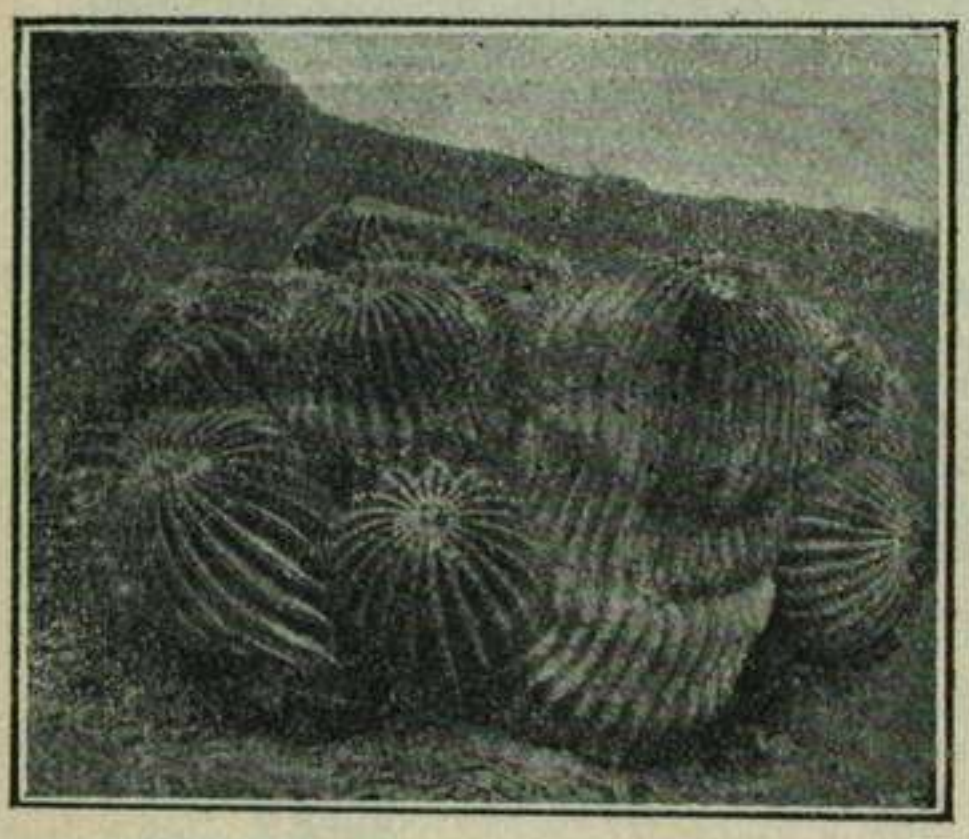


Fig. 931.—Grupo de *Echinocáctus emoryi* de Méjico, como ejemplo de tallos esferoides y crasos. (Fotografía comunicada por el profesor mejicano Doctor Torres).

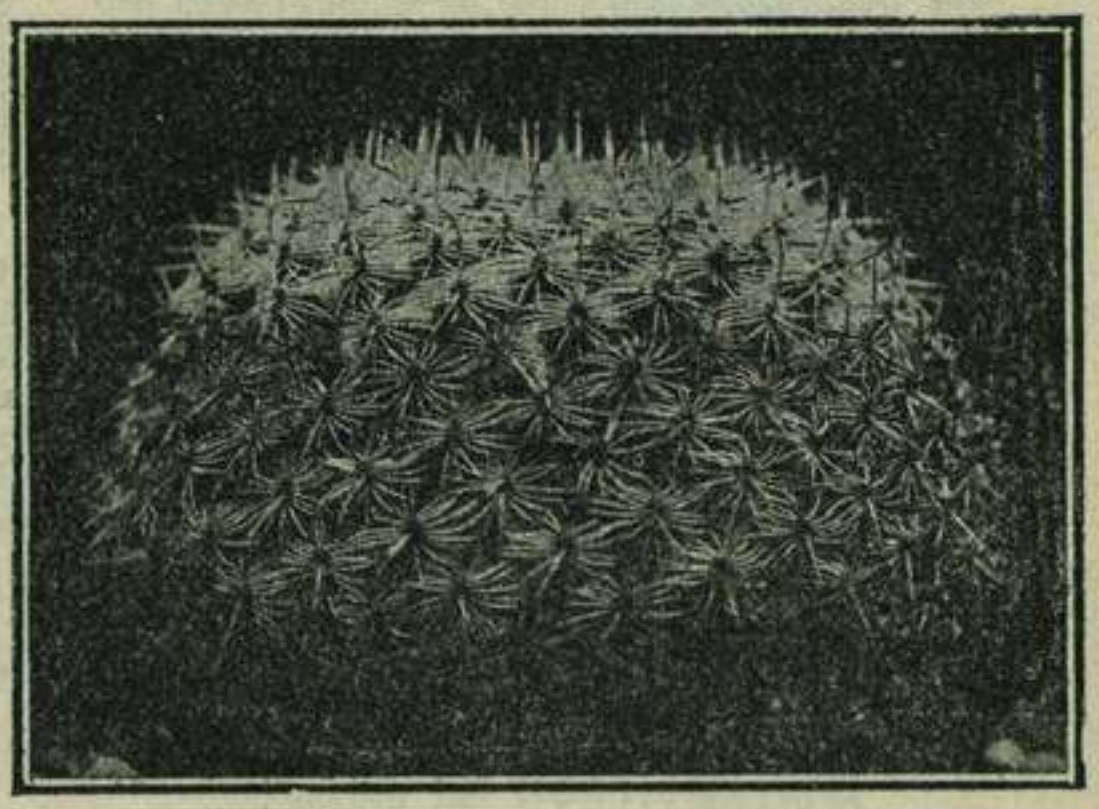


Fig. 932.—*Mamillária élegans*, como ejemplo de tallo esferoideo y craso. (Fot. com. por el prof. mejicano doctor I. Ochotorena. de su monografía *Las Cactáceas de Méjico*).

Los cladodios se reconoce que son verdaderos tallos porque sobre ellos aparecen las flores.

Tallos subterráneos.—Como su nombre indica, son aquellos que viven y se desarrollan enterrados. Se distinguen tres clases: los *rizomas*, los *tubérculos* y los *bulbos*. Los *rizomas (fig. 936)* crecen en un plano paralelo a la superficie del terreno y se distinguen de las raíces: 1.º, porque poseen unas escamitas que son la representación de las hojas; 2.º, porque

Instituto San Isidro de Madrid 2008

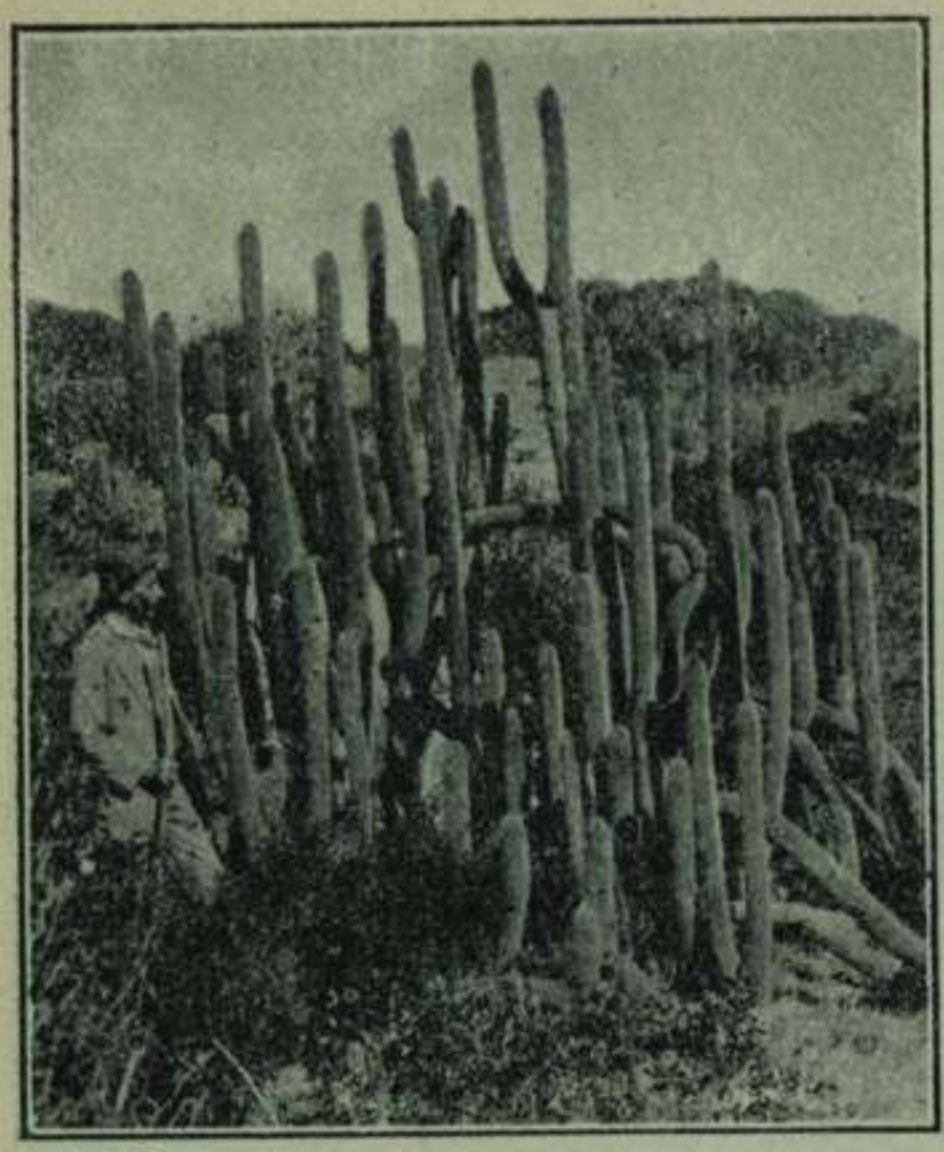


Fig. 933.—Quiscos o cirios de Chile *(Céreus chilénsis)* como ejemplo de tallo cilindráceo y craso. «El quisco es una de las plantas exclusivamente americanas, y la más característica de los cerros y lugares secos de Chile.» (F. Ramírez B.—*Bellezas naturales de Chile*, t. II). Especies análogas viven en Perú, Méjico, etc. (Fotografía comunicada por la profesora chilena Filomena Ramírez Burgos).



Fig. 934.—Tallos cilindráceo-acanalados y crasos de los *órganos* de Méjico *(Pachycéreus tetétzo)*. El tamaño gigantesco de estas plantas puede apreciarse por comparación con las figuras del primer término. (Fot. comunicada por el profesor mejicano doctor I. Ochotorena de su trabajo *Las Cactáceas de Méjico)*.



Fig. 935. — Cladodios del rusco. (Imit. Duchartre.)



Fig. 936.—Rizoma de *Cárex arenária*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

por su cara superior originan yemas y tallos aéreos, y 3.º, porque por su cara inferior originan raíces adventicias.

Los *tubérculos* consisten en tallos subterráneos (cólchico, azafrán, patata) *(figs. 937* y *938)*, que se cargan de reservas nutritivas y que están provistos de yemas. En la patata, en las depresiones llamadas vulgarmente *ojos*, se encuentra una escamita que representa la hoja, en cuya axila se halla la yema. Por último, los *bulbos* o *cebollas* consisten en tallos subterráneos reducidos a una pequeña porción que se llama *disco* o *platillo (fig. 939)*, el cual en su cara inferior origina las raíces, mientras por la superior da lugar a una o más yemas, protegidas en su origen por hojas que se hacen carnosas, por cargarse de sustancias nutritivas. Estas hojas pueden constituir una envoltura completa como en la cebolla (bulbo *tunicado) (fig. 939)*, o bien tener forma de escamas como en la azucena (bulbo *escamoso) (fig. 940)*.

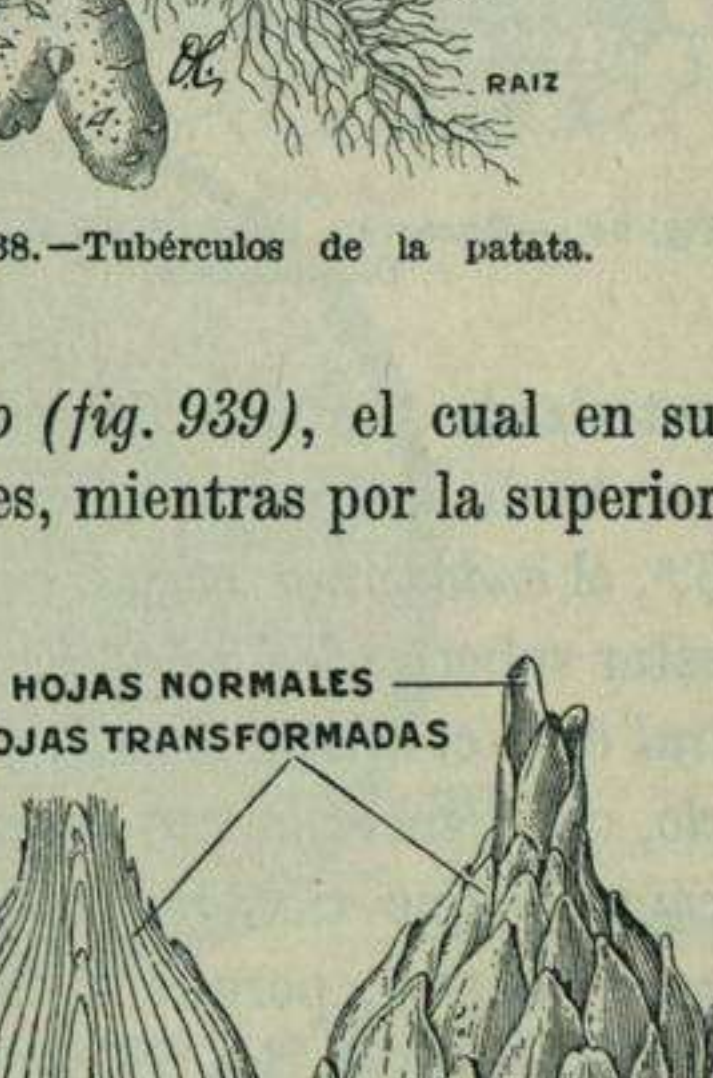


Fig 938.—Tubérculos de la patata.

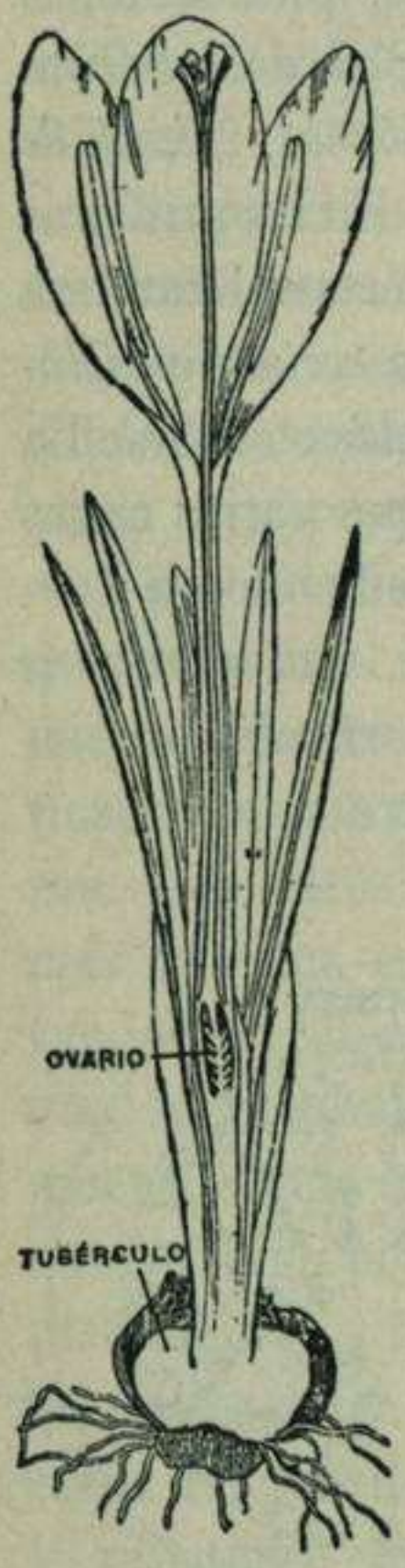


Fig. 937.—Tubérculo de azafrán.

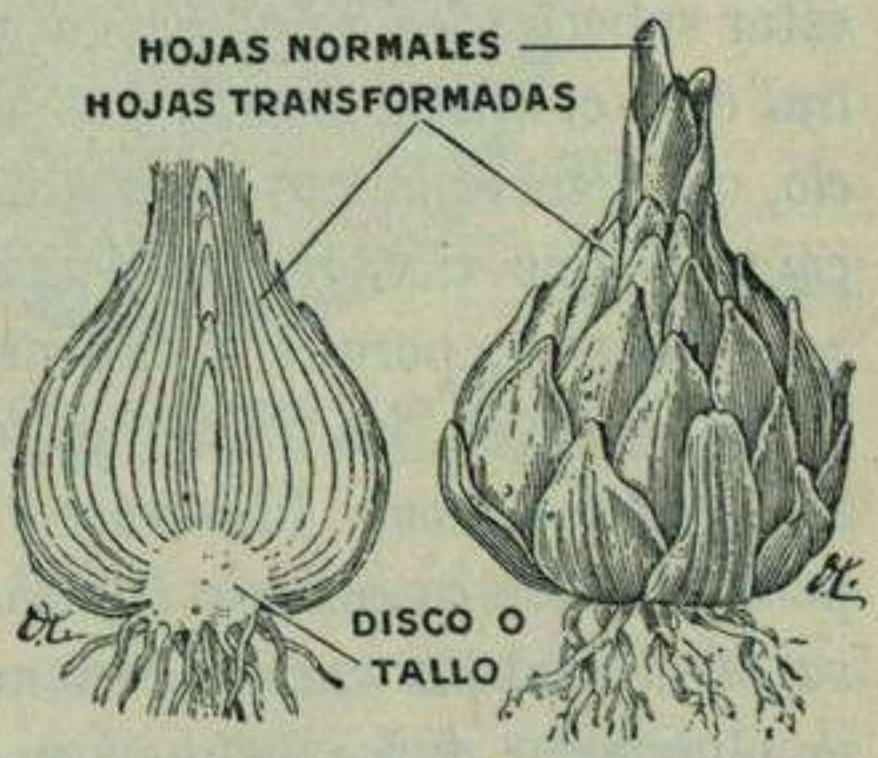


Fig. 939. — Bulbo tunicado de cebolla, cortado longitudinalmente.

Fig. 940. — Bulbo escamoso de la azucena.

Anatomía del tallo.—Lo mismo que en la raíz, hay que distinguir una *estructura primaria* y una *estructura secundaria*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ESTRUCTURA PRIMARIA.—Para estudiar esta estructura se hace un corte transversal en un entrenudo que no haya terminado aún su crecimiento intercalar, pero que no se encuentre muy cerca de la yema terminal, pues en la proximidad de ésta aun no han acabado de diferenciarse los distintos elementos que en ella hay que considerar.

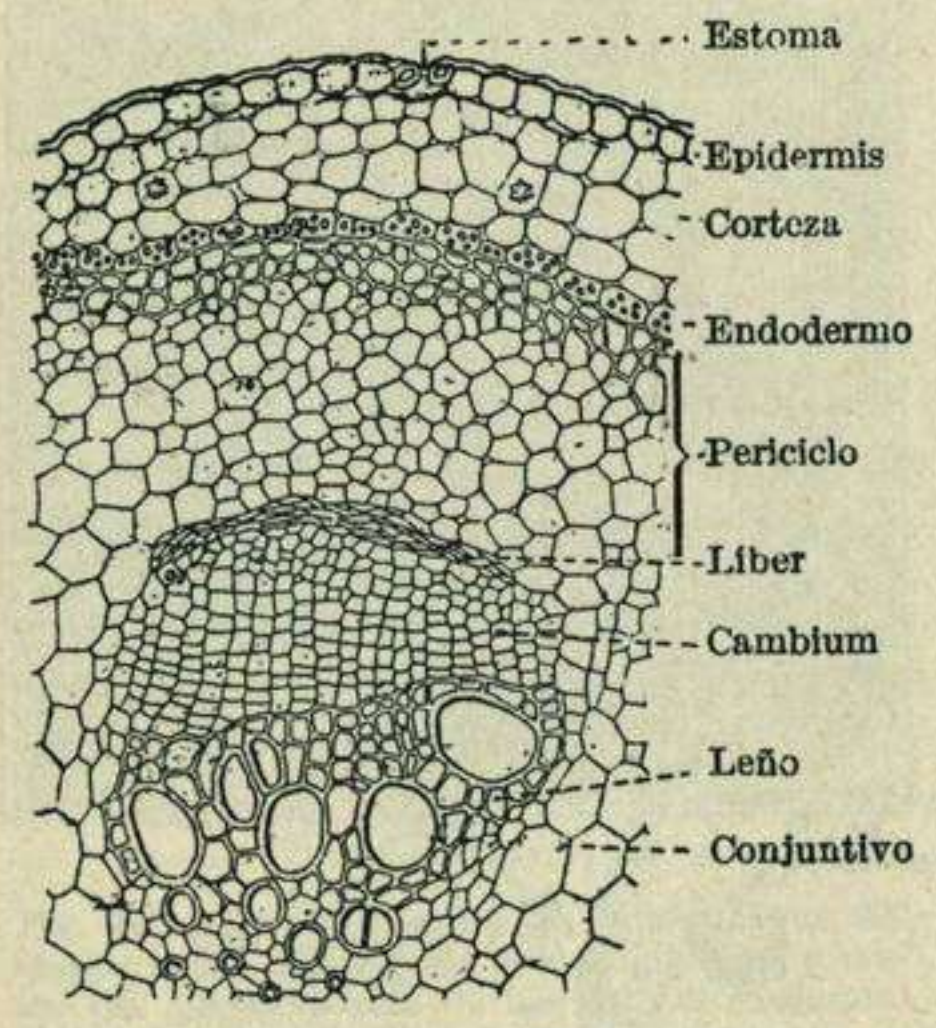


Fig. 941.—Estructura primaria del tallo de una Dicotiledónea.

La *estructura primaria* no es igual en todas las Fanerógamas, sino que *difiere de unas a otras*, pudiendo hacerse dos grupos: 1.º, *el de las Gimnospermas* y *Dicotiledóneas;* 2.º, *el de las Monocotiledóneas*. En las primeras *(figura 941)* hay que considerar una zona exterior llamada *corteza* o *cilindro cortical* y un *cilindro central*. La *corteza* está formada por varias capas de células que, procediendo de fuera a dentro, son: 1.ª, una *epidermis* cutinizada provista de pelos y estomas; 2.ª, las *capas corticales* propiamente dichas, cuyas células poseen clorofila y dejan entre sí meatos, y 3.ª, el *endodermo*, cuyas células pueden estar suberizadas o no. El *cilindro central* está constituído: 1.º, por el *periciclo*, que generalmente consta de varias capas y que también se llama *capa* o *zona rizógena*, porque a expensas de él se constituyen las raíces adventicias; 2.º, por los *vasos liberianos* y *leñosos*, pero *reunidos en un solo haz líbero-leñoso*, en el cual los vasos liberianos están en el exterior y los leñosos en el interior. *Entre ambos existe una capa de células aplanadas que constituyen el cambium o capa generatriz líbero-leñosa.* El número de estos haces líbero-leñosos no es considerable y siempre están dispuestos en un solo círculo; 3.º, en el centro del cilindro central se

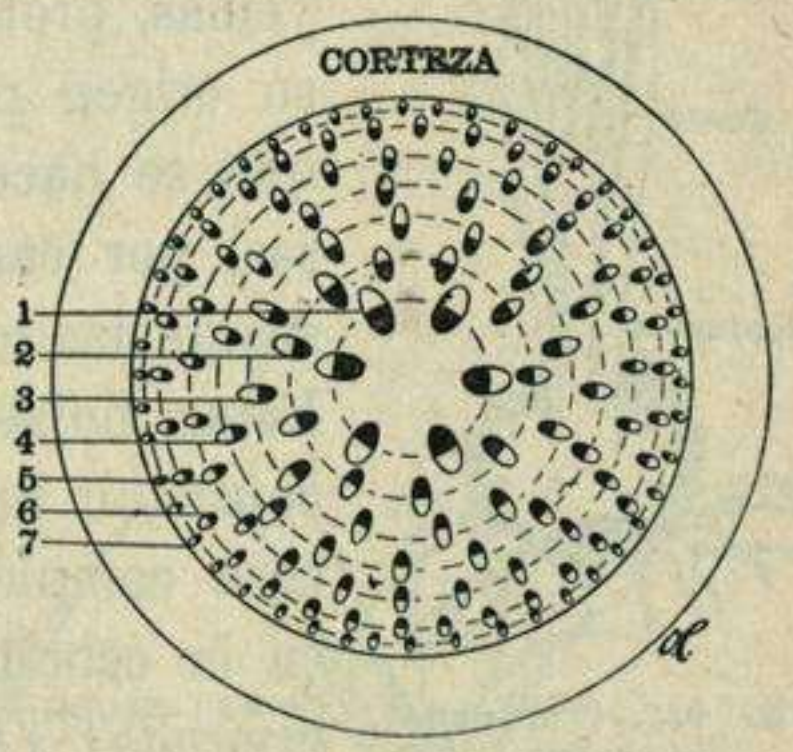


Fig. 942.—Esquema de la estructura del tallo de una Monocotiledónea.—1, 2, etcétera, los círculos de haces líbero-leñosos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

encuentra la *médula* o *conjuntivo* con sus *radios medulares* entre los haces líbero-leñosos.

La estructura primaria del tallo de las *Monocotiledóneas (fig. 942)* es en general análoga a la descrita; pero difiere de ella: 1.º, en *que existen muchos haces líbero-leñosos;* 2.º, en que éstos están *dispuestos en varios círculos*, y 3.º, en que *no existe cambium entre el líber y el leño de cada haz.*

Origen de los tejidos primarios.—Todos estos tejidos se originan a expensas del *punto vegetativo*, o sea del *meristemo terminal*, situado en el extremo del tallo, el cual es análogo al de la raíz y se halla protegido, según se dijo, por las hojas y escamas que constituyen la *yema*. El *crecimiento en longitud* es debido principalmente a la multiplicación de dichas células.

ESTRUCTURA SECUNDARIA.—Las mismas plantas que presentan estructura secundaria en la raíz, la presentan en el tallo. El tallo de todas ellas crece *en espesor* gracias a los *meristemos secundarios* de la corteza y cilindro central, los cuales originan las *formaciones secundarias* por el mismo mecanismo que en la raíz. Las nuevas capas originadas reciben idénticos nombres que allí se vieron. Los vasos de la madera más antigua, es decir, los situados en el centro del tallo, van incrustándose progresivamente de una sustancia oscura que termina por obstruir completamente la luz de los vasos, los cuales dejan de conducir la savia en plazo variable. Esta madera oscura y sin savia es más dura y resistente que el resto y constituye el *duramen*, llamado vulgarmente el corazón del tallo. La madera más joven, que constituye el resto del cilindro central, tiene un color más claro y recibe el nombre de *albura (fig. 943)*.

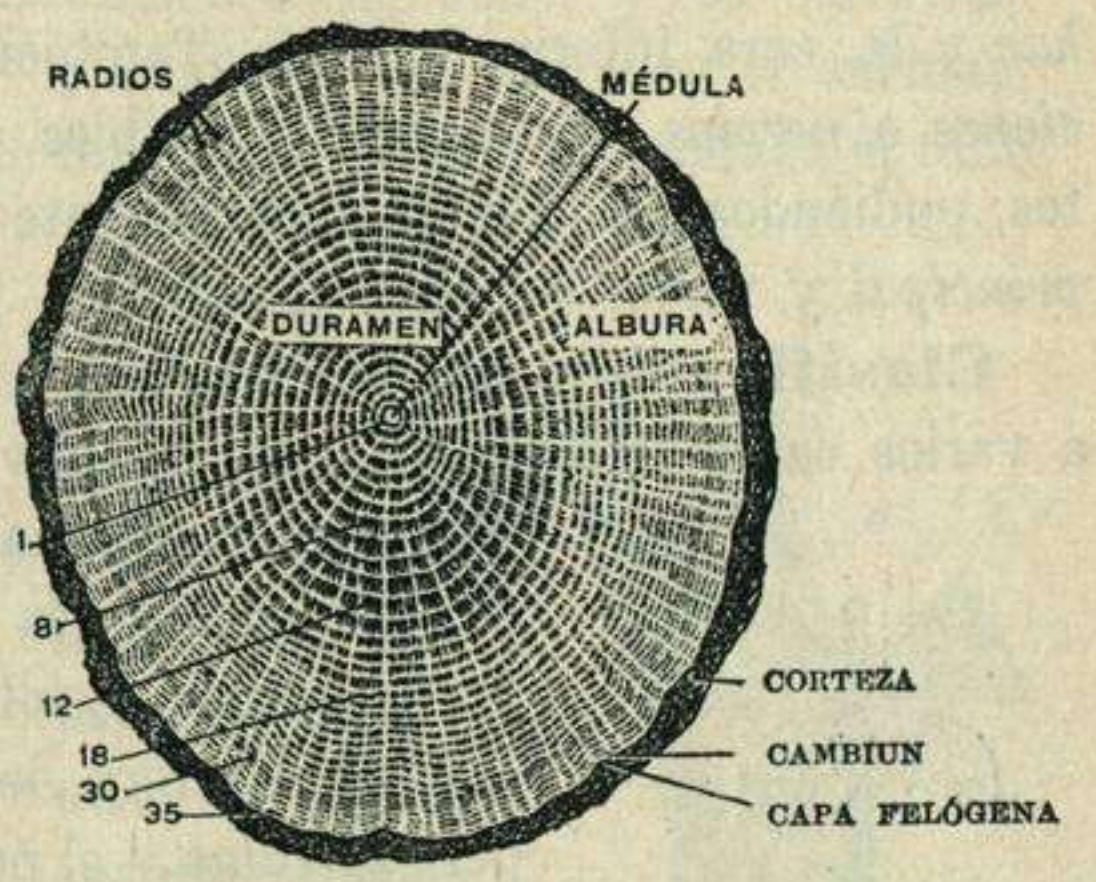


Fig. 943.—Corte transversal de un tronco de 35 años; las cifras indican el número de años.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

HOJA

Caracteres generales.—Es un órgano *generalmente* aéreo, plano y verde, que se encuentra implantado en los nudos del tallo o de sus ramificaciones. Según se dijo, en su punto de unión con el tallo se hallan las *yemas axilares*. En el caso más general hay que distinguir en la hoja las siguientes partes *(fig. 944)*: el *limbo*, el *pecíolo* y la *vaina;* el *limbo* es la parte plana y la más esencial; el *pecíolo* o cabillo es la porción alargada que sirve para unirla al nudo del tallo por medio de la *vaina* o parte ensanchada del *pecíolo*. En el *limbo* se distinguen: la *base* o punto por donde se inserta al pecíolo, el *ápice*, los *bordes*, la cara superior o *haz* y la cara inferior o *envés*. También se reconocen en él las *nerviaciones* o *nervios*, especialmente visibles en el envés, como líneas salientes, pudiéndose distinguir generalmente un nervio más grueso o *nervio principal* y varios nervios *secundarios*.

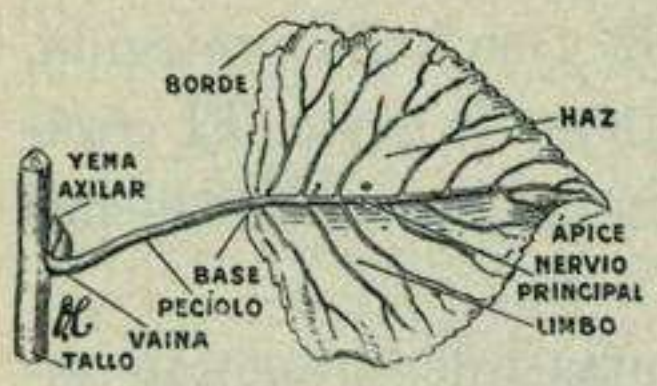


Fig. 944.—Esquema de una hoja.

Clasificación de las hojas.—Atendiendo a varios caracteres, las hojas reciben diversos nombres que se estudian a continuación. Cuando la hoja consta de vaina, pecíolo y limbo recibe el nombre de *peciolada;* pero la vaina y el pecíolo pueden faltar, en cuyo caso la hoja se llama *sentada (figura 945)*. Puede también ocurrir que la vaina esté muy desarrollada y abrace al tallo, y entonces la hoja se denomina *envainadora (fig. 946)*, o que faltando la vaina y siendo la hoja sentada, la *base del limbo rodee parte del tallo*, en cuyo caso se llama *abrazadora (fig. 948)*, o le *rodee totalmente*, originando la *perfoliada (figura 949)*. Algunas veces la vaina se prolonga por encima de la inserción

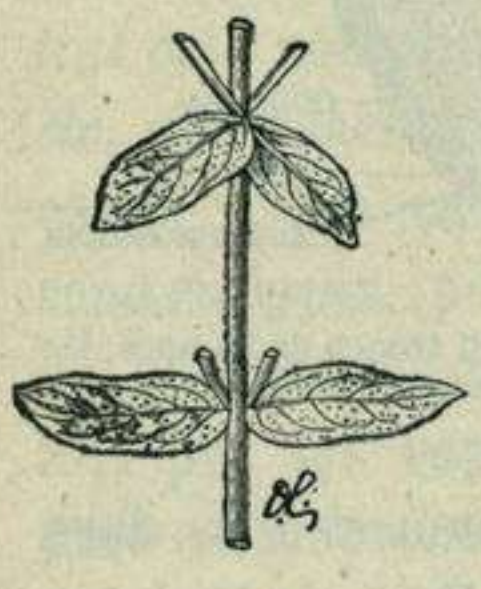


Fig. 945.—Hojas sentadas y cruzadas.

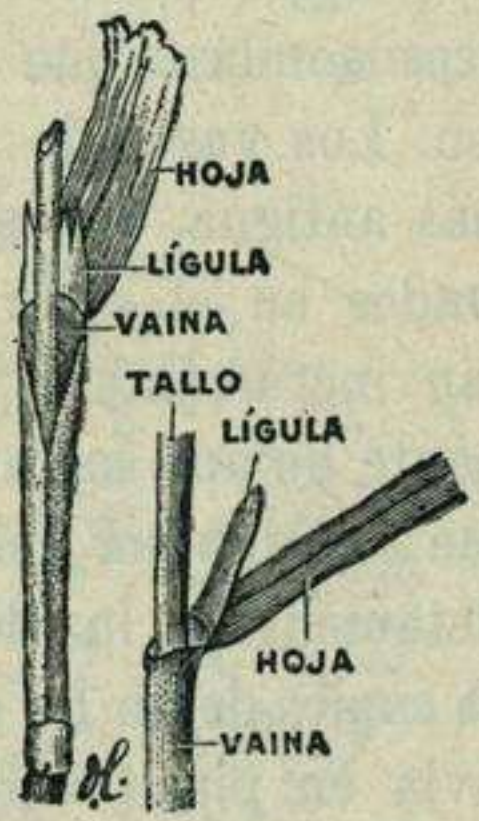


Fig. 946. Fig. 947. Dos tipos de hoja envainadora y de lígula.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del *pecíolo*, constituyendo una pequeña expansión delgada denominada *lígula* (trigo, etc.) *(fig. 946* y *947)*.

Las *estípulas* son expansiones de tamaño y forma variable que ciertas hojas presentan a los lados y en la base del pecíolo *(figs. 950* a *952)*.



Fig. 948. — Hoja abrazadora.

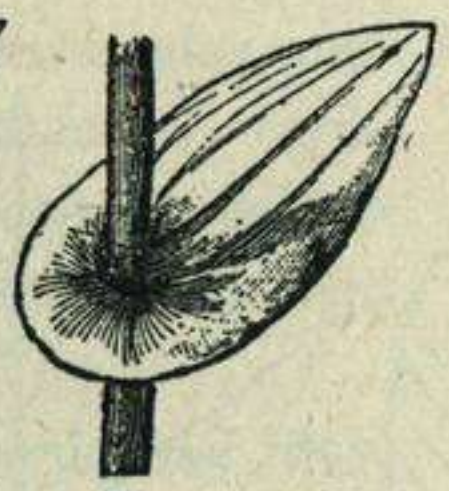


Fig. 949. — Hoja perfoliada.

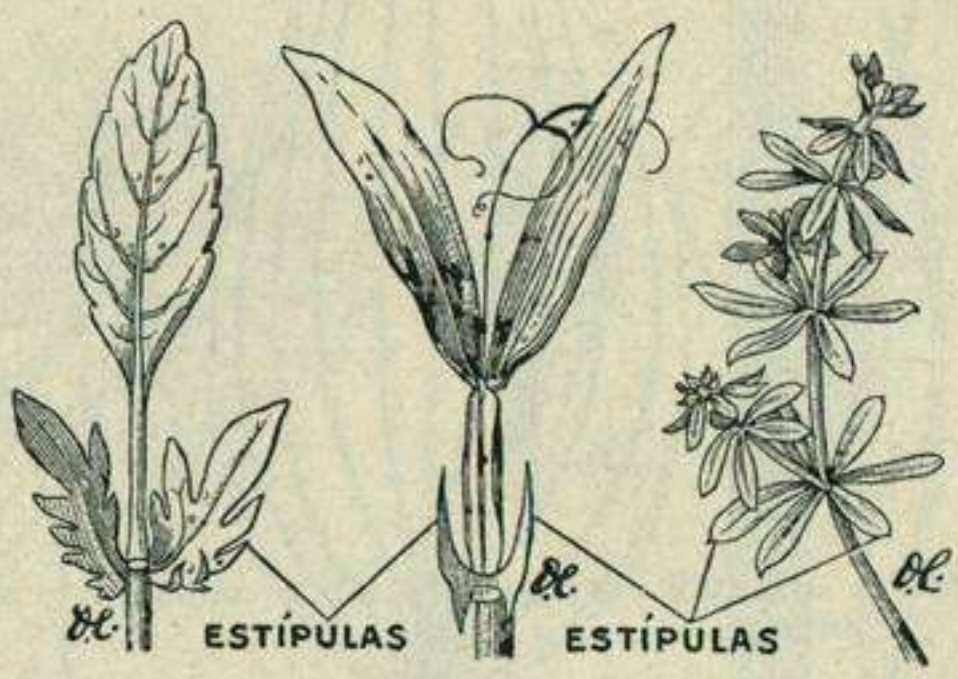


Fig. 950. Fig. 951 Fig. 952.

En algunos casos el limbo se atrofia y las estípulas adquieren gran desarrollo para sustituir a aquél en sus funciones *(fig. 953)*, y en otros *(figura 954)* las estípulas se sueldan, formando un tubo que abraza al tallo y que se denomina *ocrea*.

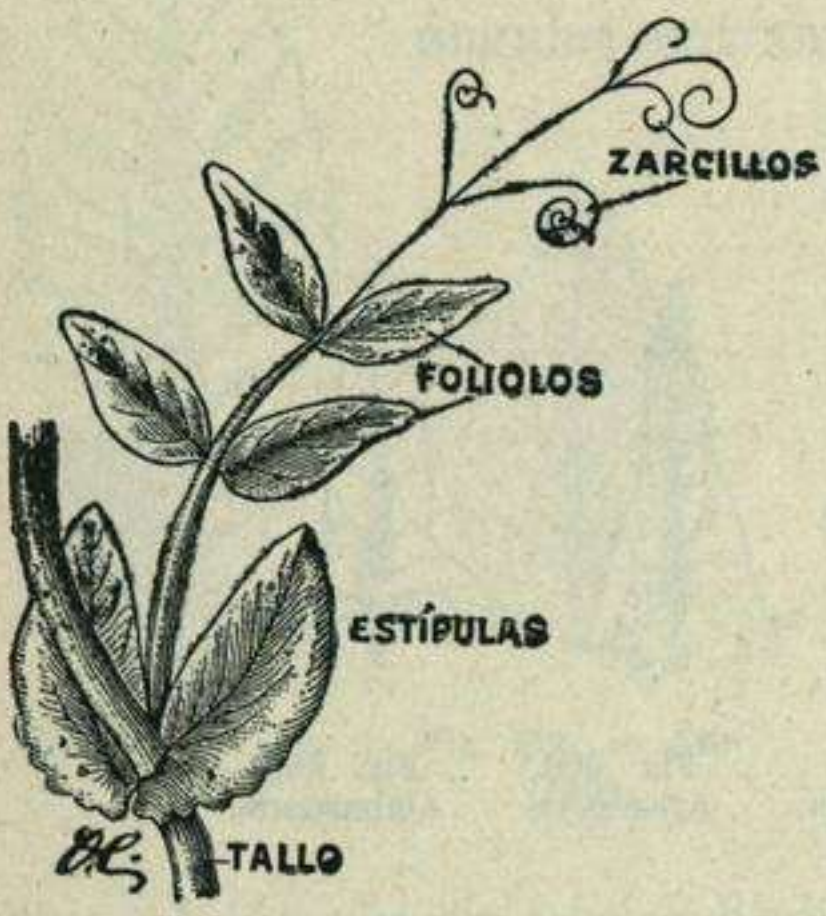


Fig. 953.—Estípulas y zarcillos del guisante.

Por la *nerviación*, o disposición de los nervios en el *limbo*, las hojas pueden ser: *uninerviadas* cuando tienen un solo nervio *(figura 955)* y *multinerviadas* cuando tienen

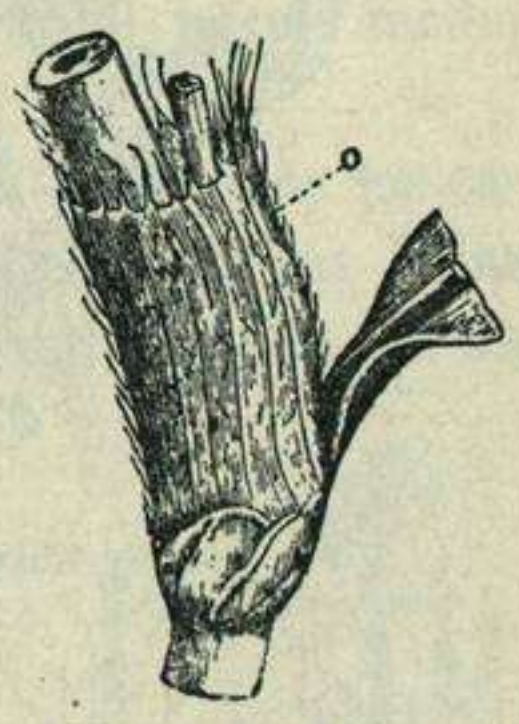
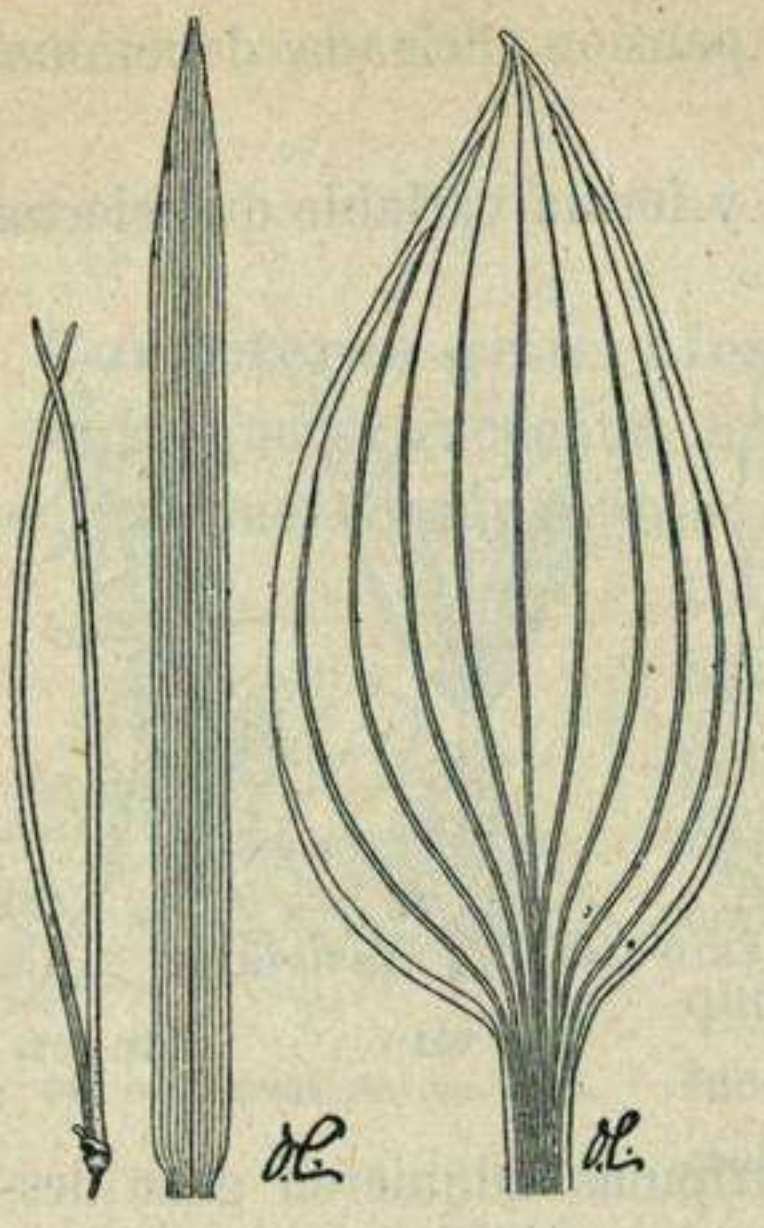


Fig. 954.—*o*, ocrea.

varios, distinguiéndose en este caso las *rectinervias* cuando existen varios paralelos y casi rectos (trigo, maíz) *(fig. 956)*; *curvinervias* o *curvinerviadas* cuando son curvos (llantén *(fig. 957)*; *peninerviadas* cuando del nervio principal salen otros secundarios a uno y a otro lado a la manera de las barbas de una pluma (chopo y la mayor parte de as plantas) *(figs. 958, 964*, etc.); *palminerviadas* cuando salen del pecío-

Instituto San Isidro de Madrid 2008



F. 955. F. 956. Fig. 957.
(De Gerardin).



Fig. 958. — Peninerviada.



Fig. 959.—Palminerviada (De Gerardin).



Fig. 960. — Hojas escamosas.

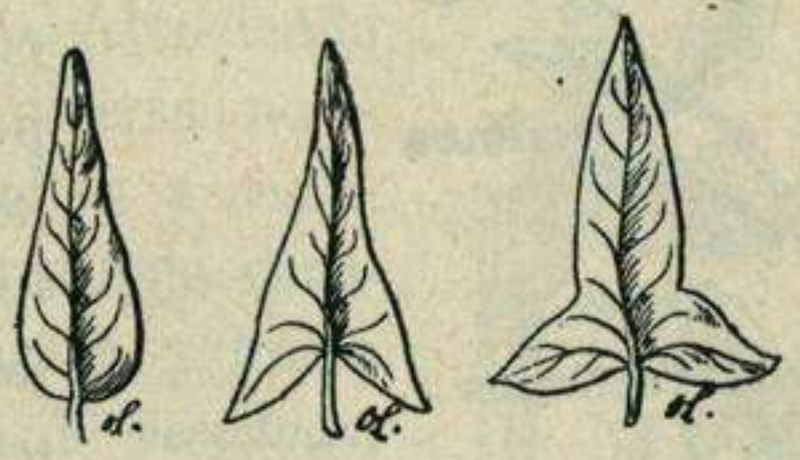


Fig. 961. Lanceolada. Fig. 962. Aflechada. Fig. 963. Alabardada.

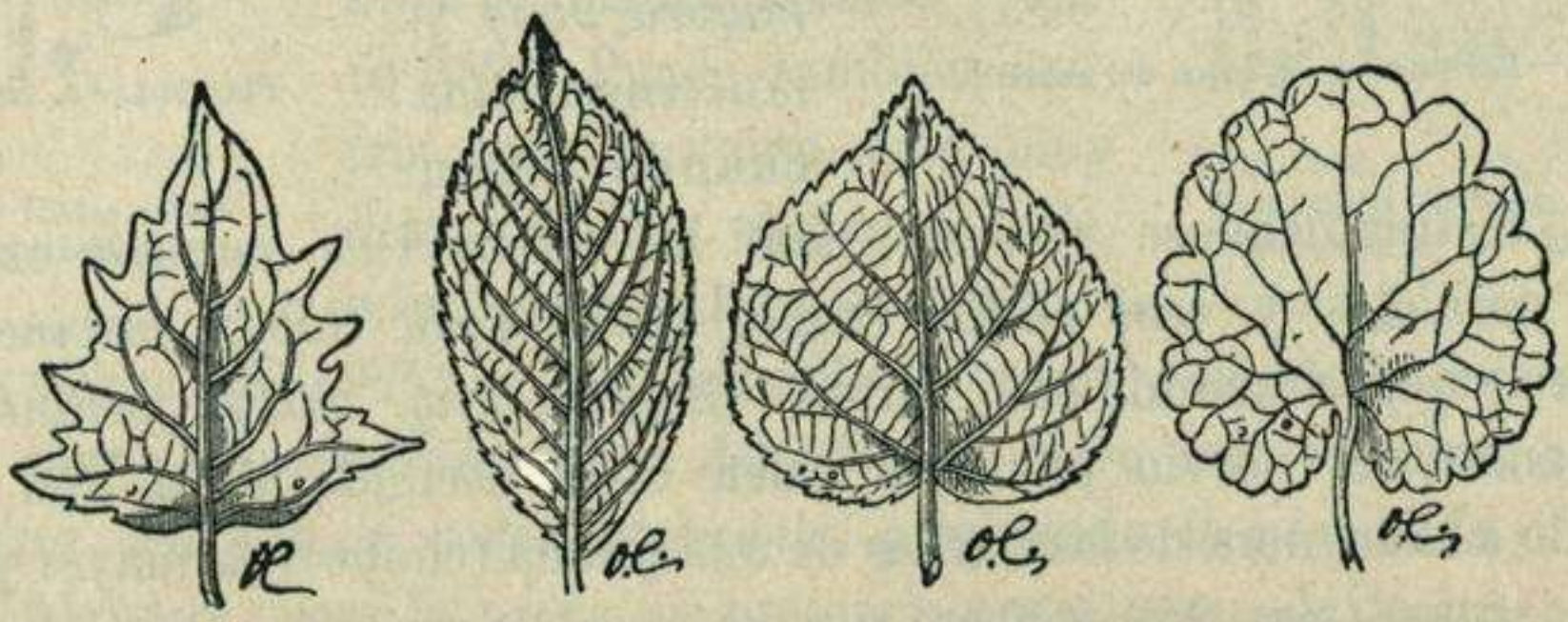


Fig. 964.—Deltoidea. Fig. 965.—Oval. Fig. 966.—Acorazonada. Fig. 967.—Reniforme.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

lo varios nervios principales, distribuídos en el limbo como los dedos separados de la mano *(fig. 959)*.

Por la *forma del limbo* reciben distintos nombres que no necesitan explicación y así se llaman *escamosas* (ciprés, etc.) *(figura 960)*; *aciculares* (pino) *(fig. 955)*; *lanceoladas*, *ovales*, *acorazonadas* o *cordiformes*, *arriñonadas*, *orbiculares*, etc., etc. *(véase figuras 961 a 970)*.



Fig. 968. — Orbicular.



Fig. 969. — Espatulada.



Fig. 970. — Trascordiforme.

Por los *bordes del limbo* se llaman: *enteras*, cuando es continuo *(fig. 961)*; *dentadas*, cuando forma ángulos salientes agudos y entrantes redondeados *(figura 971)*; *aserradas*, cuando los ángulos entrantes y salientes son agudos como en una sierra *(fig. 972)*; *festoneadas*, con dientes obtusos y ángulos entrantes agudos y poco profundos *(fig. 967)*; *hendidas* o *lobuladas*, cuando los ángulos entrantes son más profundos *(fig. 973)*, y *partidas*, si llegan hasta el nervio medio *(figura 974)*.



Fig. 971. — Dentada



Fig. 972. — Aserrada.

Hojas compuestas.—En todos los casos indicados precedentemente, las hojas se llaman *sencillas* porque constan de un solo limbo en cada pecíolo, llamándose *compuestas* cuando poseen varios limbos sobre el mismo pecíolo. Estos limbos son generalmente pequeños y se llaman *limbillos*, *foliolas* o *foliolos* (latín *foliolum*, hojita), los cuales a su vez pueden estar sentados o sostenidos por un pequeño pecíolo. Algunas veces todos los foliolos se insertan en el extremo del pecíolo común, y en este caso, si los foliolos son sólo tres, la hoja se dice *trifoliada* o *atrebolada* por presentarla el trébol, y si lo son en mayor número se llama *palmeado-compuesta* (castaño de Indias) *(fig. 975)*.



Fig. 973.—Lobulada.

Fig. 974.—Partida.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Si, por el contrario, los foliolos se insertan a lo largo de pecíolo común las hojas se llaman *pinado-compuestas*, que pueden ser *imparipinadas (figura 976)* o *paripinadas*, según exista o no foliolo a la terminación del pecíolo común. Ejemplo de ambas, rosal y lenteja. Algunas veces estas hojas pinado-compuestas pueden soportar sobre cada peciolillo otros foliolos, y entonces la hoja se llama *bipinado-compuesta* o *recompuesta* (acacia de tres espinas), *(fig. 977)*.

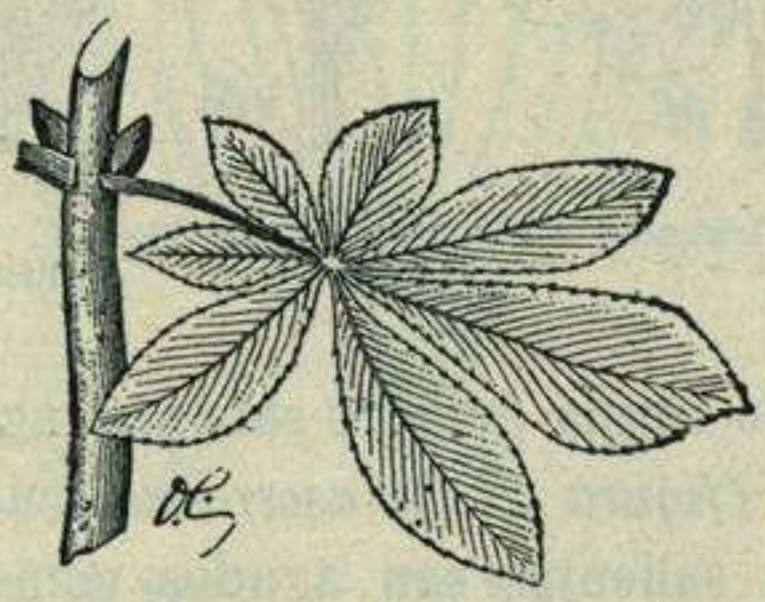


Fig. 975.—Hoja palmeado-compuesta del castaño de Indias.

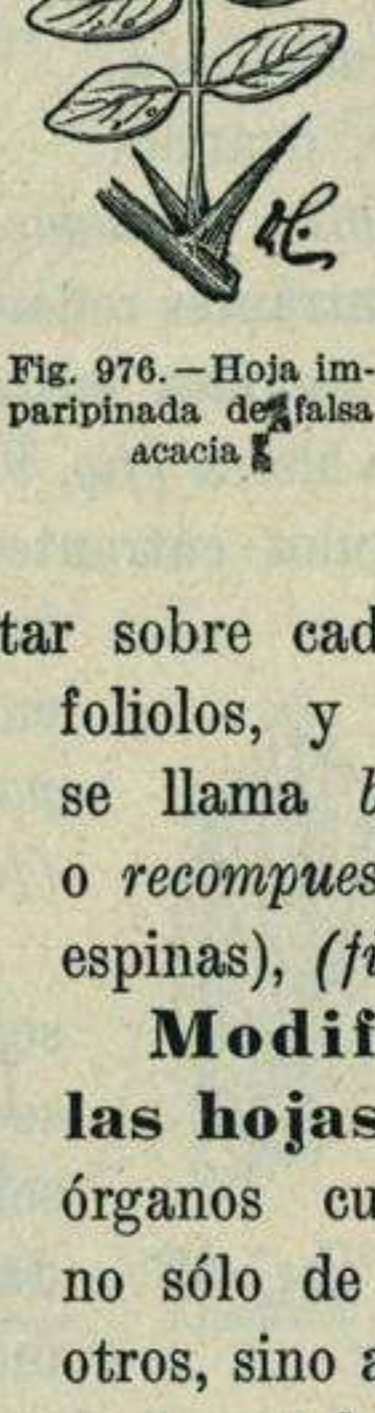


Fig. 976.—Hoja imparipinada de falsa acacia.

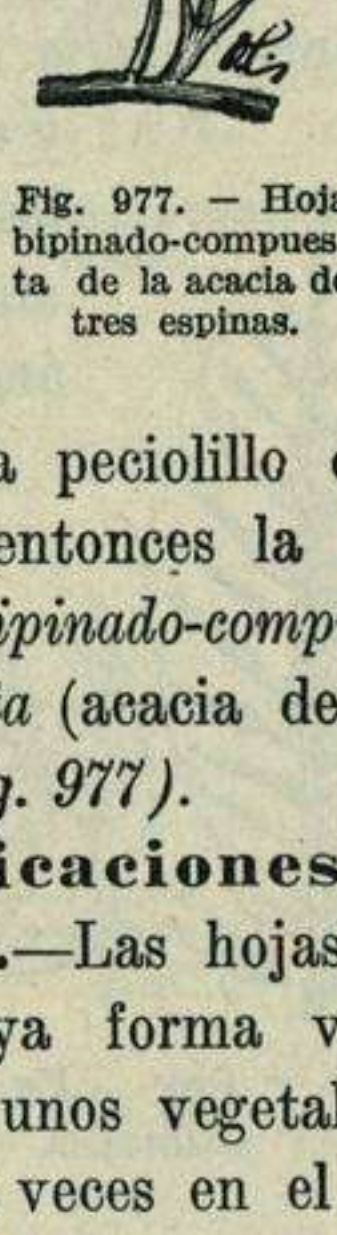


Fig. 977.—Hoja bipinado-compuesta de la acacia de tres espinas.

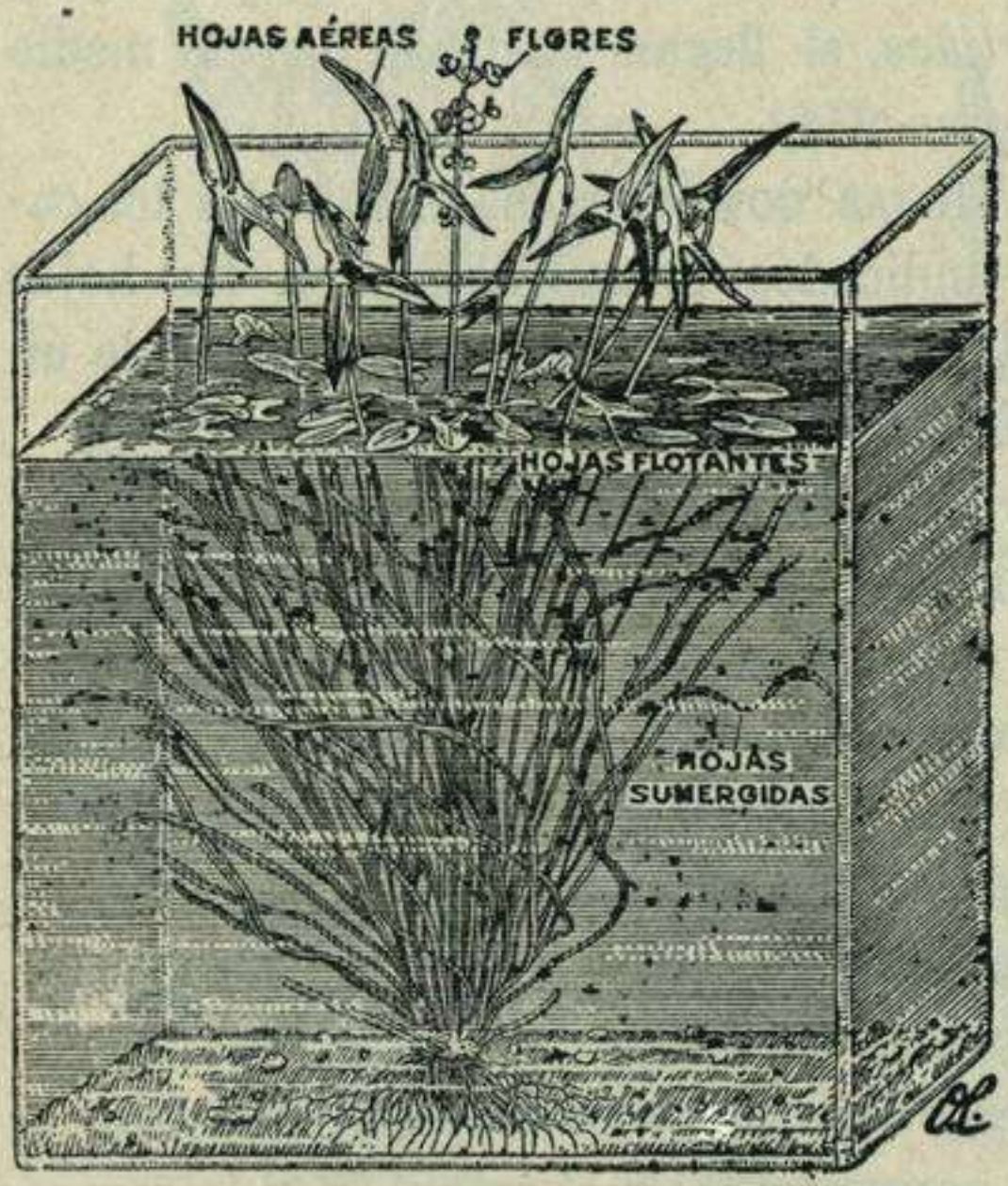


Fig. 978.—Saeta de agua como ejemplo de gran polimorfismo foliar.

Modificaciones de las hojas.—Las hojas son órganos cuya forma varía, no sólo de unos vegetales a otros, sino a veces en el mismo vegetal, según su posición en el tallo, como sucede en la hiedra.

En algunas plantas acuáticas es frecuente que las hojas *sumergidas* tengan distinta forma que las *aéreas;* el ejemplo clásico es el de la saeta de agua *(Sagittaria sagittæfólia)*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(fig. 978): en esta planta las hojas *sumergidas* son cintiformes o espatuladas, otras *flotan* en la superficie del agua y tienen limbo de forma redondeada en el ápice y, por último, otras son *aéreas* y tienen el limbo aflechado. Un poliformismo foliar menos complicado presenta el ranúnculo *(fig. 979)*. Aparte de esta modificación que imprime a las hojas el medio en que viven, pueden transformarse:



Fig. 979. — Ranúnculo acuático con polimorfismo foliar.

1.º En *escamas* u *hojas protectoras* de las yemas, que son oscuras y coriáceas *(fig. 920)*.

2.º En *brácteas*, que son hojas muy variables en su forma, no teniendo de común más que el presentarse próximas a las flores y sobre ramas florales: ejemplo de ellas tenemos en las escamitas verdes que rodean las flores de la manzanilla, crisantemos, etc. *(figura 980);* las que lleva la flor en el tilo *(fig. 981);* las llamadas *glumas*, que existen entre las flores en las espigas del trigo, etc.; la llamada *espata*, que envuelve la inflorescencia de los aros o yaros y calas *(fig. 982);* etc.

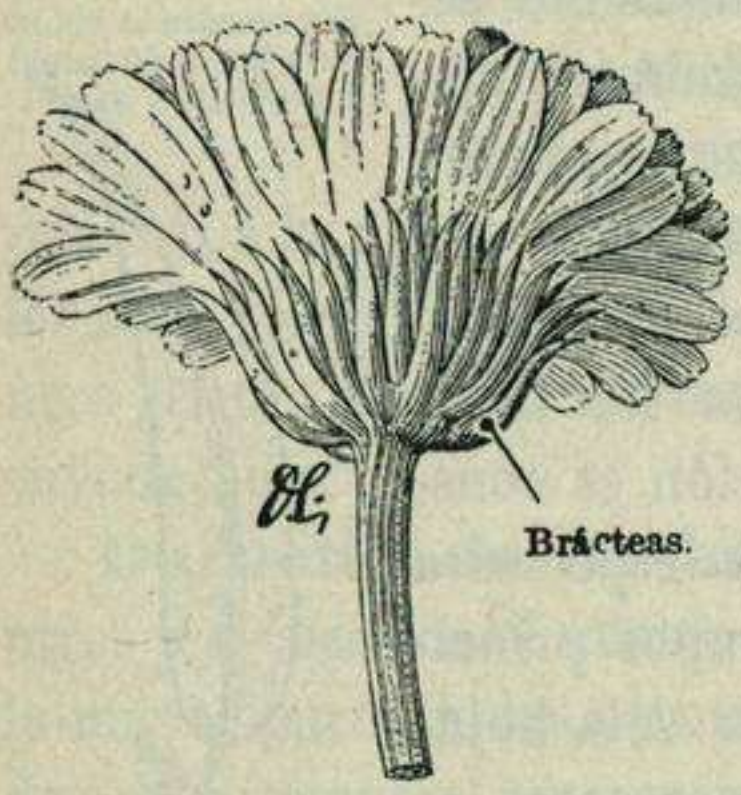


Fig. 980.—Brácteas.



Fig. 981. — Bráctea del tilo.

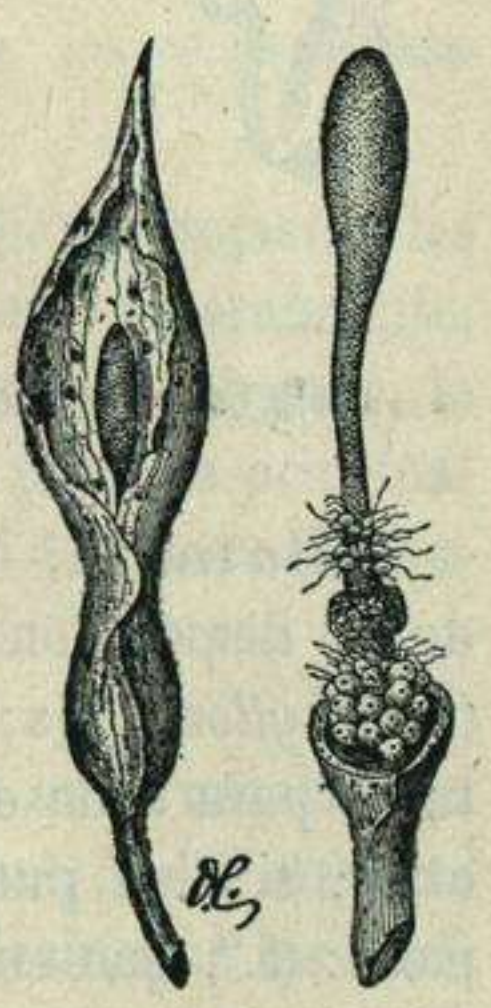


Fig. 982. — Espata.

3.º En *espinas*, como el agracejo, etc. *(fig. 983);* a veces son las estípulas las que se transforman en espinas (falsa acacia) *(fig. 976)*.

4.º En *zarcillos*, como en el guisante, melón, etc. *(figs. 953* y *984)*, etcétera).

5.º En *órganos de reserva*, como las escamas y túnicas de los bulbos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de azucena y cebolla, respectivamente *(figs. 940* y *941);* también corresponden a esta categoría los *cotiledones* u hojas nutricias del embrión, que en un guisante, por ejemplo, son cada una de las dos partes en que puede dividirse la semilla.

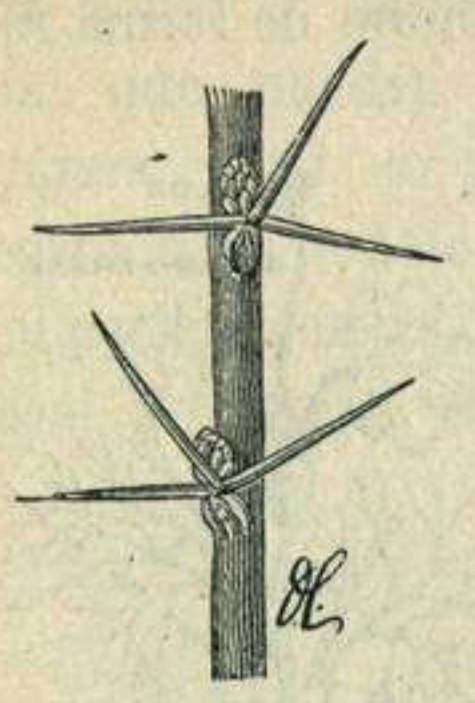


Fig. 983.—Espinas foliares.

6.º En *ascidias*, que son hojas cuyos pecíolos muy modificados adoptan la forma de vasija que a veces puede cerrarse por medio del limbo *(Nepénthes) (fig. 985).*



Fig. 984. — Zarcillo foliar del melón.

7.º En *filodios*, que son los pecíolos ensanchados en forma de limbo, al cual sustituyen en su función, ya totalmente *(Eucalíptus) (fig. 486)*, ya sólo en parte *(Acácia heteophylla, melanóxylon) (figura 140)*, etc.

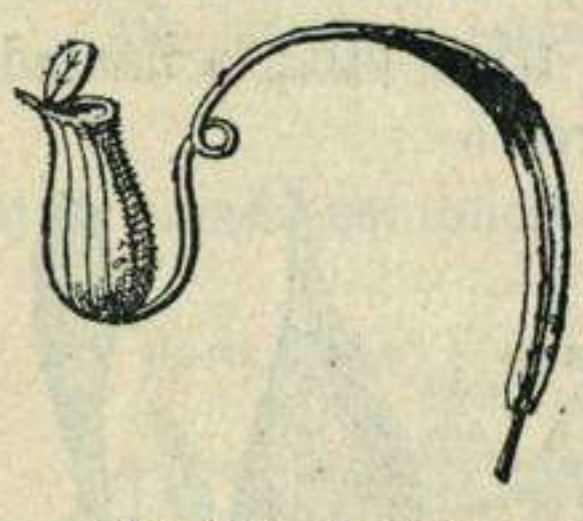


Fig. 985.—Ascidia

8.° En *piezas florales;* las partes de la flor que luego llamaremos sépalos, pétalos, estambres y pistilos no son más que hojas muy modificadas *(fig. 1200).*

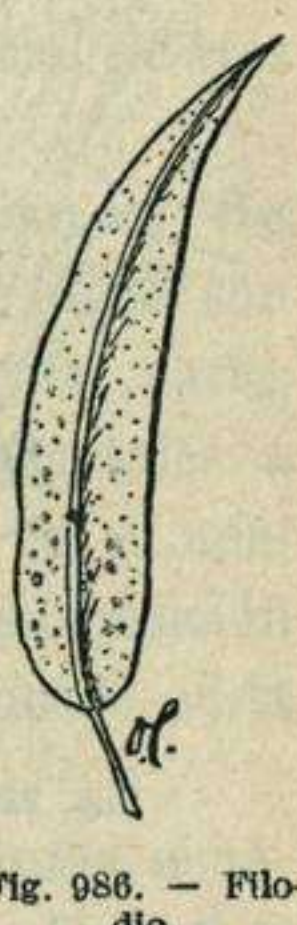


Fig. 986. — Filodio.

Filotaxia.—Con este nombre se conoce el estudio de la disposición que las hojas presentan en los tallos (gr. *phyllon*, hoja; *taxis*, orden). Esta disposición es constante para cada especie, pero varía de unas especies a otras, si bien puede hacerse con ellas dos grupos principales: 1.°, que en cada nudo se inserte una sola hoja; 2.º, que se inserten dos o más. En el primer caso, las hojas reciben el nombre de *aisladas*, y en el segundo el de *verticiladas*.

Hojas aisladas.—Para un curso elemental los nombres que interesa conocer son los siguientes: cuando las hojas nacen una en cada nudo de tal manera que siguiendo una línea helicoidal a partir de una hoja, la siguiente se encuentre en la generatriz situada a los 180º,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

las hojas se llaman *alternas;* en cualquier otra disposición que adopten se denominan colectivamente *esparcidas (fig. 987).*

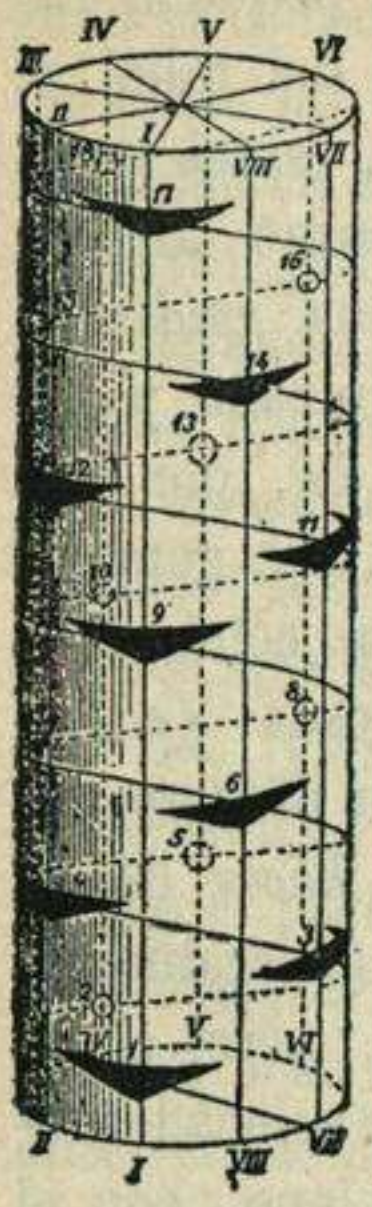


Fig. 987. — Un caso de hojas *esparcidas.* Los números romanos indican las 8 generatrices del tallo sobre el que están insertas las hojas (números arábigos) siguiendo una línea helicoidal.

Hojas verticiladas.—El caso más sencillo es que en cada nudo existan dos hojas solamente situadas en los extremos del mismo diámetro, es decir, una enfrente de otra, por lo que reciben el nombre particular de *opuestas (fig. 400);* el de *verticiladas* propiamente dichas se aplica a aquellos casos en que en cada nudo existan tres o más hojas que constituyen lo que se denomina un *verticilo (fig. 988).* Las hojas *opuestas* pueden encontrarse todas en el mismo plano o bien en dos perpendiculares entre sí: en este último caso se dicen *cruzadas (figura 945).*

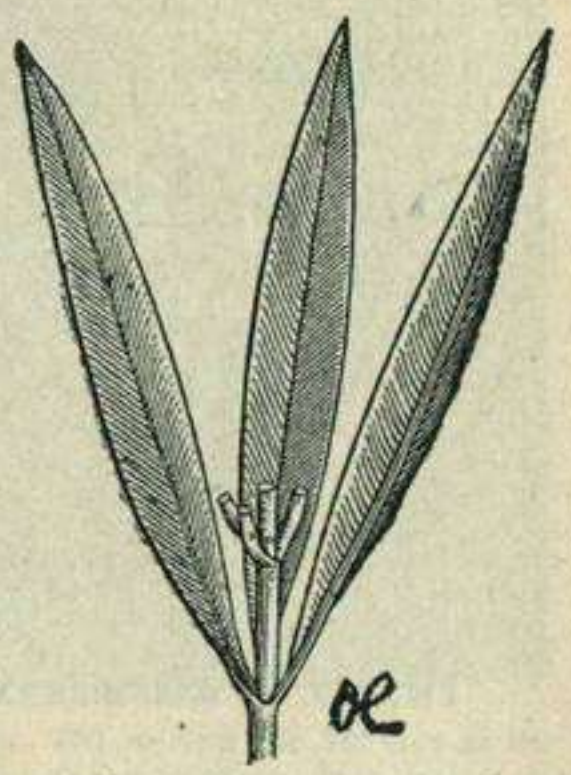


Fig. 988.—Hojas verticiladas.

Prefoliación.—Es la disposición que las hojas presentan en las yemas; también se denomina *vernación*, porque al brotar o salir las hojas de las yemas en la primavera se aprecia bien, generalmente, dicha disposición (lat. *vernatio*, brotar; lat. *vernalis*, lo relativo a la primavera). Varía de unas a otras plantas, pero las principales son: *plana*, cuando la hoja no se pliega; *plegada*, si lo hace a la manera de un abanico; *circinada*, si se arrolla recordando la forma de un cayado; etc.

Duración de las hojas.—Ésta es variable de unos vegetales a otros y a veces en el mismo vegetal de unos a otros climas. En el nuestro, la mayor parte de las plantas son de *hojas caducas*, es decir, que las nacidas en primavera mueren en otoño del mismo año. Por el contrario, algunas otras son de *hojas persistentes*, o sea que duran un año completo (olivo, etc.), o más de un año (pinos), y como las hojas viejas mueren después de haber salido las nuevas, el vegetal posee siempre hojas verdes y parece que no renueva éstas.

Anatomía de la hoja.—En una hoja completa hay que estudiar la *anatomía* del *pecíolo* y la del *limbo.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ANATOMÍA DEL PECÍOLO *(fig. 989)*.—El pecíolo puede considerarse como una pequeña ramificación del tallo, y, por tanto, estará constituído como aquél: 1.º, por una *epidermis (ep.)* cutinizada y con estomas; 2.º, por una *corteza (p. c.)*, generalmente con células colenquimatosas *(col.)*; 3.º, por un número variable de *haces líbero-leñosos*, generalmente desiguales, pero simétricamente colocados según un plano, con el líber *(li.)* fuera y el leño *(le.)* dentro, dispuestos según un arco de circunferencia cuyo centro estuviera hacia la cara superior del pecíolo; y 4.º, por un parenquima *conjuntivo* análogo al cortical.

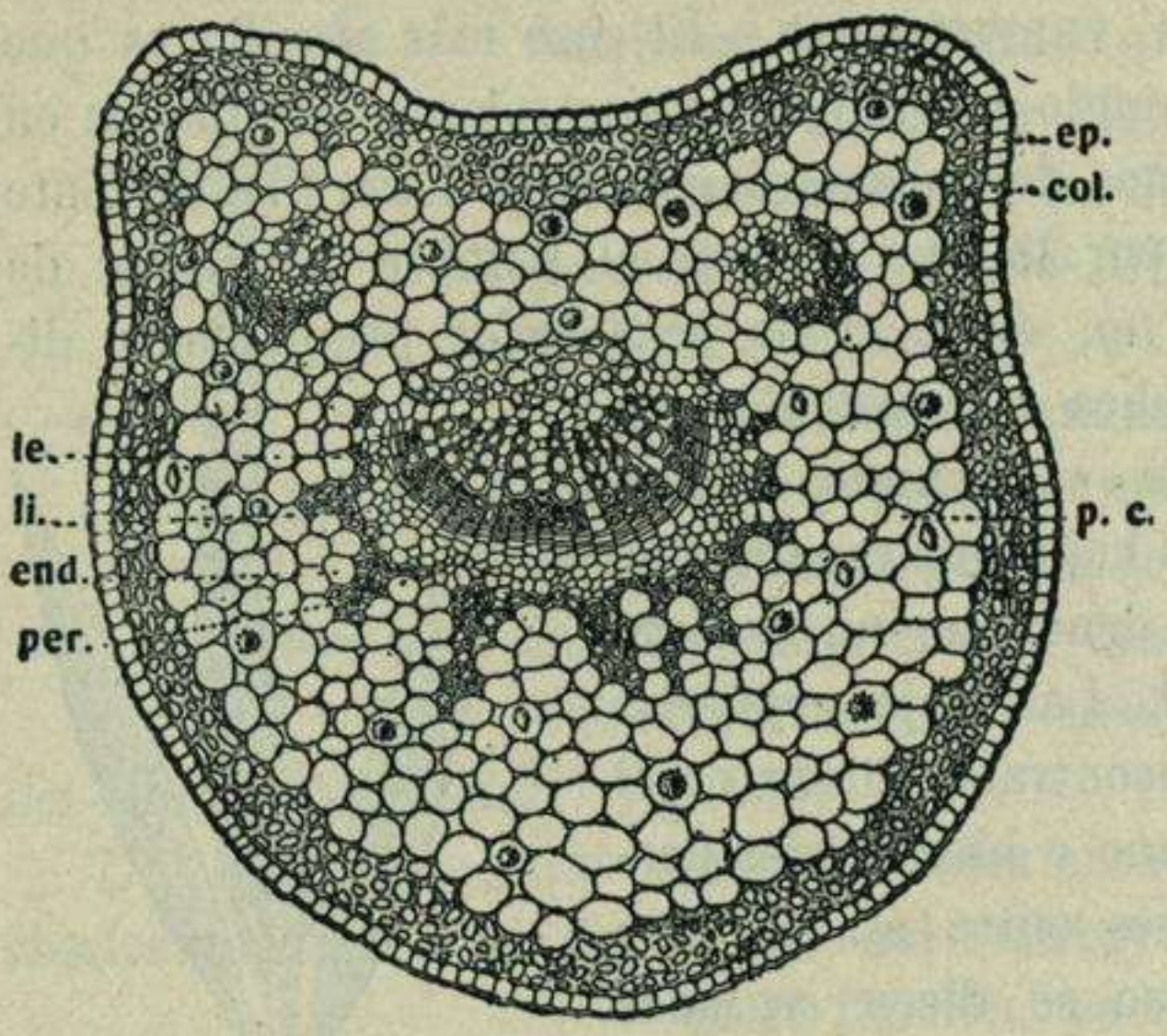


Fig. 989. — Anatomía del pecíolo (según Hérail y Bonnet)

ANATOMÍA DEL LIMBO.—Dando un corte transversal en esta región de la hoja, se aprecian *(figs. 875 y 990)*: 1.º, una *epidermis superior* formada por células sin clorofila y cutinizadas exteriormente; 2.º, una *epidermis inferior*, análoga a la superior, pero más rica que ésta en estomas; 3.º, un *parenquima clorofílico*, intercalado entre am-

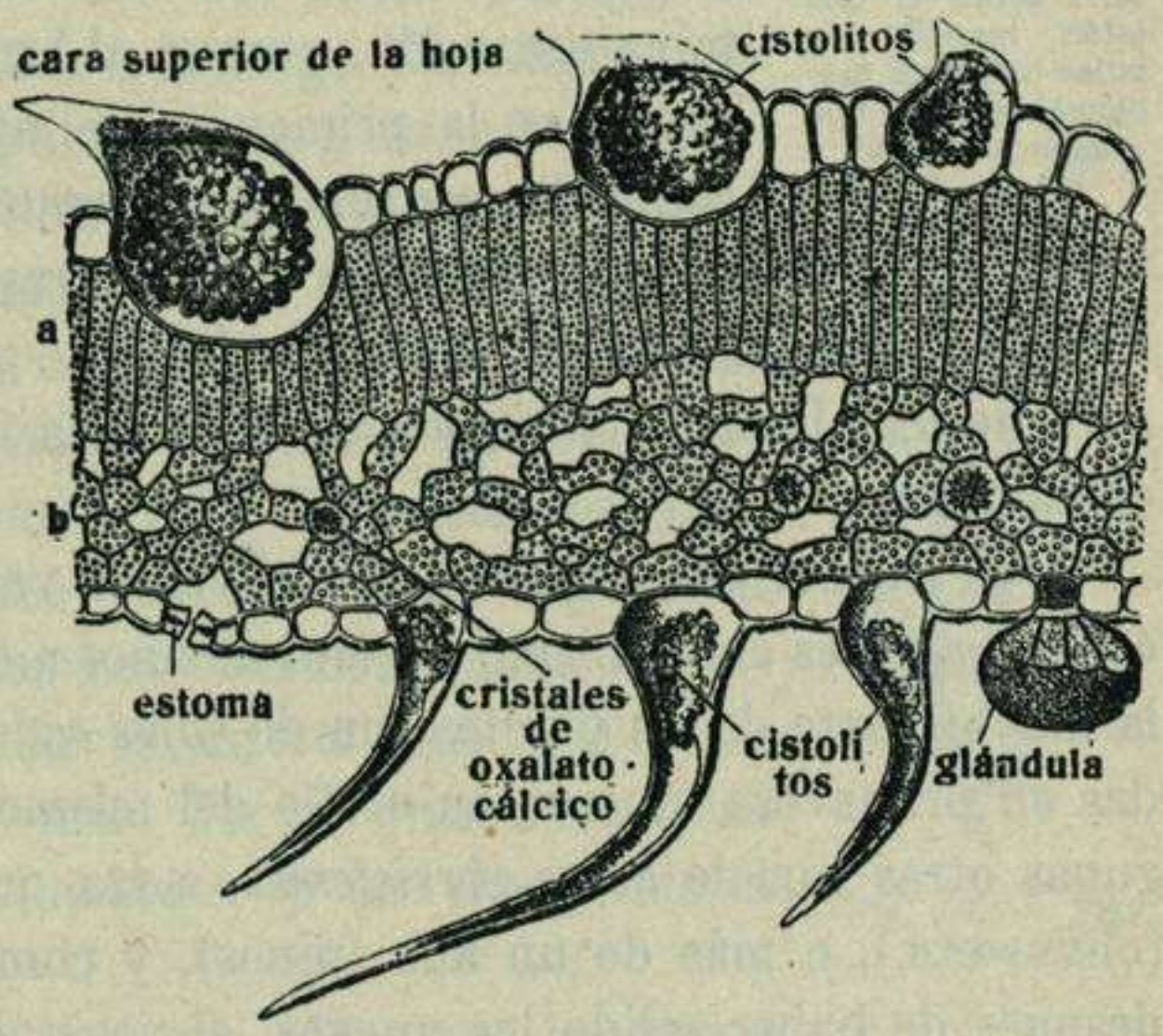


Fig. 990.—Corte transversal del limbo de una hoja de cáñamo.—*a*. parenquima muriforme: *b*. ídem lagunoso. (Según Tschirch)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bas epidermis, que recibe el nombre de *mesofilo*. Una disposición muy general es que el mesofilo tenga las capas más próximas al haz dispuestas como las tablas de una empalizada *(parenquima en empalizada)*, y las más próximas al envés, por células irregularmente dispuestas, dejando entre ellas grandes espacios o meatos *(parenquima lagunoso)*. En otras hojas el mesofilo ofrece identidad de estructura en todas sus partes. De las primeras hojas se dice que tienen *estructura bifacial* o *heterofacial*, y de las segundas, *monofacial* u *homofacial*.

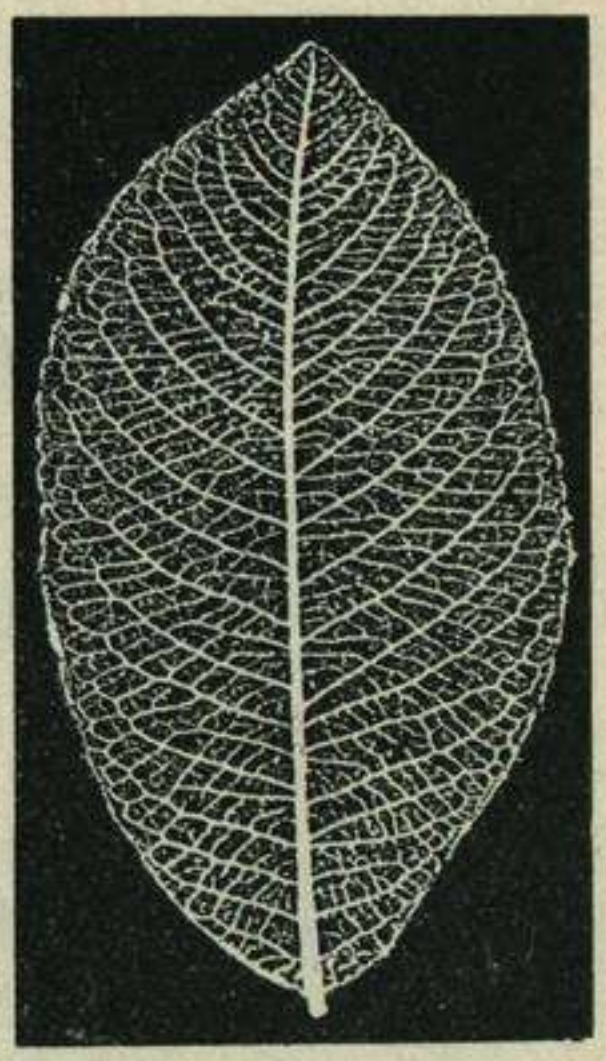


Fig. 991.—Red de nervios o haces líbero-leñosos del limbo de una hoja.

En el parenquima lagunoso se encuentran los *nervios*, o sea los haces líbero-leñosos, que forman a la manera de una red *(fig. 991)*, entre cuyas mallas se encuentran las capas de células indicadas. La terminación de los nervios está constituída exclusivamente por uno o varios *vasos leñosos (fig. 992)*. Algunas veces éstos terminan entre un conjunto de células diferentes *(figura 993, c)*, encima de las cuales existe un estoma abierto continuamente; todo este conjunto constituye los llamados *estomas acuíferos*, debido a que, en ciertas condiciones, dejan salir por ellos una gotita de agua.



Fig. 992.—Vasos leñosos en que termina un nervio.

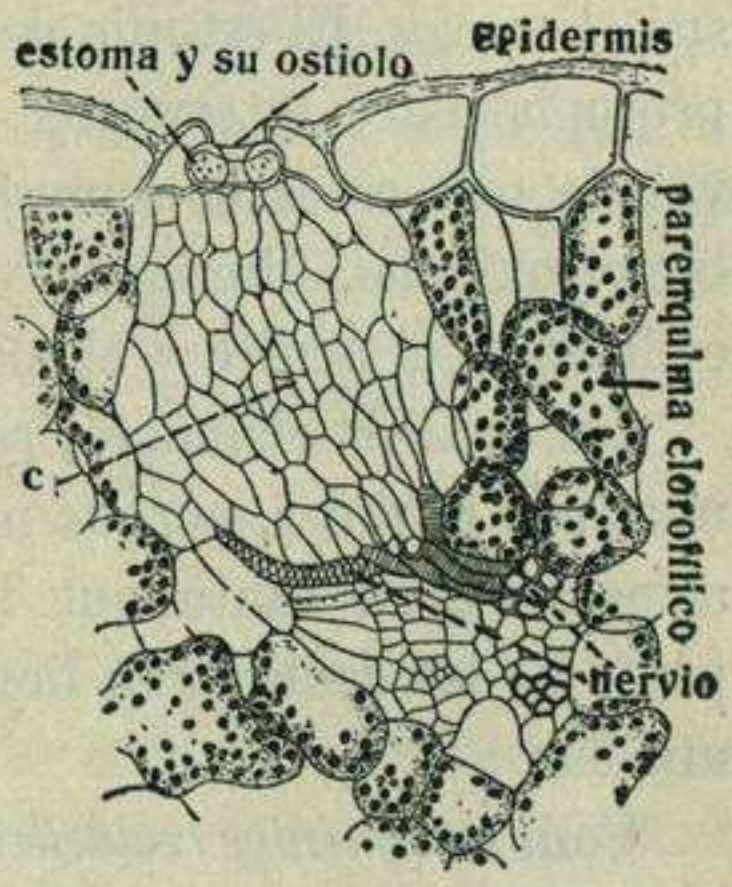


Fig. 993.—Estoma acuífero.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

FISIOLOGÍA VEGETAL

FUNCIONES DE NUTRICIÓN

LOS ALIMENTOS: SU ABSORCIÓN Y CIRCULACIÓN EN LA PLANTA

Los alimentos. Métodos empleados para determinar los elementos que los integran.—A fin de que desplieguen su actividad y realicen las funciones indispensables para su existencia, los vegetales toman del medio exterior diversas sustancias que constituyen sus *alimentos*. El estudio de los compuestos que entran a formar parte del protoplasma o intervienen en la constitución de las membranas, ha revelado que estos compuestos están integrados, principalmente, por carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, a los que se agregan otros, como el fósforo, el azufre y el magnesio.

Un análisis elemental revela que de los diversos elementos químicos, unos son *volátiles*, porque mediante la acción del calor desaparecen en la atmósfera, en tanto que los restantes son *fijos* por quedar formando parte de las cenizas, en donde los denuncian las diversas operaciones del análisis.

Como *elementos volátiles* están el carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno, que son los más importantes en la formación de la materia orgánica.

Los *elementos fijos* varían de unas plantas a otras, pero en todas ellas se repiten diez, que son los que pueden considerarse como *esenciales*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Cuadro sintético en el que se mencionan los elementos fijos contenidos en las cenizas de los vegetales. (*)

METALOIDES

Flúor (frecuente en muchas plantas).
Cloro.
Bromo (en casi todas las plantas marinas).
Iodo (plantas marinas, en la remolacha y en los líquenes).
Azufre.
Fósforo
Arsénico (frecuente en muchas plantas).
Antimonio (en las *Laminarias*).
Silicio.
Boro (frecuente en muchas plantas).

METALES

Litio (Compuestas y tabaco).
Sodio.
Potasio.
Rubidio (remolacha).
Cesio (remolacha y tabaco).
Calcio.
Estroncio (*Fucus vesiculosum*).
Bario (en plantas que viven en terrenos ricos en baritina).
Glucinio (*Laminarias*).
Magnesio.
Zinc (frecuente en plantas que vegetan en terrenos ricos en calamina).
Cromo (pino silvestre, roble, vid).
Manganeso.
Hierro.
Molibdeno (pino silvestre, roble, vid).
Níquel (roble y *Laminarias*).
Cobalto (roble y *Zostera marina*).
Aluminio (plantas que vegetan en terrenos ricos en alúmina; hortensia).
Galio (*Laminarias*).
Titanio (roble, peral, manzano, algodonero y tabaco).
Germanio (*Laminaria*).
Estaño (en el leño de algunas plantas arborescentes).
Vanadio y *Bismuto.* — Pino silvestre, roble, vid y *Laminaria.*
Cobre (frecuente en muchas plantas).
Mercurio y *plomo.* — Algas. Plantas que crecen en terrenos ricos en sales de mercurio o de plomo.
Oro, *Laminarias.*

De estos elementos, los que entran a formar parte en mayor proporción del cuerpo de la planta, son el *oxígeno* y el *carbono*. El *carbono* representa más de la mitad del peso seco del vegetal; pero como en la planta viva el agua entra en gran cantidad, es realmente el *oxígeno* el predominante. El agua representa tres cuartas partes del peso total de la planta

(*) Según Cerighelli. Los elementos escritos con letras **negras**, son los esenciales, además del H, C, O, y N., que no figuran en este cuadro por corresponder a los volátiles.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fresca, pudiendo en algunas, como en las plantas crasas, elevarse al 90 por 100 y hasta el 95 por 100.

El método analítico no es suficiente para la determinación exacta de los elementos que son indispensables, pues se ha logrado cultivar plantas en medios nutritivos artificiales en los que faltan algunos de aquéllos, sin que por esto pierda su vigor; tal ocurre, por ejemplo, con la sílice, que en el cuadro anterior figura como elemento esencial.

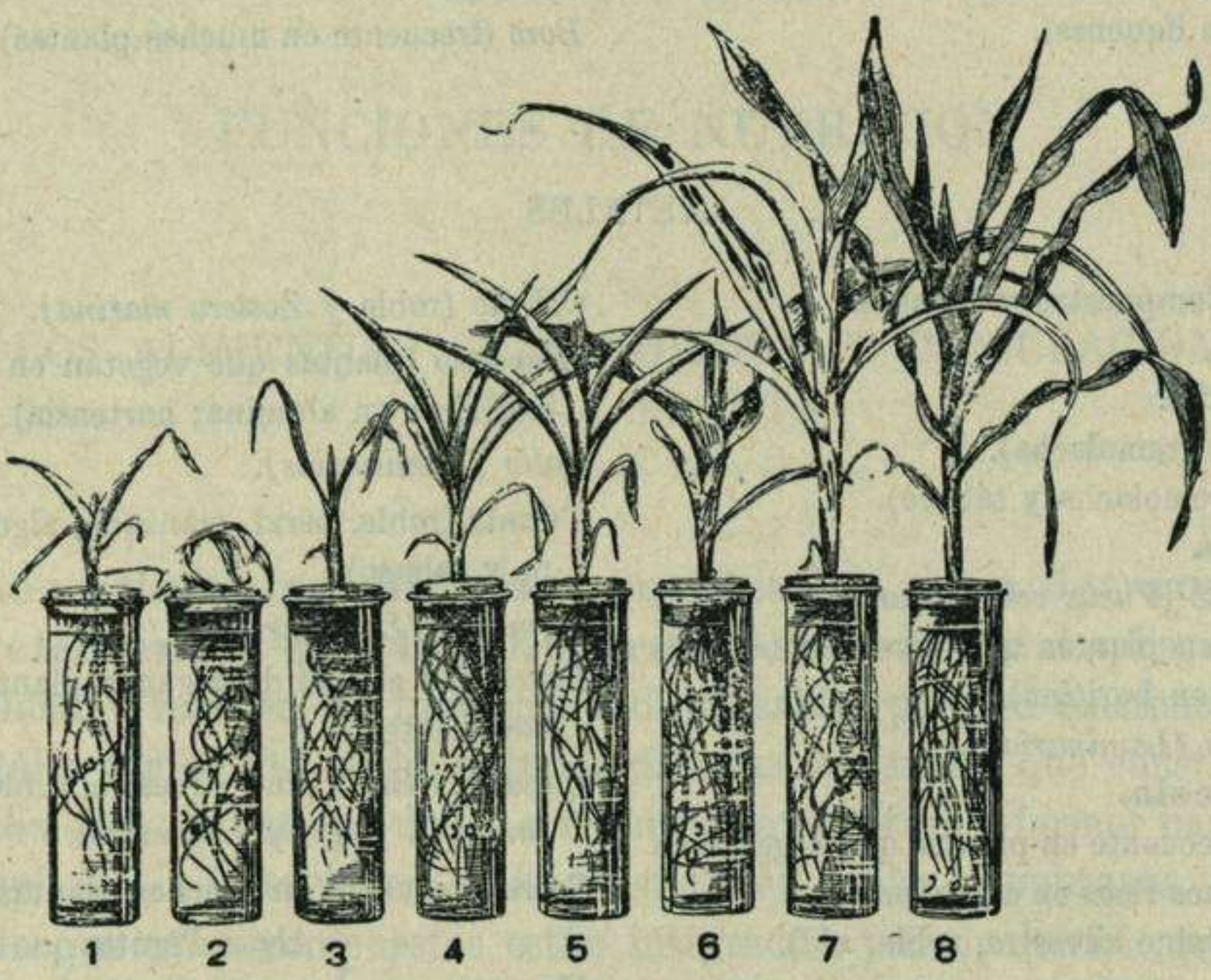


Fig. 994.—Plantas de maíz cultivadas en medios acuosos de composición conocida.—*1*, en agua destilada; las restantes, con alimento incompleto: en *2*, menos *K;* en *3*, menos *Ca;* en *4*, menos *N;* en *5*, menos *P;* en *6*, menos *Mg;* en *7*, menos *Fe*, y en *8*, completo. (Según Errera y Laurent).

En los diversos tanteos realizados para lograr un medio de cultivo adecuado, se ha llegado a la conclusión que al vegetal hay que suministrarle, para que pueda vivir en buenas condiciones, los nueve elementos siguientes: H, N, O, Mg, P, S, K, Ca y Fe, de los que son indispensables todos ellos, pues si alguno falta, la planta sufre y su desarrollo es imposible *(fig. 994)*.

Entre los líquidos o soluciones nutritivas propuestas por los fisiólogos están, en primer término, el líquido de Knop y el de Detmer.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Solución nutritiva de Knop.

Nitrato cálcico	1 gr.
» de hierro	0,250 gr.
Fosfato ácido de potasio	0,250 »
» de hierro	indicios.
Sulfato de magnesio	0,250 gr.
Agua destilada	1.000 »

Solución nutritiva de Detmer.

Nitrato de potasio	1 gr.
Cloruro de sodio	0,50
» de hierro	indicios.
Sulfato cálcico	0,50
» magnésico	0,50
Fosfato tripotásico	0,50
Agua destilada	1.000 gr.

En estos líquidos no figura el carbono, porque las plantas lo toman de la atmósfera, en tanto que el nitrógeno, no obstante su abundancia en la atmósfera, lo absorbe por sus raíces de las sales nítricas del suelo.

Como hecho importante señalaremos que los vegetales pueden vivir a expensas de sustancias inorgánicas, cosa que nunca sucede en los animales.

La digestión en los vegetales.—Las plantas en la naturaleza toman los diversos elementos del aire o de las varias sustancias del suelo que los contienen. En la tierra no todas las sustancias están disueltas, como las sales amoniacales, por ejemplo, sino que muchas de ellas se encuentran en estado insoluble, como el fosfato tricálcico o el carbonato cálcico. Pero estas sustancias insolubles se hacen solubles en el agua que contenga anhidrido carbónico, por lo cual las plantas pueden disolverlas mediante las sustancias ácidas segregadas por sus raíces al nivel de los pelos absorbentes. Pueden comprobarse estos extremos colocando a germinar semillas de varias plantas sobre una placa pulimentada de fosforita o de mármol *(fig. 995);* después de algún tiempo se verá que ésta ha sido corroída en las regiones por donde las raíces han pasado. También puede hacerse patente esta emisión de sustancias ácidas colocando en un embudo un papel azul de tornasol y haciendo que germinen las plantas sobre él, según indica la *figu-*

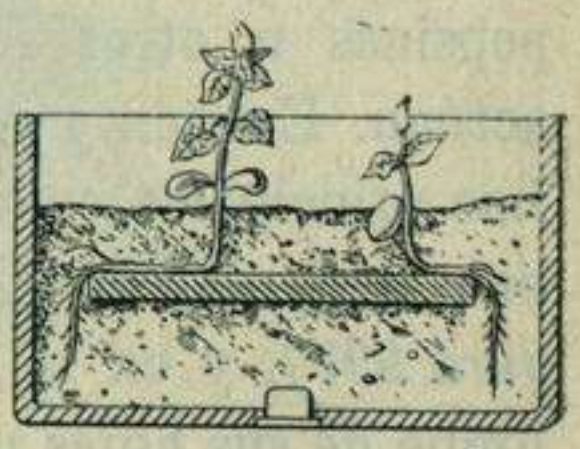


Fig. 995.—Experimento para demostrar la digestión exterior de la raíz.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ra 996; al cabo de cierto tiempo se verá la impresión en rojo de los sitios por donde haya pasado la raíz.

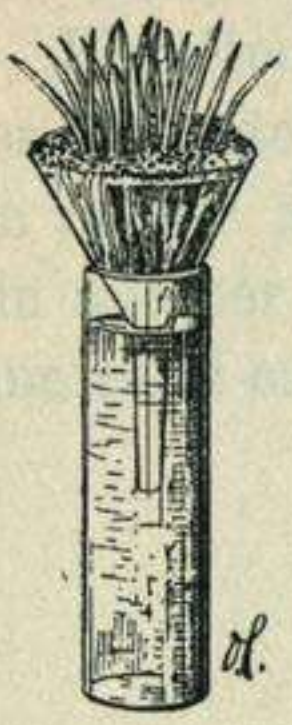


Fig. 996.

Este hecho puede compararse a la función digestiva de los animales, que convierte las sustancias insolubles en solubles y asimilables.

Con las sustancias inorgánicas que las plantas toman del medio, elaboran una porción de sustancias orgánicas que forman parte del protoplasma o constituyen sustancias de reserva, como el almidón, las grasas, los granos de aleurona, etc., las cuales sufren, para su utilización ulterior, una especie de digestión o desdoblamiento en sustancias más sencillas, solubles, asimilables y en estado cristaloide, mediante la acción de los *fermentos*. Así, el *almidón* se transforma en *dextrina* mediante la acción de la *amilasa* análoga a la de los jugos digestivos de los animales; las *grasas* se desdoblan en ácidos grasos y glicerina, al mismo tiempo que se *emulsionan* mediante una *lipasa*, y las *sustancias proteicas*, mediante la *pepsina* o la *tripsina*, se desdoblan primero en *albumosas* y *peptonas*, y, por último, en *amino-ácidos*.

PLANTAS CARNÍVORAS.—Estas plantas pueden utilizar como alimentos las sustancias orgánicas albuminoideas de diversos animales, que capturan por diversos procedimientos y digieren mediante jugos ácidos que contienen pepsinas u otros fermentos que sobre ellas actúan. Existen muchas plantas carnívoras. Las principales son: la llamada en nuestro país rocío del sol *(Drósera rotundifólia) (figura 997)*, y en la cual la cara superior del limbo de sus hojas carnosas está provista de unos pelos mazudos que son los encargados de la secreción y que cuando un insecto pequeño se posa sobre las hojas se doblan sobre él y le aprisionan y digieren. La *Dionæa muscípula* o atrapamoscas *(fig. 998)* es una pequeña planta norte-



Fig. 997.—*Drósera rotundifólia.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

americana que actúa doblando sus hojas por nervio medio. Análogamente actúa la *Aldrovándia vesiculósa (figura 999)*, pequeña planta que ve-

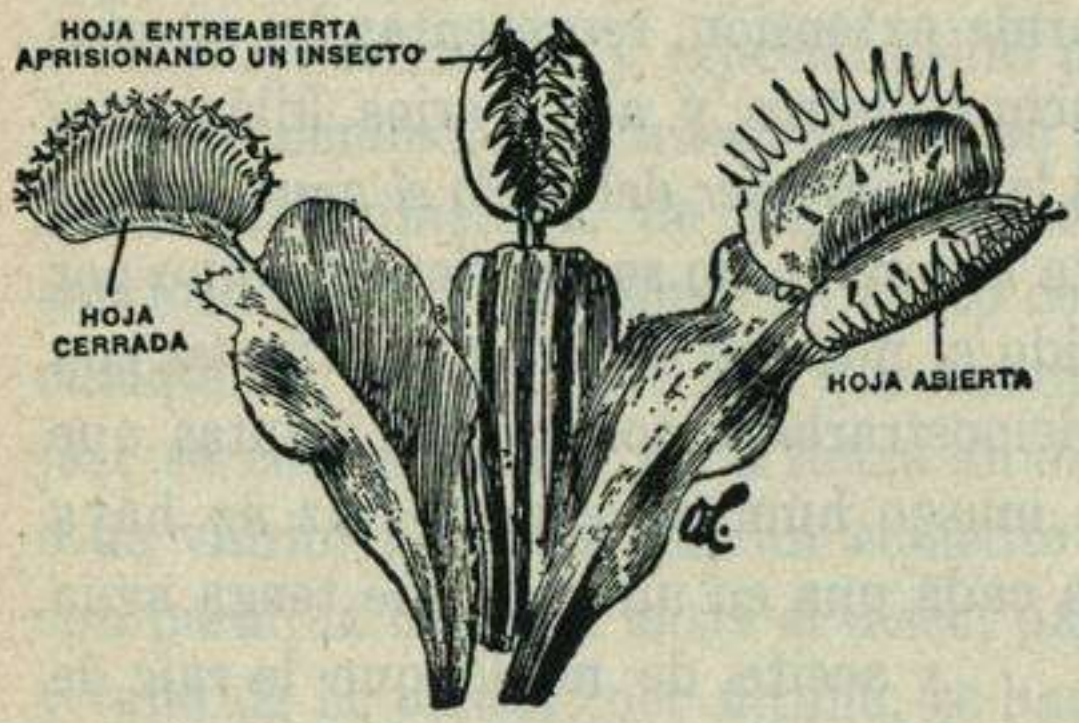


Fig. 998. — *Dionœa muscípula.*

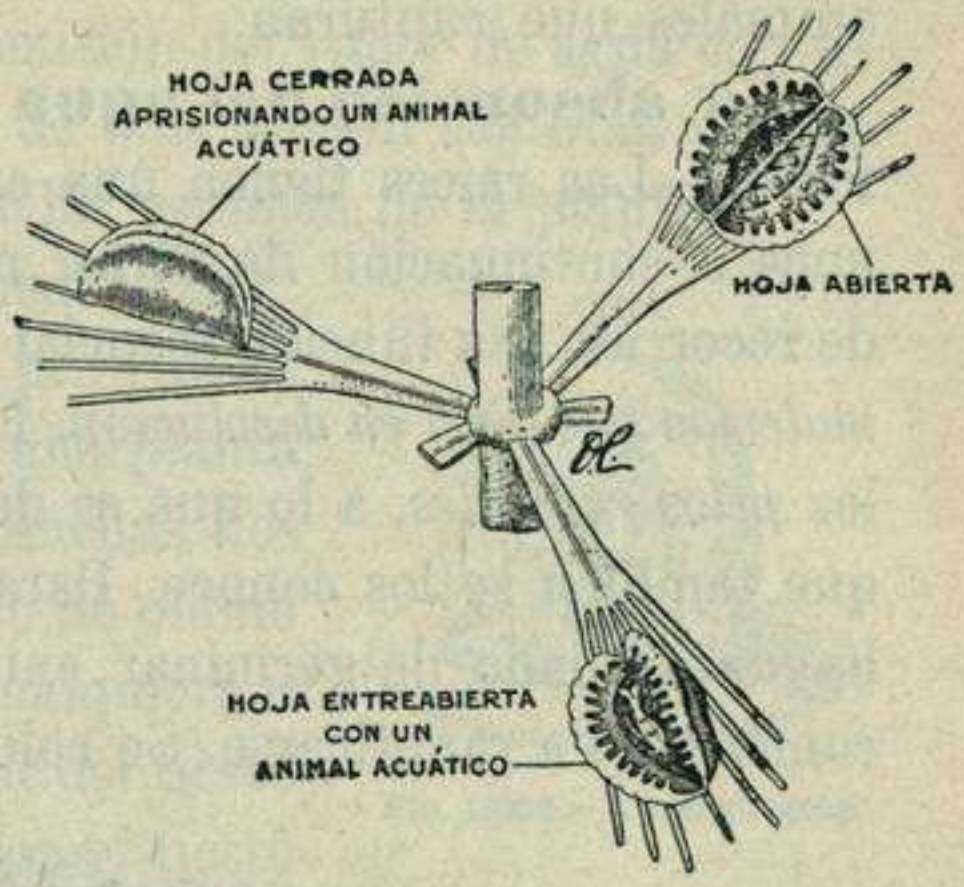


Fig. 999.—*Aldrovándia vesiculósa.*

geta en los lugares pantanosos de algunos puntos de Italia y mediodía de Francia. La *Utriculária vulgáris (fig. 1.000)*, que vive en las aguas estancadas de casi toda España y cuyas hojas sumergidas están



Fig. 1 000.—*Utriculária vulgáris*

provistas de pequeñas ascidias en forma de odrecillos que poseen un cierre especial, en virtud del cual, cuando algún animal acuático penetra por abrirse el cierre fácilmente hacia dentro, no puede salir porque se abre difícilmente hacia fuera. Los ascidias de los *Nepentes (fig. 985)*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

están llenos de un líquido ácido capaz de digerir los insectos que en él caen y mueren ahogados. Todas estas plantas digieren los pequeños animales que capturan.

La absorción del agua y de las sales minerales por la raíz.—Las raíces tienen una enorme extensión, representando, puestas unas a continuación de otras, muchos metros y aun varios kilómetros de recorrido. Su función esencial es la de *absorber* del *suelo el agua con las materias que lleva en disolución*. Esta absorción no se verifica más que por los *pelos radicales*, a lo que es debido el nombre de *pelos absorbentes* con que también se los conoce. Para demostrarlo se toman dos plantas que hayan acabado de germinar entre musgo húmedo y cuya raíz no haya comenzado a ramificarse. Se coloca cada una en un vaso que tenga agua y aceite, de modo que la raíz de la primera introduzca en el agua toda la punta hasta los pelos radicales, y éstos y el resto de la raíz queden en el aceite *(figura 1.001);* la segunda raíz *(figura 1.002)* se dobla de modo que sólo los pelos radicales queden en el agua. Al cabo de cierto tiempo se ve que la primera se marchita y muere, mientras que la segunda vegeta lozanamente.

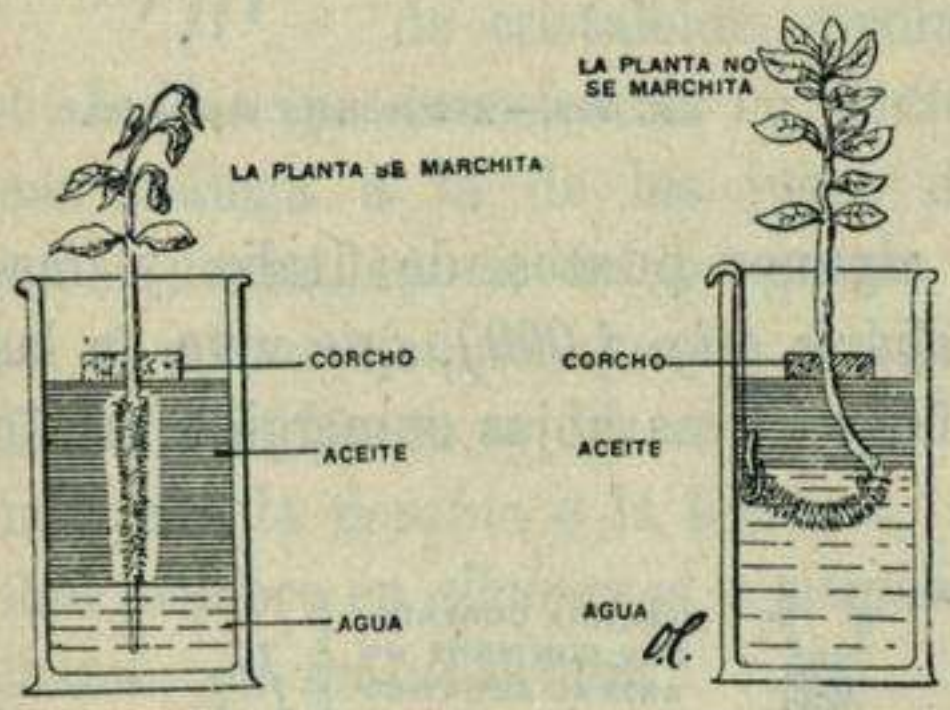


Fig. 1.001 Fig. 1.002.

Experimentos para demostrar la absorción radical.

Mecanismo de la absorción.—El agua y las sales disueltas penetran en virtud de un fenómeno de ósmosis, es decir, a causa de la presión osmótica que se ejerce en los pelos absorbentes (o en las células de la capa exterior del órgano en que se realice la absorción): esta presión osmótica de los pelos radicales tiene que ser relativamente potente, puesto que no sólo tiene que sobrepasar el valor de la presión osmótica de las sustancias líquidas del terreno, que realmente no es muy elevada, sino que además ha de vencer la atracción capilar que las partículas del terreno ejercen sobre el agua y las materias en disolución.

El fenómeno de la absorción es más complejo de lo que en un principio se creyó, ya que las membranas celulares actúan unas veces como permeables y otras como semipermeables, sin que realmente conozcamos las causas que determinan un funcionamiento u otro.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Transpiración.—Las plantas, cuyos tejidos están embebidos en agua, exhalan de continuo, en mayor o menor proporción, agua en el estado de vapor o en estado líquido; esta emisión del vapor de agua constituye la *transpiración*, la cual se verifica de *una manera continua* por las células superficiales, y especialmente por los estomas de la planta.

Para demostrar la *transpiración* se pueden hacer varios experimentos, de los cuales los principales son los siguientes: se toma un tiesto con una planta cualquiera, siendo preferible que tenga muchas hojas; se coloca encima de la tierra un disco de plomo o de vidrio. Se tapa con un cemento cualquiera o con parafina la unión entre el disco, pared del tiesto y tallo de la planta; por último, se barniza el tiesto por toda su superficie; de esta manera se tiene la seguridad de que el agua es exhalada sólo por el tallo y por las hojas de la planta. Si este tiesto así dispuesto se coloca debajo de una campana de vidrio *(fig. 1.003)* que a su vez se pone sobre una placa de vidrio esmerilado, se verá que al cabo de cierto tiempo existen gotitas de agua en las paredes de la campana.



Fig. 1.003.—Transpiración.

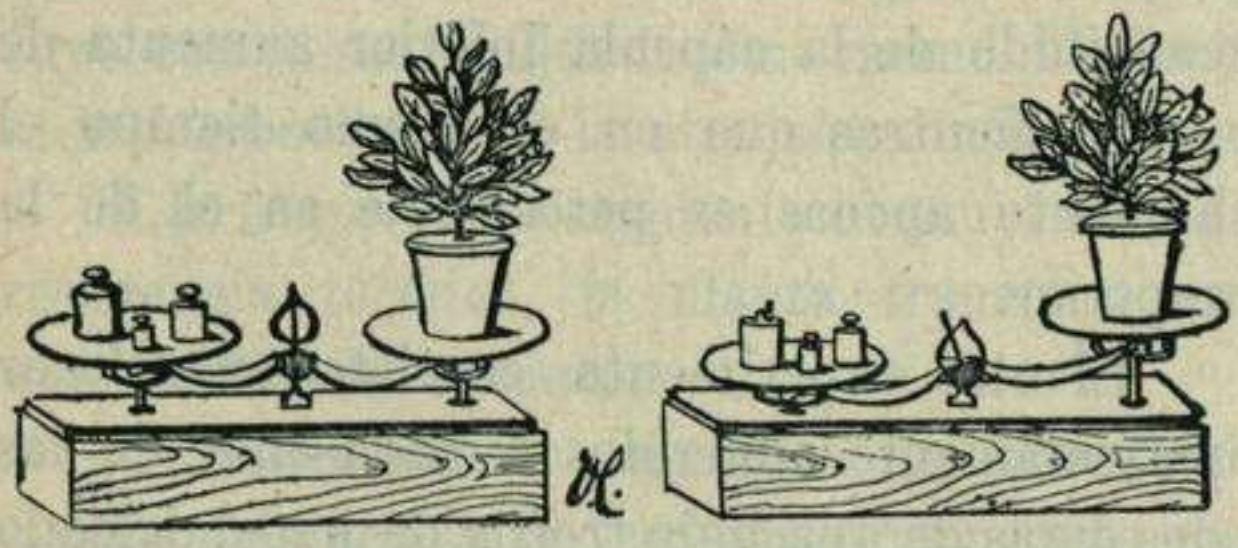


Fig. 1.004. Fig. 1.005.

Experimento para demostrar la transpiración.

Si este mismo tiesto se pone en uno de los platillos de una balanza y se equilibra ésta por medio de pesas colocadas en el otro platillo *(fig. 1.004)*, al cabo de algún tiempo se ve que el equilibrio se rompe, por pesar menos el tiesto, midiéndonos la diferencia la cantidad de agua que la planta ha transpirado *(fig. 1.005)*. También puede medirse por medio de un tubo acodado *(figura 1.006)*, cuya rama larga está dividida: dicho tubo se llena completamente de agua y se tapa por medio de

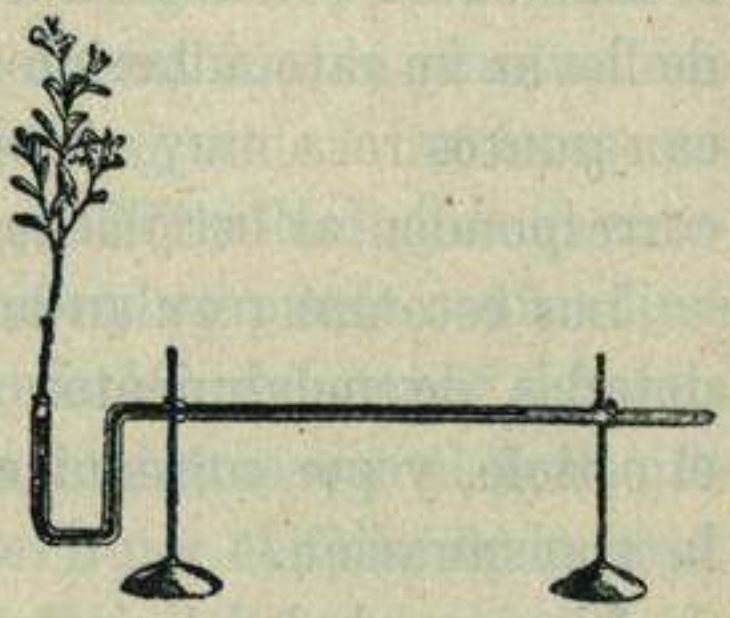


Fig. 1.006.—Aparato para medir la transpiración.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

un tapón de caucho que ajuste herméticamente, el cual está provisto de un orificio por donde se hace pasar una rama con hojas. Algún tiempo después, se ve que en la rama larga ha descendido el agua un cierto número de divisiones.

PAPEL DE LOS ESTOMAS EN LA TRANSPIRACIÓN.—Para demostrar que el vapor de agua sale *principalmente por los estomas* se pueden hacer varios experimentos sencillos, de los que no citaremos más que dos. Uno de ellos, llamado *experimento de Garreau (fig. 1.007)*, consiste en colocar una hoja horizontal unida a su tallo entre dos campanas, cada una de las cuales lleva en una pequeña cápsula una cantidad igual de cloruro cálcico, sustancia que tiene la propiedad de apoderarse rápidamente del vapor de agua: al cabo de algún tiempo el contenido de la cápsula inferior aumenta de peso, mientras que en el mismo tiempo el aumento apenas es perceptible en el de la superior.

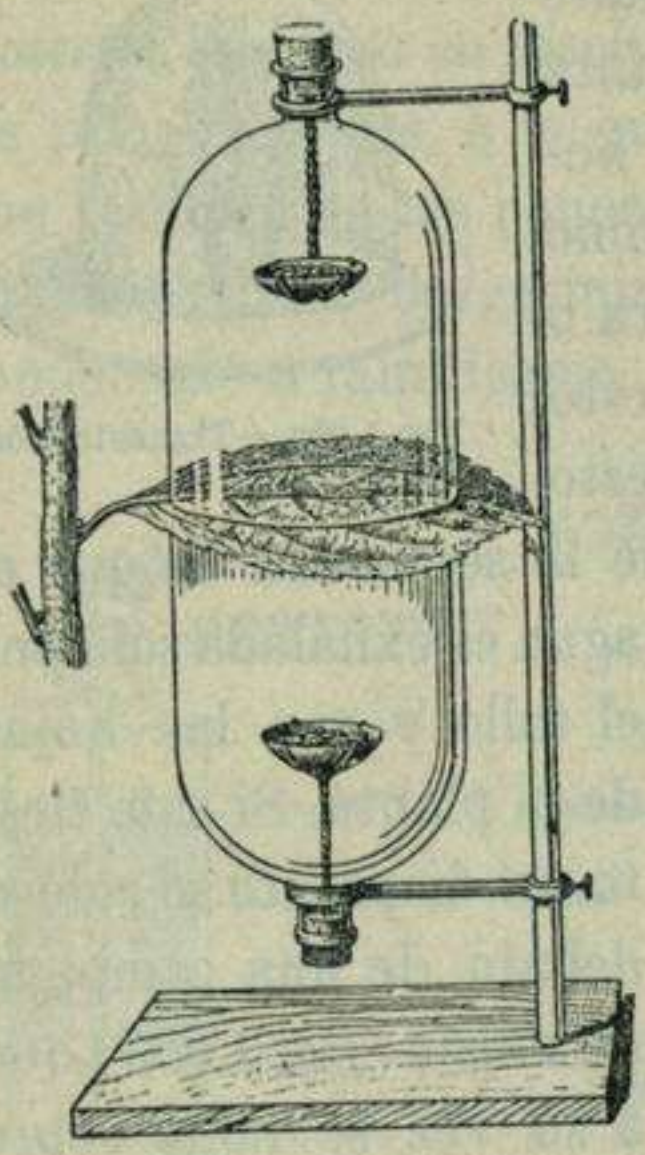


Fig. 1.007. — Experimento de Garrau

El otro experimento consiste en colocar perfectamente adheridos a cada una de las dos caras de una hoja trozos de papel delgado que hayan sido sumergidos previamente en una disolución de cloruro de cobalto al 4 por 100 y se hayan dejado secar después. Cuando este papel está seco tiene color azul, pero en cuanto se humedece toma color rosa. Pues bien: levantado el papel después de llevar un rato adherido a la hoja, se ve que sobre el fondo azul destacan puntos rosa muy visibles si se mira con una lente. Estos puntitos corresponden al ostiolo de los estomas.

Los estomas regulan además la transpiración, pues sus células están dotadas de movimientos especiales que pueden cerrar completamente el ostiolo, y por consiguiente suspender temporalmente, y en gran parte, la transpiración.

La sequedad del aire y la oscuridad son las circunstancias que determinan o favorecen el cierre de los estomas. Por el contrario, un cierto grado de humedad y la luz producen la apertura de estos elementos. Las células del estoma son las únicas de la epidermis provistas de clorofila, de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

modo que en presencia de la luz sus cloroplastos elaboran hidratos de carbono y otras sustancias que provocan un aumento de turgescencia de su protoplasma, que a su vez acarrea, en virtud del desigual espesor de su membrana, un movimiento que da por resultado que se separen y aumente el diámetro del ostiolo *(fig. 1.008)*.

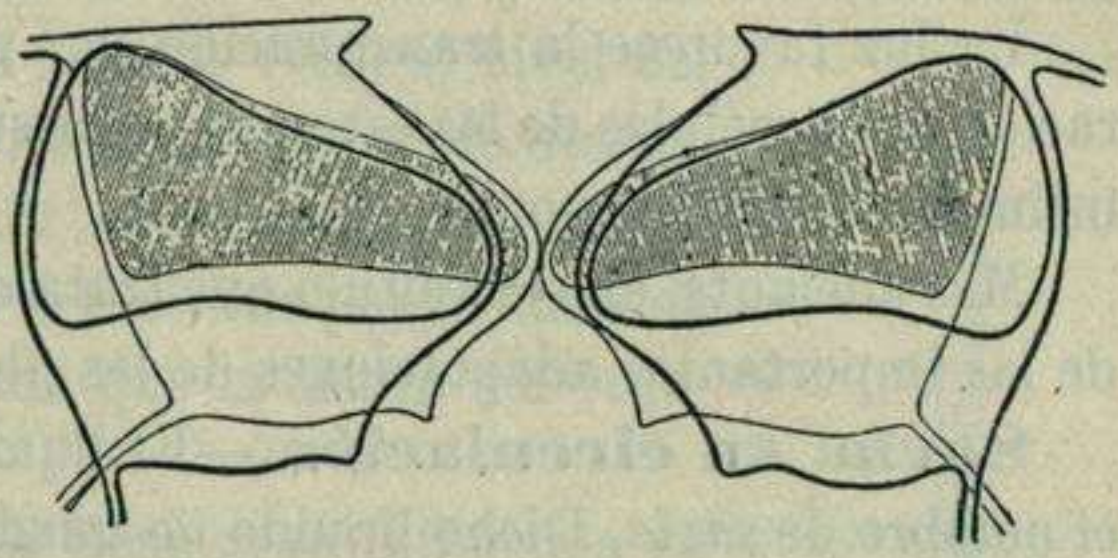


Fig. 1.008.—Corte vertical de un estoma en el que se representan los dos estados diferentes de los movimientos del mismo.—Las *líneas delgadas* representan las células poco turgescentes y el ostiolo cerrado.—Las *líneas gruesas* representan las células muy turgescentes y el ostiolo abierto. (Según Schwendener).

INFLUENCIA DE ALGUNOS AGENTES SOBRE LA TRANSPIRACIÓN. SUDACIÓN. — Se comprende que cuando la cantidad de *vapor de agua* que existe en la atmósfera es muy grande, la planta no podrá expulsar el suyo con tanta facilidad como cuando dicha cantidad es pequeña. El estado *higrométrico* de la atmósfera influye, pues, en la transpiración.

Si la *temperatura* ambiente es muy elevada, dentro del límite de su resistencia térmica, la planta transpira con mucha mayor intensidad que cuando lo es poco.

El *movimiento* o *renovación del aire* también tiene gran influencia, siendo más activa la transpiración cuanto mayor es aquél.

El *aire seco a una temperatura elevada y renovado continuamente* será el mejor factor para *favorecer la transpiración y clorovaporización*. Inversamente, *puede cesar en absoluto* cuando el *aire se encuentra casi inmóvil, saturado de vapor de agua y a la misma temperatura que la planta*. Cuando llega este caso, como la absorción por las raíces continúa, la planta tiene necesidad de desprenderse del exceso de vapor de agua de la savia ascendente, y entonces por los *estomas acuíferos* (pág. 497) sale el *agua* al exterior. Este fenómeno recibe el nombre de *sudación* y no puede confundirse con el *rocío*, porque éste consiste en la condensación del vapor de agua de la atmósfera en *toda* la superficie de la hoja, mientras que el agua que sale por sudación lo hace siempre por los *dientes* o por el *ápice* de la hoja, que es donde están localizados los estomas acuíferos. La sudación puede demostrarse colocando debajo de una campana un tiesto regado, en el que haya trigo o cebada recién germinados. Cuando el aire que contiene la campana se satura de vapor de agua, la transpiración cesa, y en la pun-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ta de cada hoja aparece una gota de agua. Esta sudación es más abundante y casi continua en los órganos llamados *nectarios* en las *plantas carnívoras* y en las *ascidias*.

La luz favorece la transpiración por provocar el movimiento y separación de las células de los estomas y por su influencia directa en las causas íntimas del fenómeno.

Más adelante, en el capítulo que trata de la ecología, se señalan algunas de las importantes adaptaciones de las plantas para regular esta función.

Savia: su circulación.—El líquido absorbido por la raíz recibe el nombre de *savia*. Dicho líquido no queda detenido en los pelos radicales y tejidos próximos, sino que, atravesando la capa pilífera, corteza y periciclo, llega hasta los *vasos leñosos (fig. 1.009)*, que le conducen a lo largo de la raíz y del tallo hasta las hojas. Por esto, dicha savia recibe el nombre de *savia ascendente*, denominándosela también *savia no elaborada o bruta*.

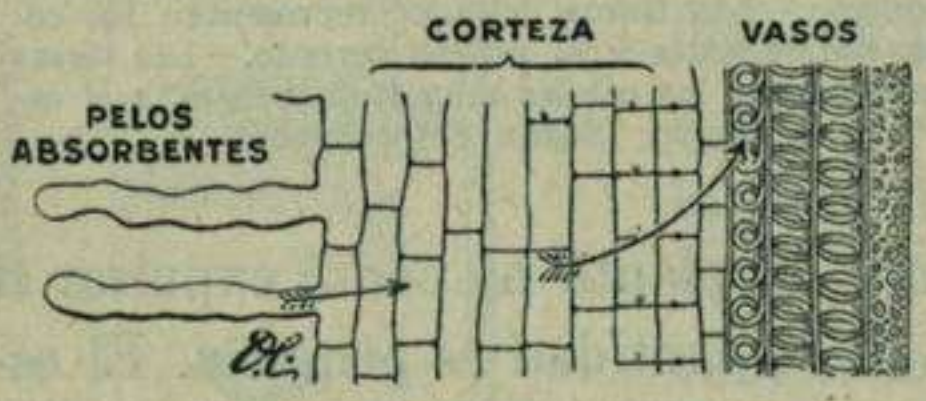


Fig. 1.009.—Trayecto seguido por la savia ascendente en la región de los pelos radicales.

Para demostrar que la savia sube por el leño, se realiza de antiguo el experimento de quitar en una rama un anillo de tejidos hasta llegar al leño, que se deja intacto. En estas condiciones el vegetal no sufre y la rama permanece lozana, lo que prueba que hasta sus hojas llegan sin interrupción el agua y las sales disueltas absorbidas del suelo.

Si en primavera se da un corte transversal a un tallo de vid o calabaza y se seca con un papel de filtro, al cabo de cierto tiempo se ven surgir las gotas de savia al nivel de los vasos, que son muy gruesos. Este fenómeno puede observarse a simple vista o con una lente de poco aumento.

Las causas del ascenso de la savia son tres: la *presión osmótica*, la *capilaridad* y la *transpiración*.

La *presión osmótica* de las células de los tejidos radiculares es una de las causas del empuje de la savia en el interior de los vasos leñosos.

Los vasos leñosos son de pequeño diámetro, por lo que en ellos se producen fenómenos capilares que favorecen el ascenso de la savia. Dichos fenómenos de *capilaridad*, a los que en algún tiempo se dió mucha importancia en esta función, no parecen tener tanta intervención como antes se suponía.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La existencia de ambas fuerzas puede demostrarse por medio de un sencillo y ya clásico experimento dado a conocer por el naturalista inglés Halles, y que consiste en cortar en primavera, y antes de que hayan salido las hojas, el tallo de un vegetal (vid) al nivel del suelo: se ajusta un tubo de vidrio al tallo y se le ata sólidamente, poniéndole además un cemento cualquiera. Al cabo de un cierto tiempo, la savia asciende por el tubo de vidrio hasta un nivel más elevado que la altura del vegetal cortado *(fig. 1.010)*.

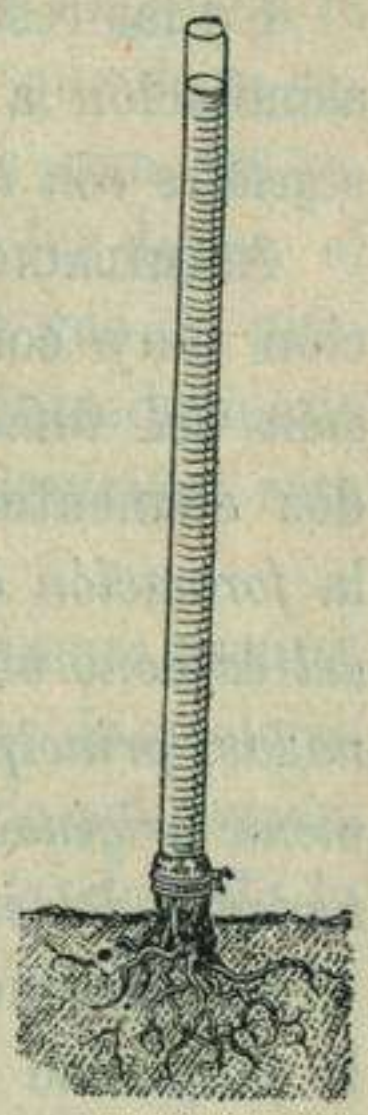


Fig. 1.010. —Experimento de Halles.

Por último, la *transpiración* tiene gran influencia en el ascenso de la savia, el cual está en razón directa de la intensidad de dicha función, ya que ésta actúa como una fuerza aspiradora y la savia trata de reemplazar el agua que de continuo se evapora.

SAVIA ELABORADA.—Cuando la savia bruta llega a las hojas y demás partes verdes del vegetal, se concentra por efecto de la pérdida de agua indicada, y las sustancias inorgánicas que contienen se transforman en diversos compuestos orgánicos allí sintetizados, resultando así la *savia elaborada* más pobre en agua y más rica en sustancias nutritivas que la savia bruta. La savia elaborada camina, en su marcha general, desde la hoja a la raíz, es decir, de arriba hacia abajo, y por esto recibe también el nombre de *savia descendente*, si bien en algunos cortos trayectos lleva un camino ascendente.

Los *vasos liberianos* son los encargados de conducir la savia descendente, y se prueba esto por el mismo experimento de la página anterior, en el que al quitar el anillo de tejidos corticales se seccionan los haces liberianos. El borde superior de la sección cicatriza al cabo de algún tiempo, formándose un grueso rodete en el que se acumulan los principios nutritivos. Esta rama adquiere también más vigor que las ramas vecinas, por haber utilizado para su crecimiento la savia que normalmente hubiera ido a repartirse por todo el vegetal.

Asimilación.—Consiste en un proceso muy complejo, sintético o constructor, en virtud del cual se verifica la incorporación al protoplasma de los alimentos que el vegetal toma del medio ambiente.

Es preciso, en primer término, estudiar la *asimilación clorofílica*, llamada también *función clorofílica* porque se verifica *por intermedio de*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la clorofila, la cual, merced al concurso de las radiaciones solares, *puede transformar sustancias exclusivamente minerales en sustancias orgánicas;* dicha asimilación sólo se verifica, por lo tanto, en los vegetales provistos de clorofila (págs. 453 y 458).

En las restantes *células vivas* incoloras de los vegetales, se produce la asimilación a *expensas de las sustancias carbonadas elaboradas por los vegetales con clorofila*, y también de sustancia mineral asimilable.

ASIMILACIÓN CLOROFÍLICA.—La *asimilación clorofílica* es una función muy compleja, pero *fundamentalmente* consiste: 1.º, en la *absorción del anhidrido carbónico del aire* y en la *descomposición* en sus dos elementos, *fijando el carbono* y *desprendiendo el oxígeno*. 2.º, en la *formación de sustancias ternarias, principalmente almidón, a expensas del carbono absorbido*. 3.º, en la *formación de diversas sustancias nitrogenadas, principalmente albuminoides, a expensas de las sustancias anteriormente originadas y del nitrógeno de los nitratos y de las sales amoniacales tomados del suelo*.

ASIMILACIÓN DEL CARBONO.—Consiste, según acaba de decirse, en la propiedad que tienen los órganos provistos de clorofila de *absorber el anhidrido carbónico del aire*, fijar el *carbono* que tanto necesitan para formar los compuestos hidrocarbonados tan abundantes en su organismo (azúcares, almidón, lignina, etc.) y *desprender oxígeno*.

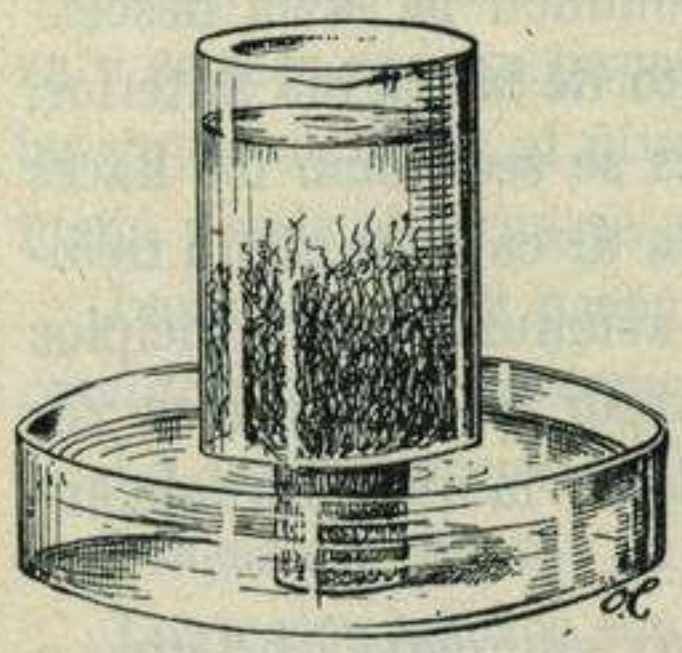


Fig. 1.011

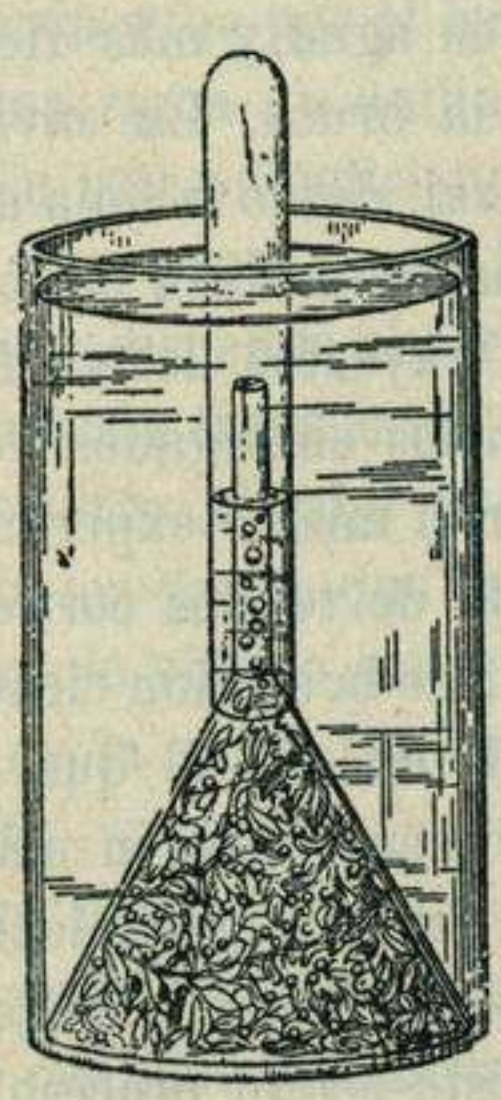


Fig. 1.012.

Experimentos para demostrar la función clorofílica.

Esta *absorción del anhidrido carbónico* y la *descomposición subsiguiente no se verifican más que por intermedio de la clorofila* y *en presencia de la luz*, como se prueba con el siguiente experimento *(fig. 1.011):* se toma cualquier planta acuática verde y se introduce en una probeta o en un frasco cualquiera completamente lleno de agua;

Instituto San Isidro de Madrid 2008

se agrega un poco de agua carbónica, pudiendo utilizarse el agua de seltz, para tener la seguridad de que existe anhidrido carbónico en cantidad para la planta; se tapa con un cristalizador y el conjunto se invierte echando en seguida un poco de agua en el cristalizador. También puede disponerse como indica la *fig. 1.012*. Todo ello se expone a la acción directa de los rayos solares y en seguida se verá que de la superficie de las plantas sale gran cantidad de burbujitas que se reunen en la parte alta del frasco, probeta o tubo: a la luz difusa el desprendimiento es menor. Cuando se tenga ya bastante gas se puede reconocer que es oxígeno sacando las plantas o el tubo e introduciendo una cerilla recién apagada y que tenga aún un punto en ignición: esta cerilla se encenderá en seguida.

Si el experimento anteriormente citado se hace en una cámara oscura, no se produce oxígeno, así como si se hace con plantas privadas de su clorofila por una larga permanencia en una cámara oscura. Queda así demostrado, por lo tanto, que *en presencia de la luz y gracias a la clorofila* la planta absorbe anhidrido carbónico y desprende oxígeno. Veamos ahora el papel que ambos factores desempeñan.

NATURALEZA, PROPIEDADES Y PAPEL DE LA CLOROFILA.—La *clorofila* es el pigmento verde de los vegetales (gr. *chlóros*, verde), que es insoluble en el agua y soluble en el alcohol, etc. En realidad está formada por la reunión de varios pigmentos, principalmente tres: la *clorofila pura*, propiamente dicha; la *xantofila*, que es sustancia ternaria, y la *carotina*, de color rojo. Las dos primeras, que son las más importantes, se extraen triturando en un mortero hojas lavadas y secas de Graminácеas, espinacas, etc., que las poseen en cantidad; se agrega pequeña cantidad de alcohol puro, y así se obtiene un líquido verde que se separa de las hojas trituradas. Agregando bencina a este líquido y agitando se obtienen dos capas: la superior, de bencina, que lleva en disolución la *clorofila:* la inferior, de alcohol, que lleva la *xantofila*.

La clorofila es una sustancia del grupo de los lipoides que contiene magnesio, y en la que falta el hierro y el fósforo. Según Willstätten, la clorofila pura está formada por dos componentes, llamados *a* y *b*, de constitución química muy semejante. Ambos son ésteres de un ácido tribásico designado por Willstätten con el nombre de *clorofilina*, el cual contiene magnesio en su molécula, de un modo análogo a como la hemoglobina contiene hierro

Instituto San Isidro de Madrid 2008

$$C^{31}\ H^{29}\ N^{4}\ Mg \begin{cases} COOH \\ COOH \\ COOH \end{cases}$$

Clorofilina

y del *fitol*, alcohol que es muy próximo a los de la serie terpénica y cuya fórmula es: $C^{20}\ H^{39}\ O\ H$.

La fórmula de la clorofila *b*, por ejemplo, sería como sigue:

$$Mg\ C_{31}\ H_{28}\ N^{4} \begin{cases} CO—OCH_3 \\ CO—OC_{20}—H_{39} \\ COOH \end{cases}$$

La xantofila es de color amarillo y tiene, según Willstätten, la fórmula $C^{40}\ H^{56}\ O^{2}$, en la que Tswett distingue cuatro pigmentos distintos que denomina α, α' α'' y β.

La carotina es de color rojo y se encuentra cristalizada en las células de la raíz de las zanahorias; tienen por fórmula $C^{40}\ H^{56}$.

La clorofila aparece en disolución alcohólica o en la bencina como un líquido dicroico, verde por transparencia y rojo sanguíneo por reflexión. La clorofila *absorbe algunas radiaciones luminosas y caloríficas*, residiendo en esta propiedad su importante papel. Como la mayor parte de las reacciones que se verifican en las células se hacen con absorción de calor y éste no puede ser suministrado por la planta misma, por no poseerle en cantidad suficiente, es menester que la clorofila lo tome de las radiaciones solares, que son las que pueden proporcionárselo.

Para demostrarlo se dispone un espectro *solar puro* de la siguiente manera. Por la estrecha hendidura de un colimador situado en la abertura de una cámara oscura se hace pasar un rayo de luz solar y se hace que atraviese una lente cilíndrica y un prisma situado en el fondo de la lente: así se obtendrán muy visibles los siete colores del espectro (rojo, anaranjado, verde, azul, añil y violeta) *(fig. 1.013)*. Si en estas condiciones se interpone una disolución de clorofila en el trayecto del rayo luminoso, en lugar de estos siete colores del espectro solar se obtiene un espectro especial llamado *espectro de absorción de la clorofila*, caracterizado porque en el espectro solar aparecen bandas más o menos oscuras *(figura 1.013)*, correspondientes a los rayos que precisamente son *absorbidos*

Instituto San Isidro de Madrid.2008

por la clorofila. La única banda que conserva su color es la *verde*, es decir, que dichos rayos no son absorbidos por la clorofila. En los restantes existen siete bandas negras: cuatro estrechas, situadas en la parte menos refrangible del espectro, es decir, en el *rojo*, *anaranjado* y *amarillo;* tres anchas, situadas en la parte más refrangible, o sea en el *azul*, *añil* y *violeta*. Según se ha demostrado, las cuatro primeras, o sea las más estrechas, corresponden a las dos formas de clorofila citadas, y las tres más anchas a los pigmentos xantofílicos.

De todas ellas, las más oscuras *son las situadas en el rojo y en el violeta, lo cual quiere decir que dichos rayos son los que más absorbe la clorofila.*

Empleo de las radiaciones absorbidas.—La energía suministrada por estas radiaciones es utilizada en la descomposición del C O_2. Para demostrar este hecho se dispone un *espectro puro*, lo más ancho posible, y se separan unas de otras las bandas coloreadas por medio de pequeñas pantallas *(fig. 1.013)*. Separados así los colores, se coloca en el espacio ocupado

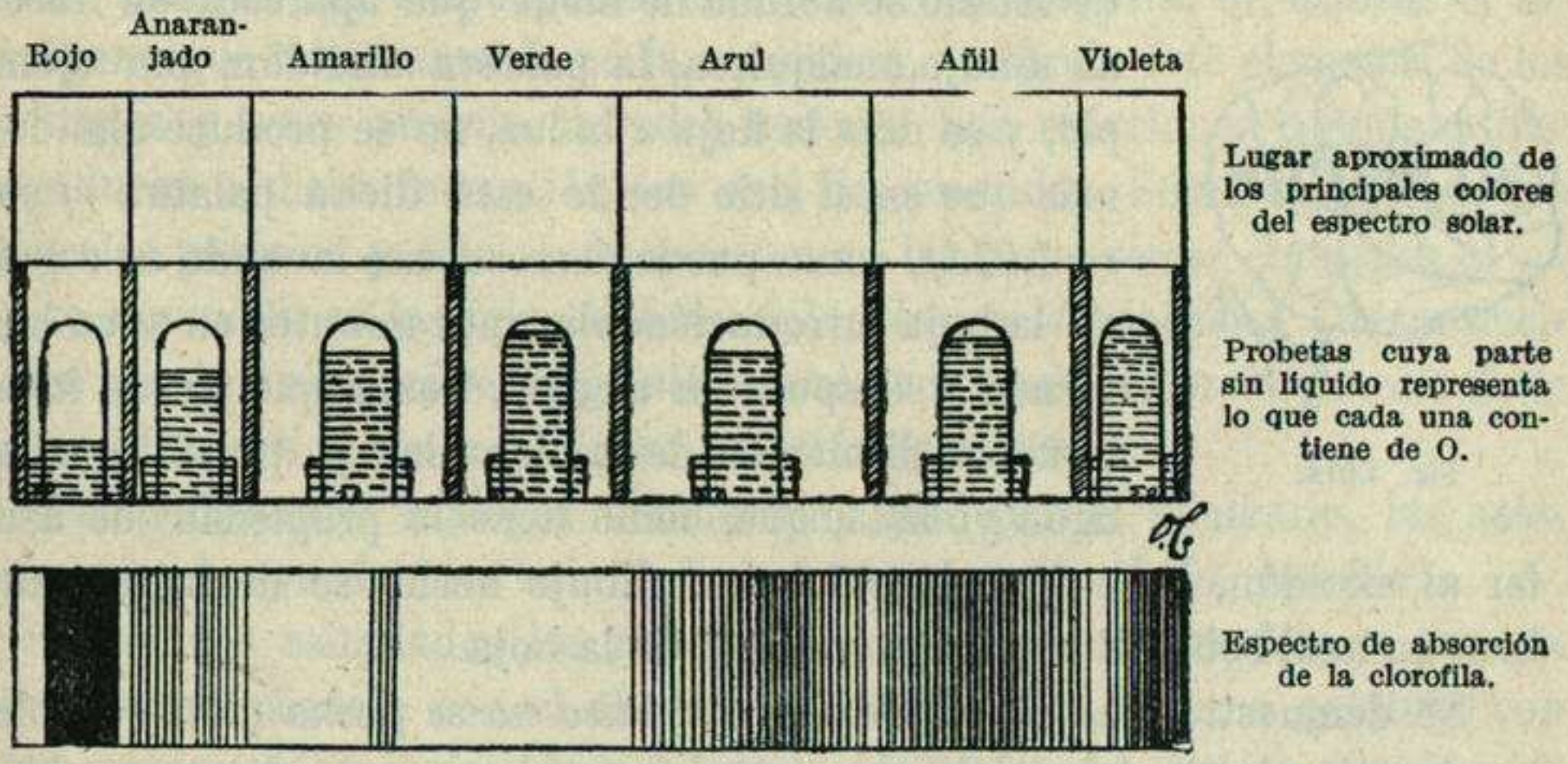


Fig. 1.013.—Demostración de la influencia de las distintas radiaciones solares en la función clorofílica. (Experimento Timiriazeff).

por cada uno de ellos una estrecha probeta, con los mismos elementos que en el experimento antes citado (pág. 510). Al cabo de algunas horas las distintas probetas tienen un contenido también distinto de oxígeno, desde la colocada en el *verde*, en la *que no hubo ningún desprendimiento*, hasta la colocada en el *rojo*, que es *en la que más hubo*, *pudiendo* verse las gradaciones intermediarias en la *fig. 1.013*. Este dispositivo es el seguido por Timiriazeff en sus experimentos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Sin embargo, este método no es exacto en su totalidad, porque con él apenas se acusa desprendimiento de oxígeno en las probetas situadas en el añil y violeta, a pesar de que sus radiaciones hacen desprender casi la mitad de oxígeno que las rojas, como se prueba por otros varios experimentos.

Formación del almidón.—El carbono del $C O_2$ absorbido por la planta es utilizado por los cloroplastos en presencia de la luz para fabricar el almidón. Se prueban ambas afirmaciones por medio de algunos sencillos experimentos. Si se toma una planta verde cualquiera y se la coloca en la oscuridad, se descolora por ir perdiendo progresivamente su clorofila, y pasado algún tiempo desaparece totalmente el almidón de sus hojas, según puede apreciarse observando luego al microscopio un corte de éstas.

Puede hacerse muy ostensible la influencia de la luz en la formación del almidón aplicando una hoja de papel de estaño sobre las dos caras de una hoja verde no aislada de la planta; si una o las dos hojas de papel de estaño se horada de modo que aparezca en hueco un dibujo cualquiera, la palabra almidón, por ejemplo, y se deja la hoja a la luz, no se produce almidón más que en el sitio donde está dicha palabra *(figura 1.014)*, como puede demostrarse lavando en seguida la hoja introduciéndola unos minutos en agua hirviendo y después en alcohol, hasta que quede incolora por disolución de la clorofila, y, por último, en agua yodada, que, como tiene la propiedad de azular al almidón, hace que la palabra o dibujo hecho se destaque muy bien en azul sobre el resto aún verdoso de la hoja.

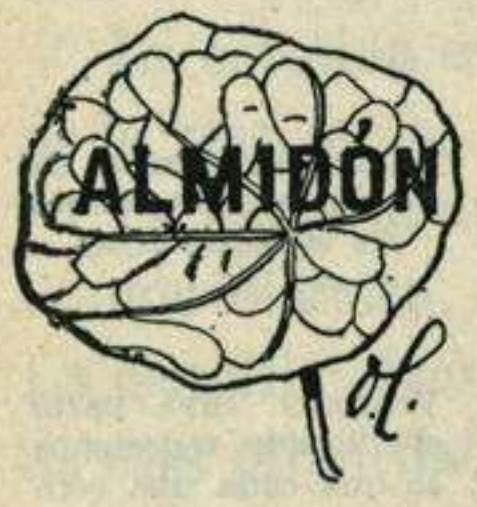


Fig. 1.014.

Se demuestra que sin *anhidrido carbónico no se forma almidón* colocando una planta debajo de una campana, en la que se colocan también varios recipientes con potasa cáustica, que tiene la propiedad de apoderarse del CO_2 del aire. Al cabo de algún tiempo se ve, por el procedimiento que acaba de indicarse, que las hojas carecen de almidón.

Las reacciones químicas que conducen a la formación del almidón no son exactamente conocidas, aunque aun se aceptan las propuestas por Bayer. El anhidrido carbónico (CO_2) se reduce, produciéndose óxido de carbono (CO) y oxígeno que se desprende.

$$CO_2 = CO + O$$

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El CO se combina con el agua para formar *metanal*, *aldehido fórmico* o *formol*, con el consiguiente desprendimiento de oxígeno ($C\,O + H_2\,O = C\,H_2\,O$ (formol) + O. Polimerizándose el formol, es decir, condensándose varias moléculas de formol, se origina la *glucosa* [$(C\,H_2\,O)_6 = C_6\,H_{12}\,O_6$ o glucosa]; esta glucosa, deshidratándose, originará la *dextrina* ($C_6\,H_{12}\,O_6 - H_2\,O = C_6\,H_{10}\,O_5$ o dextrina), la que polimerizándose origina el *almidón* $(C_6\,H_{10}\,O_5)^5$.

Como el aldehido fórmico es una sustancia muy tóxica, a medida que se forma se va convirtiendo en glucosa, lo que se ha probado nutriendo plantas, no con el aldehido, sino con sustancias capaces de producirlo por desdoblamiento, y se ha visto en último término que se originaba almidón. Además, el *metanol* o *alcohol metílico*, que es un derivado del aldehido, y otros cuerpos metílicos como el *ácido fórmico* o *metanoico*, se encuentran muy repartidos entre los vegetales.

ASIMILACIÓN DEL NITRÓGENO: FORMACIÓN DE LOS ALBUMINOIDES.—Las plantas no son capaces, en su inmensa mayoría, de utilizar el nitrógeno que tanto abunda en la atmósfera, tomando este elemento de los nitratos y sales amoniacales del terreno. Las reacciones químicas que conducen a dicha formación son casi desconocidas. Sólo se sabe que los *nitratos* potásico y cálcico *desaparecen* en las *hojas verdes expuestas al sol* y se *acumulan* en las mismas *hojas colocadas en la oscuridad*. Quiere decir esto que la *asimilación de los nitratos se hace también por intermedio de la clorofila y con el concurso de las radiaciones solares*.

Experimentos análogos demuestran que, por el contrario, las sales *amoniacales* pueden ser asimiladas *sin intervención de la clorofila*.

Una vez asimilados los nitratos y las sales amoniacales, se supone que, combinándose con el almidón, azúcares, etc., en una palabra, con las sustancias ternarias de la planta, originarían en último término las *sustancias albuminoides*. Prueba esto de un modo indirecto el hecho de que a mayor proporción de nitratos o sales amoniacales en los medios nutritivos en que se coloque la planta, hay mayor proporción de hidratos de carbono consumidos por ella.

LA ASIMILACIÓN EN LAS CÉLULAS INCOLORAS.—Ésta se ejerce sobre las mismas sustancias que la clorofílica, *excepto para el carbono*, que debe ser tomado siempre de algún compuesto orgánico previamente formado por la función clorofílica. Los fosfatos, sulfatos, etc., proporcionan el fósforo, azufre, etc. Los nitratos, las sales amoniacales o los compuestos or-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gánicos nitrogenados, sirven para suministrar al protoplasma de todas las células el nitrógeno que necesitan. También, pero excepcionalmente, pueden tomar las plantas el nitrógeno libre de la atmósfera; esto se verifica por intermedio de diversas especies de bacterias que viven en simbiosis con las células de la raíz de las Leguminosas Papilionáceas (guisante, garbanzo, trébol, etc.), en las cuales están localizadas en pequeños abultamientos o nudosidades *(fig. 1.015)*. (Véase pág. 544.)

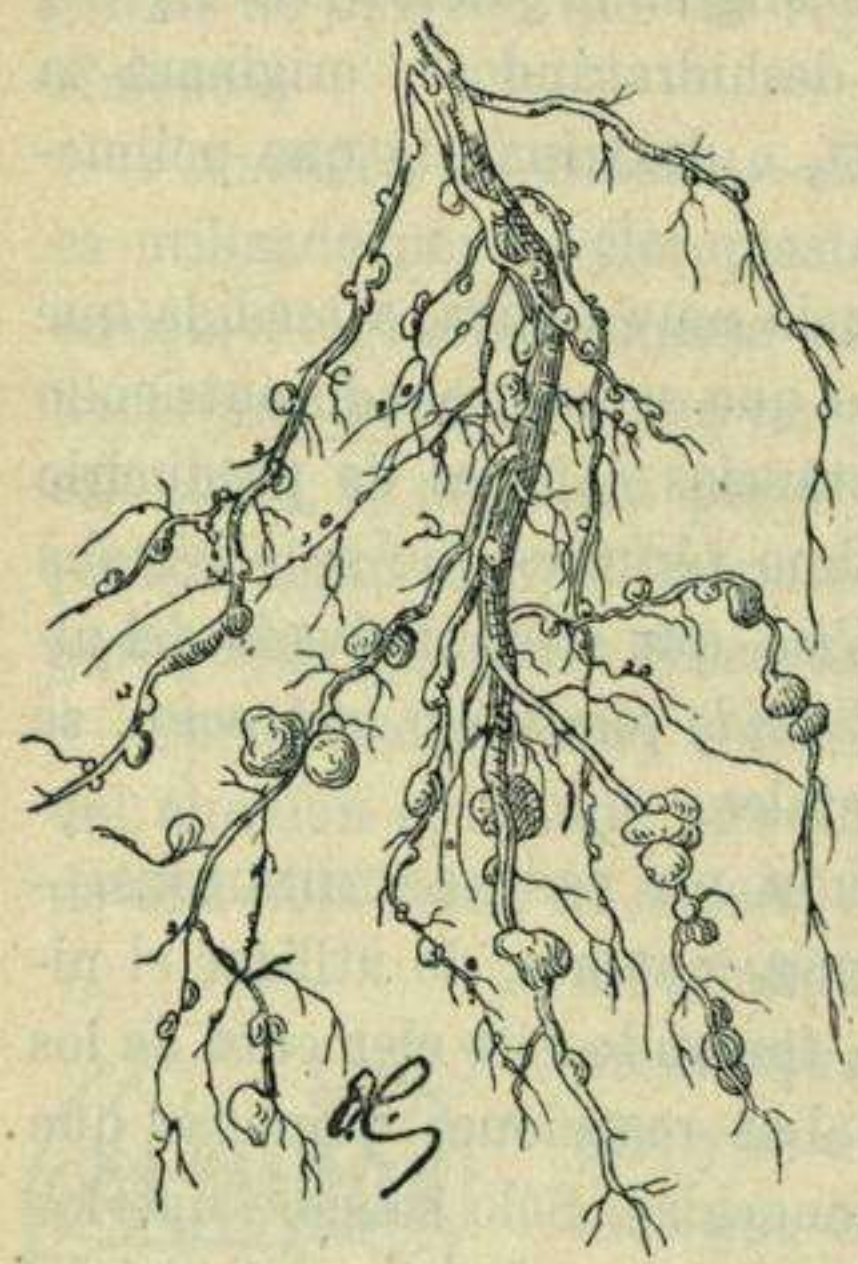


Fig. 1.015.—Nudosidades del guisante.

VEGETALES AUTOTROFOS FALTOS DE CLOROFILA.—No obstante de que las plantas verdes son los vegetales que de un modo más amplio y general realizan la síntesis de las sustancias orgánicas a partir de compuestos inorgánicos sencillos, no son los únicos. Algunas bacterias incoloras y bacterias purpúreas de Engelmann, tales como el *Bacterium photometricum*, *Chromatidium vinorum* y *Chr. Warmingii*, que poseen en su protoplasma un pigmento rojo llamado *bacteriopurpurina*, son capaces de realizar la descomposición del C O_2 y de hacer la síntesis de las sustancias orgánicas utilizando las radiaciones amarillas, verdes e infrarrojas que aquel pigmento absorbe.

Algunas bacterias estudiadas por Winogradsky y Hallriegel, en 1891, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y de oxidar las sustancias amoniacales: los microorganismos que poseen esta propiedad se denominan *bacterias nitrificantes*. Esta oxidación es la fuente de la energía química necesaria para apoderarse del carbono de los carbonatos del suelo y realizar la síntesis de los compuestos orgánicos. Las bacterias nitrificantes mejor conocidas son el *Clostridium Pasteurianum* y *Azotobacter chroococum*.

Winogradsky comprobó hechos análogos en las bacterias sulfurosas del género *Beggiatoa*, y más recientemente Lieske ha obtenido cultivos puros de bacterias ferruginosas de los géneros *Leptothrix* y *Spirophyllum*, que oxidan el carbonato férrico transformándole en hidrato.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

$$4\ (C\ O_3\ Fe) + 6\ H_2\ O + O_2 = 2\ (Fe_2\ O_6\ H_6) + 4\ C\ O_2$$

Estas bacterias son las que originan el llamado *hierro de los pantanos.*

Actúan de un modo parecido las bacterias del género *Hydrogenomonas*, capaces de oxidar el hidrógeno libre, y el *Bacterium methanicum*, que oxida el metano.

RESPIRACIÓN DE LAS PLANTAS

Es una función de la nutrición en virtud de la cual la planta toma continuamente el *oxígeno* libre del medio ambiente, aire o agua, y desprende *anhidrido carbónico.* La verdadera respiración se verifica en las células de los tejidos, pues éstas son las que tienen necesidad del oxígeno para las oxidaciones o combustiones que en ellas se verifican y que son la fuente de la energía interior de la planta. El último término resultante de estas combustiones es el $C\ O_2$, el cual es expulsado por ser perjudicial para la planta.

Para demostrar la respiración se dispone un tiesto con su planta, análogamente a como se vió en la transpiración; se coloca sobre un disco de vidrio esmerilado y al lado un cristalizador con agua de cal transparente. Todo ello se tapa con una campana cualquiera *(fig. 1.016)* y mejor con una campana provista de un orificio en la parte látero-superior, obturado por medio de un tapón de caucho *(fig. 1.016).* Con un cemento cualquiera o con parafina se tapan los puntos de unión de la campana con el disco y con el tapón, y el todo se coloca *en la oscuridad* para evitar la influencia de la función clorofílica. Al cabo de seis o más horas se ve que en la superficie del cristalizador se ha formado una película blanca de *carbonato cálcico*, lo que prueba que ha habido desprendimiento de $C\ O_2$, pues es éste el que al combinarse con la cal origina el carbonato cálcico. Si se quita el tapón del orificio de la parte látero-superior de la campana y se introduce una cerilla encendida, ésta se apaga *por falta*

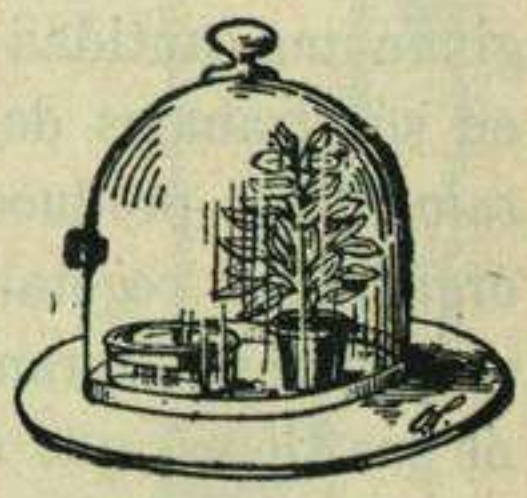


Fig. 1.016.— Experimento para demostrar la respición.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de oxígeno, ya que el C O_2 producido, que también podía ser la causa de ello, se ha combinado con el agua de cal.

Todos los órganos de la planta respiran, si bien unos lo hacen con más intensidad que otros. En las *raíces* el fenómeno es poco intenso y se verifica principalmente por los pelos radicales. Los tallos, las hojas y las flores respiran por sus estomas y con tanta mayor intensidad cuanto mayor es el número de ellos. Las plantas acuáticas toman el O disuelto en el agua por ósmosis a través de las paredes de las células de sus hojas y tallos, que se conservan celulósicas.

RESPIRACIÓN ANAEROBIA.—Existen algunas bacterias, ciertos hongos, como las levaduras, y otros vegetales, que no toman el oxígeno libre, sino de las materias que le contienen, generalmente orgánicas. Esta forma de respiración se denomina *anaerobia* o *intramolecular*.

En este caso están las levaduras que producen la fermentación alcohólica *(Saccharomyes cerevisiæ* y otras especies afines) que descomponen la glucosa en anhidrido carbónico, productos completamente oxidados y alcohol etílico.

Muchos agentes de diversas fermentaciones soportan una vida anaerobia. En este caso están el *Bacillus amylobacter* y otras bacterias que producen la fermentación butírica: estas bacterias son constantemente anaerobias, no pudiendo tomar el oxígeno del aire, que para ellas es un veneno, en tanto que el *Sacharomyces* vive perfectamente en un medio muy oxigenado.

CALOR VEGETAL.—Las oxidaciones que determina la respiración originan una cantidad de energía que en parte se emplea por la misma planta en sus trabajos de síntesis, pero otra parte queda libre bajo forma de *calor*. Esta producción de calor es más intensa en aquellos vegetales u órganos del vegetal en que la oxidación es más activa, y por ello presenta su máximum durante la germinación de las semillas y durante la apertura de las flores, que son precisamente los momentos de mayor intensidad respiratoria de la planta. Puede probarse introduciendo un termómetro entre plantas en germinación o en la espata de una Arácea *(fig. 982)*, y se verá cómo asciende el mercurio. Las *sustancias termógenas* son, como para los animales (*), los hidratos de carbono y las grasas.

(*) Véase la obra *Elementos de Anatomía y Fisiología humanas*, por O Cendrero, 8.ª edición, página 328.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

EL CRECIMIENTO DE LOS VEGETALES

El resultado de las funciones de nutrición es el crecimiento de la planta. Éste se realiza en todos los lugares en que existen tejidos capaces de proliferar de un modo rápido.

Como se ha visto anteriormente, en la raíz y en el tallo existen dos clases de meristemos: aquellos que ocupan la parte terminal de estos órganos, y los que están intercalados en sus tejidos: o sea, el felógeno, en el cilindro cortical, y el cambium, en el central. Estos tejidos, formados por células jóvenes, con un protoplasma rico y abundante, son el lugar de una activa reproducción de sus células, que determinan el aumento de su longitud (crecimiento terminal) y de su diámetro (crecimiento intercalar).

El crecimiento no es sólo producido por la formación de un mayor número de células, sino también por el crecimiento de éstas, o sea el aumento de sus dimensiones. El protoplasma de estas células jóvenes, de un considerable poder osmótico, absorbe grandes cantidades de agua, que dilata sus vacuolas, determinando un aumento de volumen. El crecimiento de estas células no se realiza, en general, por igual, sino que es mucho más acentuado en el sentido longitudinal, o sea paralelamente al eje del órgano del que forman parte. Esta es la razón del por qué en los vegetales es relativamente más rápido el aumento de longitud que su aumento de diámetro *(figs. 1.017 y 1.018)*.

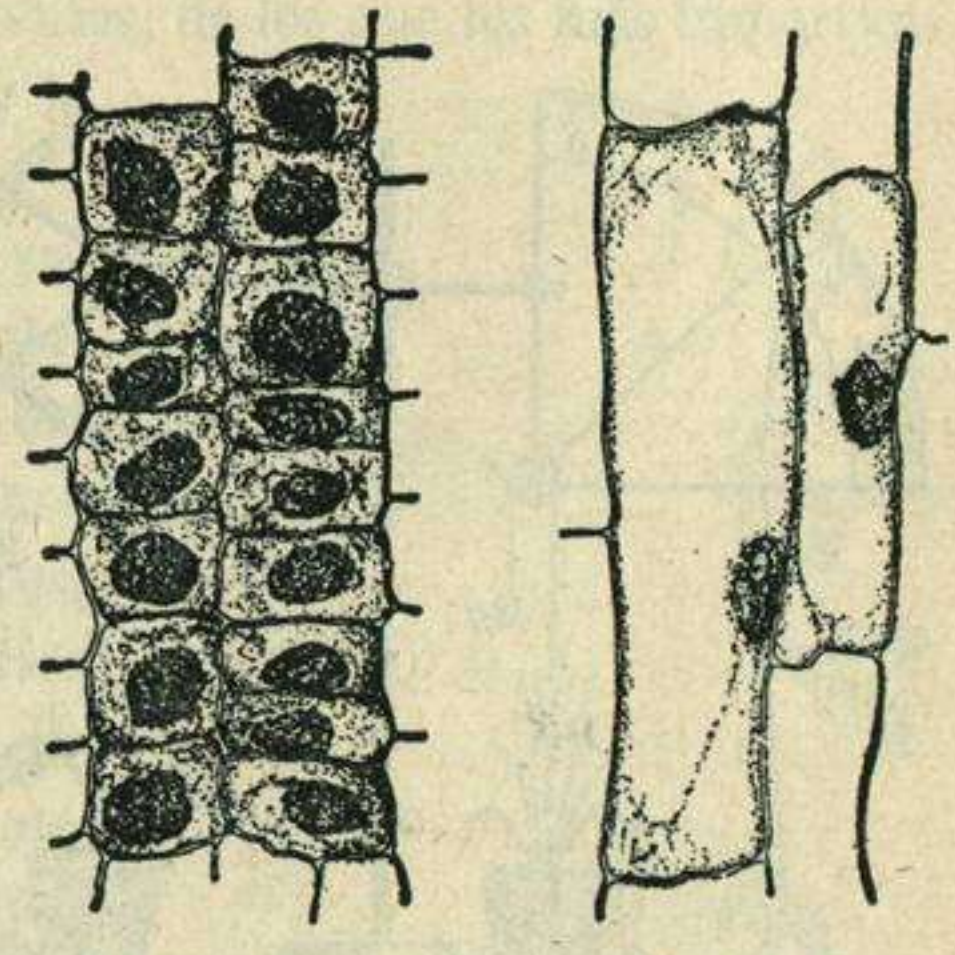


Fig. 1.017. Fig. 1.018.

Células de una raíz de cebolla *(Allium cepa)*.
Fig. 1.017, cerca del meristemo terminal.
Fig. 1.018, células casi adultas. (Imitación Massart).

El crecimiento de las células no es indefinido; comienza con extraordinaria rapidez y va poco a poco haciéndose más lento a medida que las células envejecen, terminando por detenerse completamente.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Esto explica que el crecimiento en longitud de los órganos de la planta sea más intenso un poco por debajo de su extremidad, pues el incremento que el órgano experimenta se debe más bien al crecimiento de las células meristemáticas que a su simple aumento numérico.

Si en un tallo joven se hacen señales equidistantes y se las observa después de algún tiempo, se nota que el aumento máximo corresponde a las señales que están un poco por debajo de la extremidad. El crecimiento no es siempre uniforme; cuando las circunstancias que sobre él influyen, como la gravedad, la luz, la temperatura, obran unilateralmente, producen un crecimiento desigual que determina una curvatura que coloca al órgano de la planta de que se trate en igualdad de condiciones con respecto a aquel agente. Conseguido esto, éste obra ya por igual sobre todo el órgano y el crecimiento se hace de una manera uniforme.

Las causas de estas curvaturas, debidas a los peculiares tactismos y tropismos de las plantas, se examinarán al estudiar los movimientos de éstas.

El crecimiento total en longitud de una planta puede medirse directamente con una regla graduada. Este procedimiento es utilizable para las plantas de crecimiento rápido o para aquellas otras que, aunque sea éste lento, las observaciones se repiten con intervalos de tiempo grandes. Para seguir paso a paso la observación del crecimiento se utilizan unos aparatos llamados *auxanómetros*. El más sencillo es el llamado de *cuadrante*, en el que un hilo sujeto en la proximidad de la yema terminal pasa por una polea, manteniéndose tirante por un pequeño peso. La polea lleva una aguja, que tiene una longitud de unas veinte veces el diámetro de aquélla, la cual se mueve

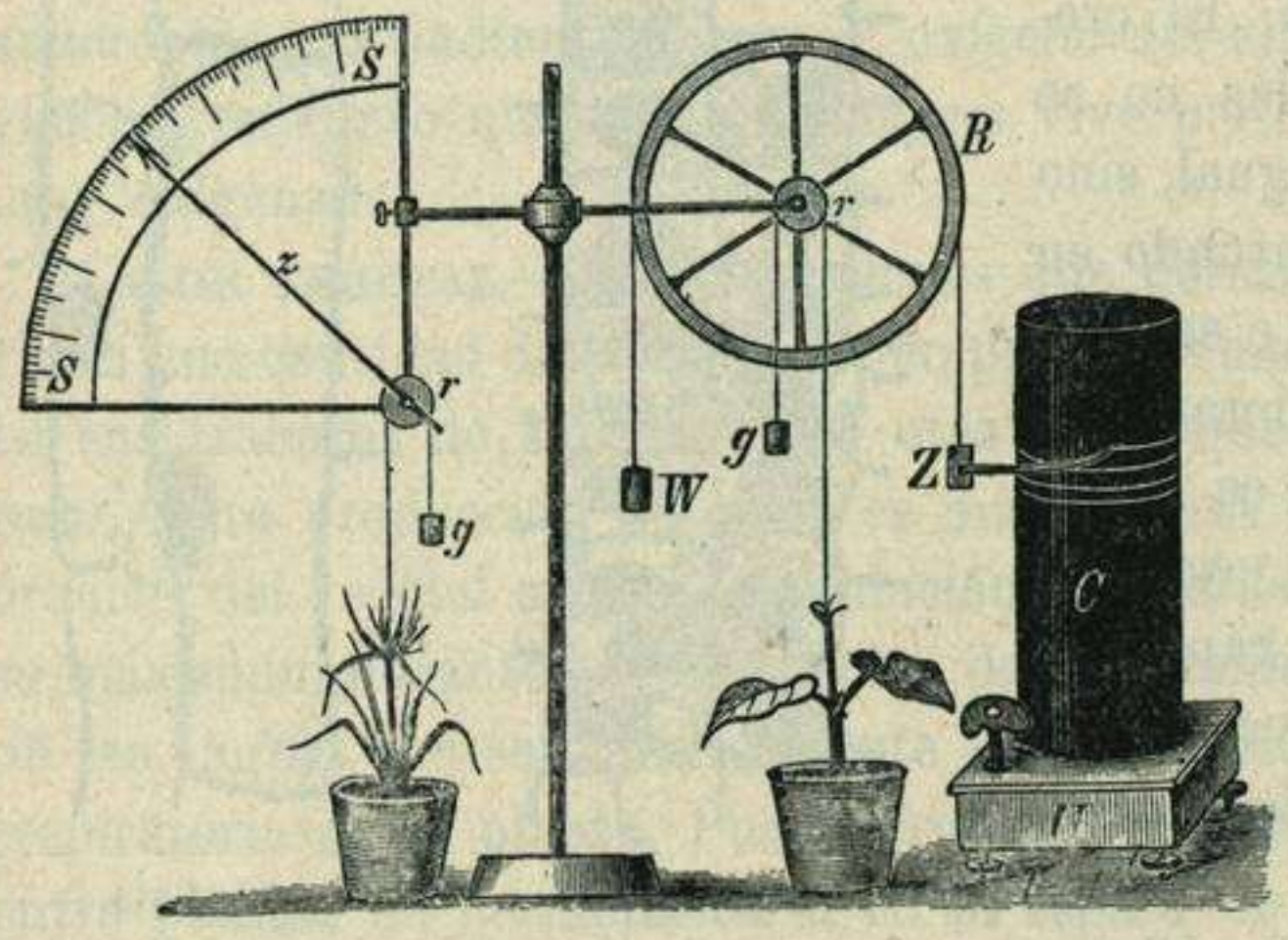


Fig. 1.019.—Esquema de auxanómetros. A la izquierda, un auxanómetro sencillo de cuadrante; a la derecha, un auxanómetro registrador (según Strasburger).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

delante de un cuadrante. Con el fin de seguir automáticamente el fenómeno se construyen los *auxanómetros registradores*, algo más complicados *(fig. 1.019)*.

FUNCIONES DE RELACIÓN

EL MOVIMIENTO Y LA SENSIBILIDAD EN LOS VEGETALES

No obstante la aparente inmovilidad de los vegetales, éstos realizan movimientos, aunque no sean comparables a los que los animales ejecutan.

No todos los movimientos de los vegetales son de la misma índole. Prescindiendo del crecimiento, que en último término es un movimiento, nos ocuparemos aquí: 1.°, de los *tropismos;* 2.°, de los movimientos *nictitrópicos* o de sueño y vigilia; 3.°, de los movimientos provocados por los *agentes exteriores*, y 4.°, de los movimientos *espontáneos*.

1.° **Tropismos.**—En los vegetales ejercen gran influencia en la orientación de sus órganos diversos agentes, de los que los más importantes son: la *gravedad*, la *luz*, el *calor* y la *humedad*.

Geotropismo.—La *gravedad* obra sobre los vegetales, determinando la colocación de ellos siguiendo la vertical del punto donde viven; esta acción se denomina *geotropismo* (gr. *ge*, tierra; *tropos*, dirección), el cual se dice que es *positivo* cuando el órgano del vegetal sigue la dirección de la gravedad, y *negativo* cuando sigue la opuesta. La *raíz* principal tiene *geotropismo positivo* y el *tallo geotropismo negativo;* pueden probarse ambos extremos por medio de varios experimentos, de los cuales el más sencillo consiste en colocar a germinar entre musgo húmedo semillas de alubia u otro vegetal, y cuando se han desarrollado

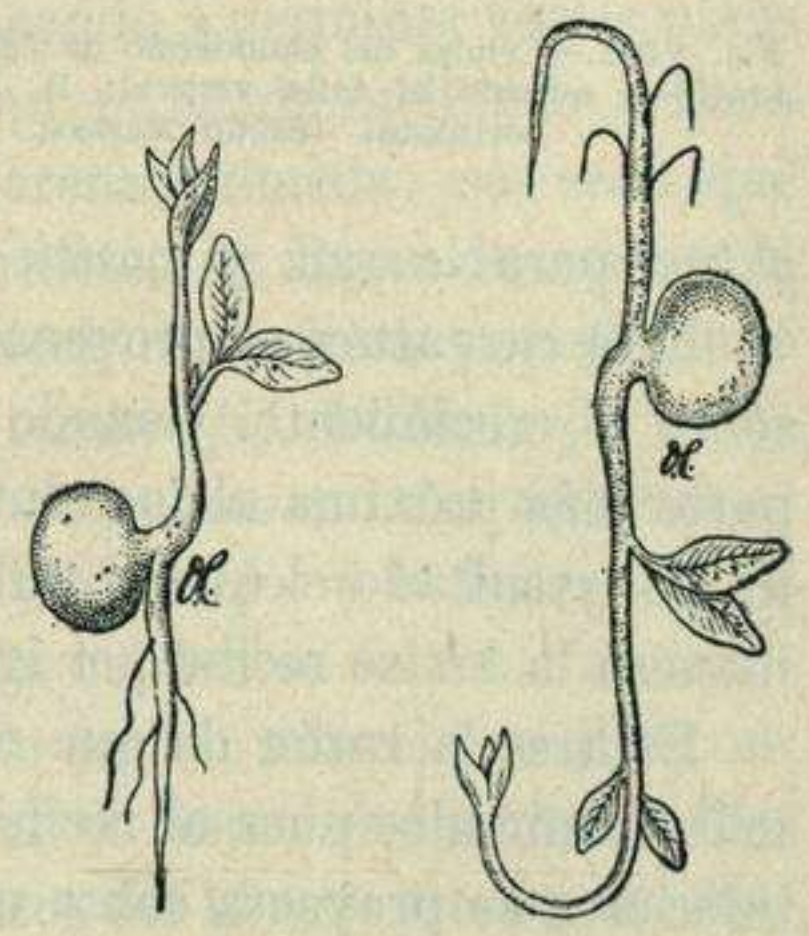


Fig. 1.020 Fig. 1.021
Esquema de una planta recien germinada y en posición normal *(fig. 1.020)* y algún tiempo después y habiendo sido invertida *(fig. 1.021)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

introducir el tallo entre el musgo y dejar las raíces fuera, viéndose que al cabo de poco tiempo la raíz se encorva y se dirige hacia abajo, mien tras el tallo hace lo propio para dirigirse hacia arriba *(figs. 1.020* y *1.021)*. El geotropismo positivo de las raíces secundarias y el negativo de los tallos secundarios y de las hojas, aunque existe, no es tan ostensible como el de los principales, colocándose oblicuamente con relación a las líneas de fuerza de atracción terrestre, o sea las líneas verticales (*).

En estos últimos tiempos, los botánicos han creído encontrar en el allo y en la raíz células especialmente sensibles a la acción de la gravedad. Éstas estarían representadas en el tallo por las células del endodermo, que llevan en su protoplasma granos de almidón extraordinariamente densos *(fig. 1.022);* cuando el tallo está en posición vertical reposan sobre una pared transversal; pero cuando se coloca horizontalmente, gravitan sobre una de las caras laterales. Esta posición anómala determina una excitación especial que provoca la curvatura a fin de recobrar la posición habitual. En las raíces, estas células sensoriales residen en la cofia.

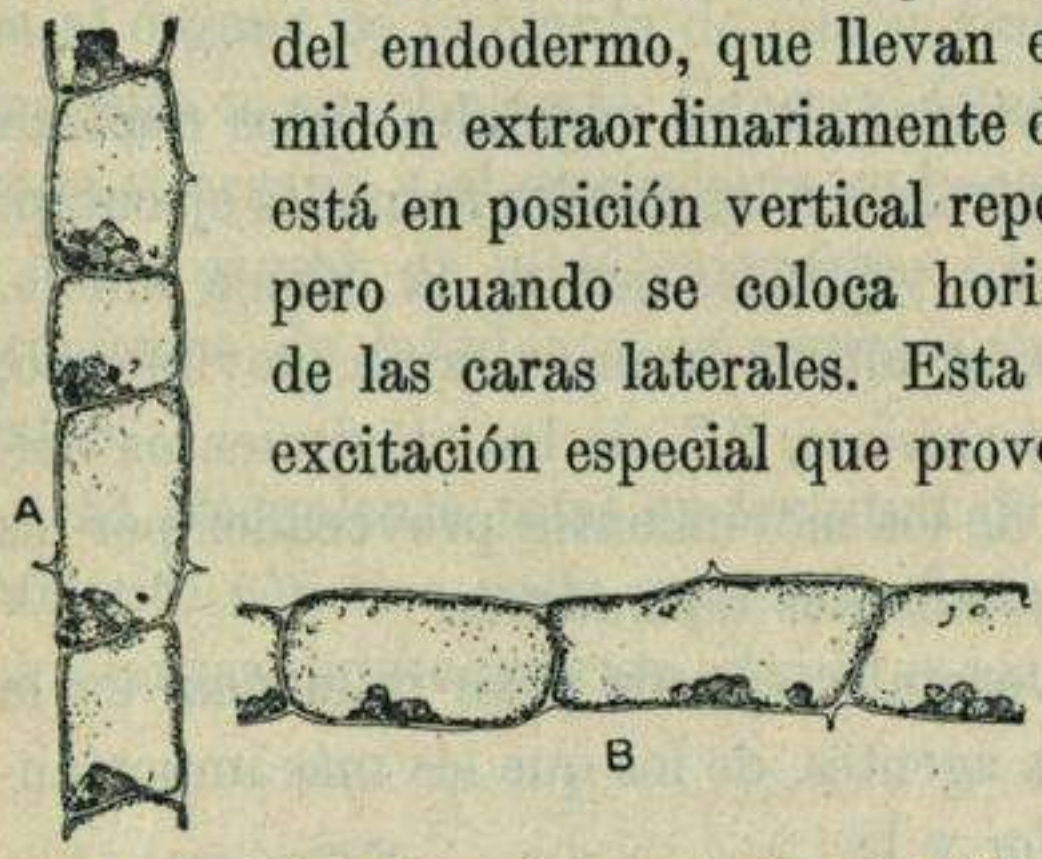


Fig. 1.022.—Células del endodermo de *Impatiens Sultani*.—A, estando el tallo vertical; B, cuando está horizontal. (Según Massart.)

FOTOTROPISMO.—Así se denomina a los movimientos provocados por la acción de la luz. Dicho fototropismo es *negativo* para la raíz y *positivo* para el tallo y las hojas.

Esta curvatura se provoca en los tallos por el retraso que la luz ejerce sobre el crecimiento. Cuando un tallo está desigualmente iluminado, la parte más próxima al foco luminoso crece menos que la opuesta, lo cual da por resultado el que el tallo se encorve hacia dicho foco, pues de esta manera la luz se recibe por igual.

Esta es la razón de que muchas plantas se dirijan al sol o al paraje más iluminado, pues al recibir la luz de frente, la sombra de sus ramas inferiores se proyecta sobre el resto y la acción retardatriz de la luz es mínima.

La acción de la luz sobre la raíz es inversa de la que se ejerce sobre el tallo.

(*) Se dice que el tropismo de un órgano es *ortotropo*, cuando éste sigue la dirección del agente excitador, y *plagiotropo*, cuando se dispone oblicuamente con relación a aquél.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

También parece que existen, en las células epidérmicas de ciertas plantas, elementos sensibles a la excitación luminosa. En las células epidérmicas de algunas plantas de lugares sombríos se observa que su cutícula, en vez de ser plana, está abombada, haciendo este saliente el oficio de una lente. En otras ocasiones, el espesamiento epidérmico toma de un modo más perfecto la forma de una lente biconvexa; este espesamiento es generalmente celulósico, y aun a veces silíceo *(fig. 1.023)*. Un caso muy notable es el de la *Petræa volubilis*, en la que la lente está representada por una pequeña célula empotrada en la cutícula de la célula epidérmica de la hoja *(fig. 1.024)*.

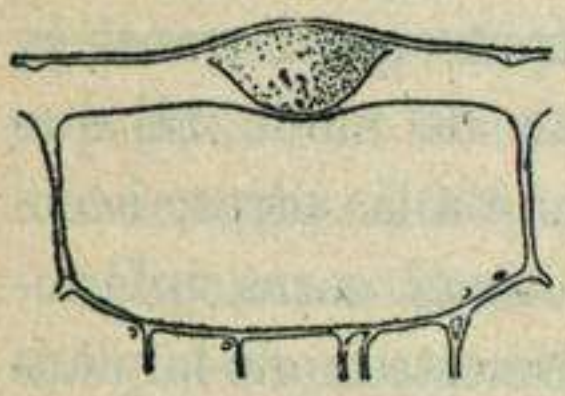


Fig. 1.023.—Lente silícea de una célula epidérmica de la hoja de *Campanula persicifolia*. (Según Haberlandt).

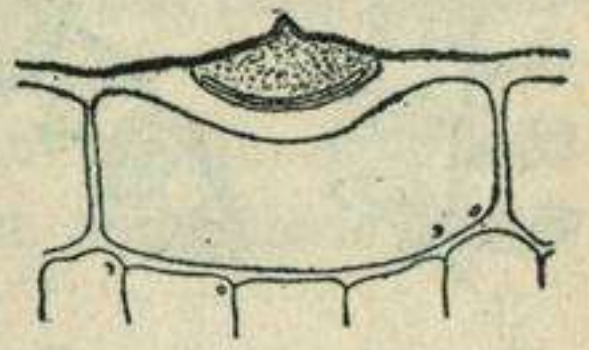


Fig. 1 024.—Célula en forma de lente de la hoja de *Petræa volubilis*. (Según Haberlandt).

TERMOTROPISMO E HIDROTROPISMO.—Son los nombres que reciben los movimientos provocados por la acción del calor y de la humedad (gr. *therme*, calor; *hydor*, agua). Ambos pueden ser también positivos y negativos. La raíz, por ejemplo, posee un hidrotropismo positivo muy marcado, según puede apreciarse colocando a germinar varias plantas en un tamiz inclinado y lleno de arena húmeda: se verá que las raíces, en lugar de seguir la vertical, se deslizan por el fondo del tamiz *(fig. 1.025)*.

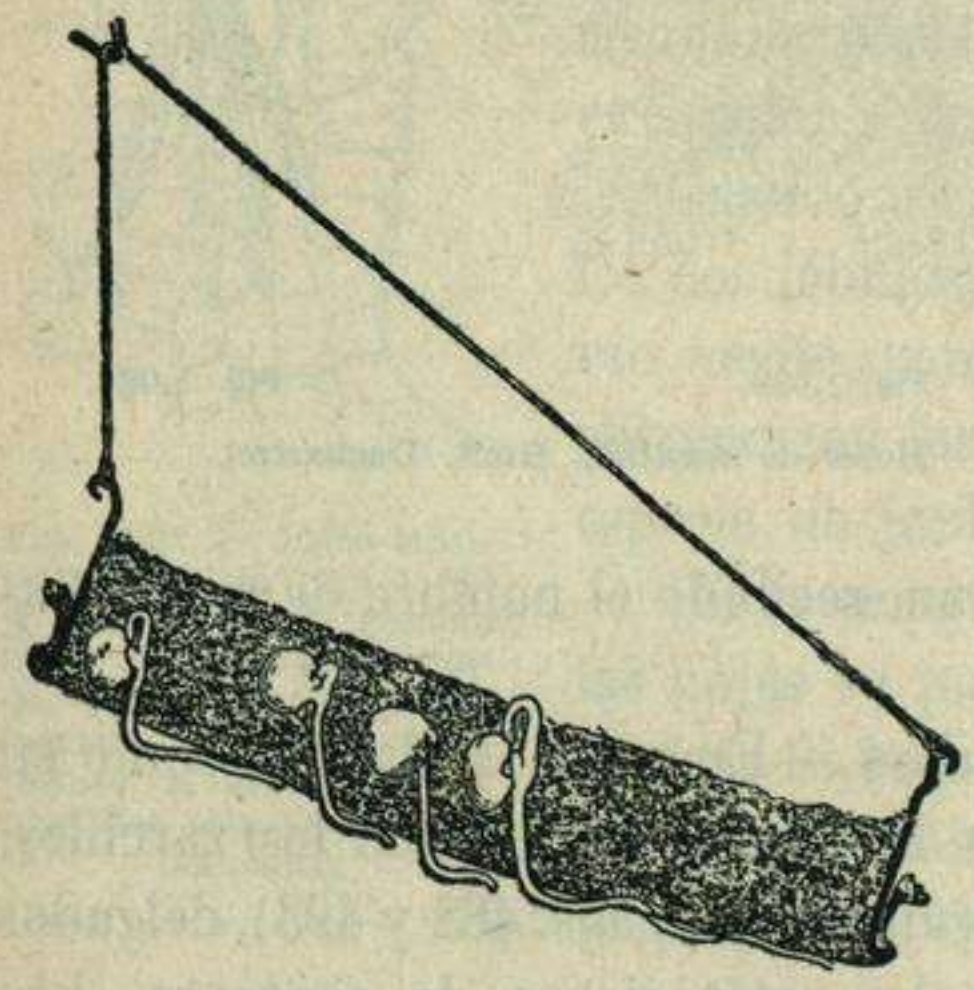


Fig. 1.025.—Demostración del hidrotropismo.

Los mohos son extraordinariamente sensibles a la humedad. Si en un cultivo se coloca una lámina de caolín, sobre la cual se condensa el vapor de agua, los filamentos del hongo pronto se dirigen hacia ella.

2.° **Movimientos nictitrópicos.**—Estos movimientos, llamados también de *sueño* y de *vigilia*, son fácilmente observables en las Leguminosas, en los que se aprecian con toda claridad.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En la acacia de los paseos o falsa acacia *(Robina pseudoacacia)* se observa cómo las foliolas de sus hojas aparecen extendidas durante el día *(figura 1.026)*, en tanto que durante la noche se repliegan de modo tal que unas se aproximan a las otras, acercando sus respectivas caras inferiores *(fig. 1.027)*. De este modo la planta se protege de una excesiva transpiración, ya que la superficie expuesta al aire disminuye, especialmente en la parte de la hoja más rica en estomas.

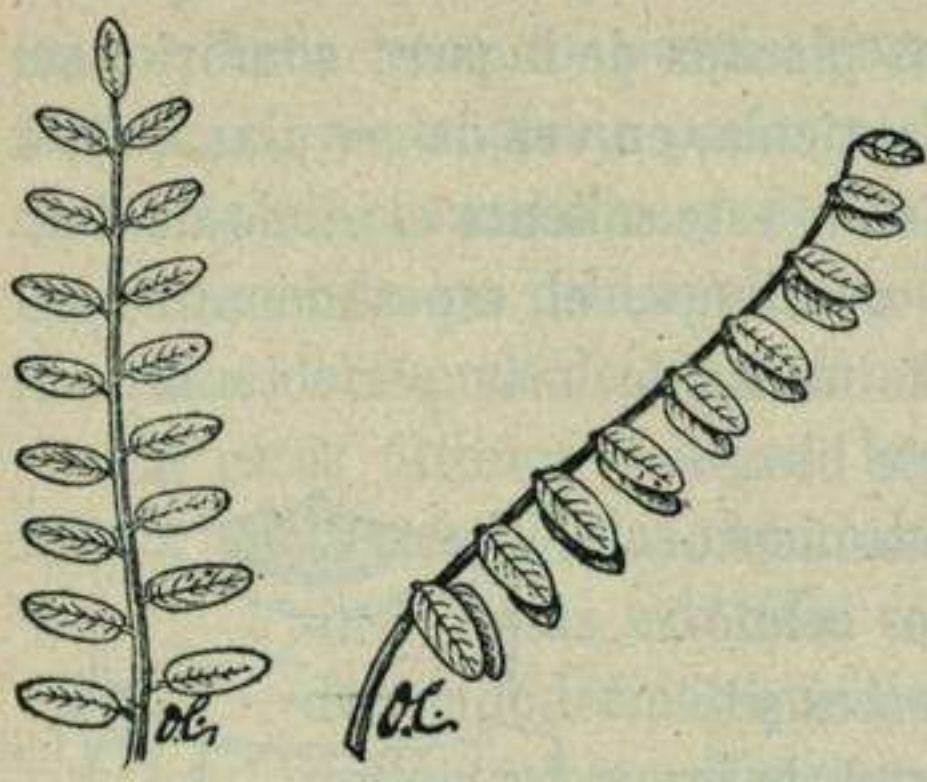


Fig. 1.026. Fig. 1.027.

Posición durante la vigilia (1.026) y el sueño (1.027) de las hojas de *Robinia*.

Este fenómeno está muy acentuado en la sensitiva *(Mimosa púdica)*, experimentando una disminución de superficie aún más intensa que en la falsa acacia *(figs. 1.028 y 1.029)*.

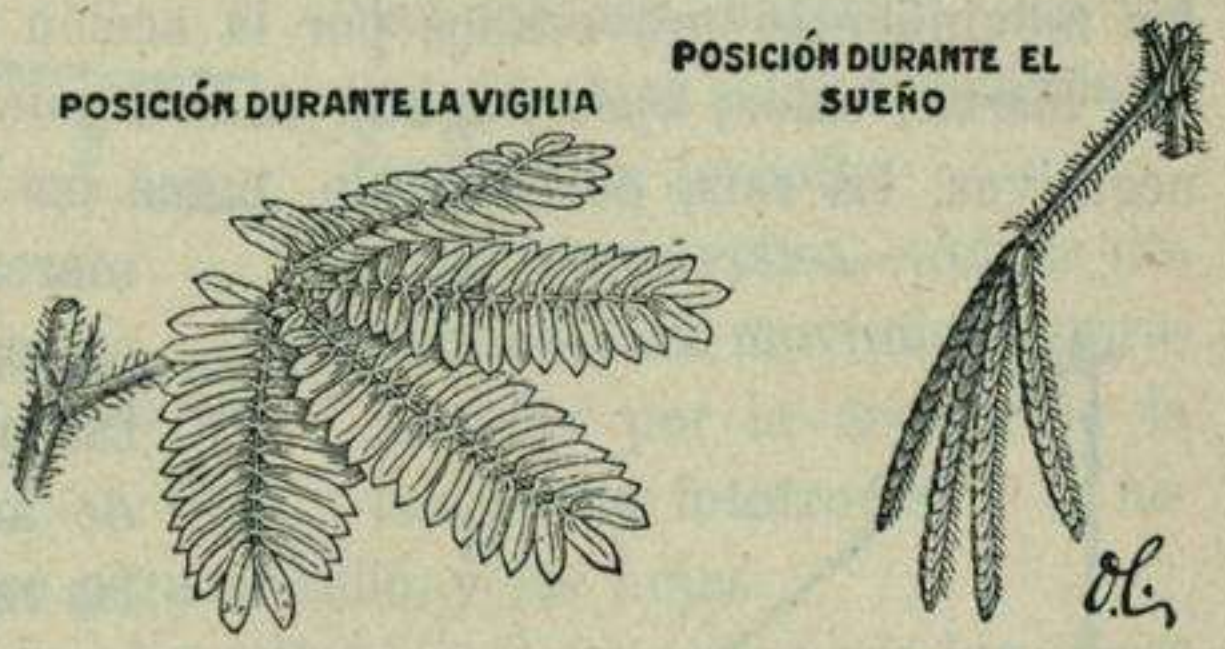


Fig. 1.028. Fig 1.029.

Hojas de sensitiva. (Imit. Duchartre).

Las causas de estos movimientos no están del todo bien explicadas, aunque parecen residir en cambios de turgescencia de las células de ciertos ensanchamientos que existen en los pecíolos de la hoja, y en cada uno de los pedúnculos de los respectivos foliolos, y que por esto han recibido el nombre de ensanchamientos motores.

3.º **Movimientos provocados.**—En muchas plantas, como en la vid, en la calabaza y en diversas Leguminosas, existen los zarcillos, órganos de origen caulinar o foliar (según se dijo, págs. 482 y 493), delgados y alargados y sumamente sensibles a las excitaciones de contacto. Los zarcillos, que crecen rectos o ligeramente encorvados, en cuanto tropiezan con algún objeto se arrollan fuertemente a él, constituyendo así un eficaz asidero de la planta.

En los zarcillos de algunas Cucurbitáceas y otras plantas existen unas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

células especiales que se las ha considerado extraordinariamente sensibles a las excitaciones de contacto. Estas células presentan prolongaciones del protoplasma que se insinúan en la membrana celulósica *(fig. 1.030)*.

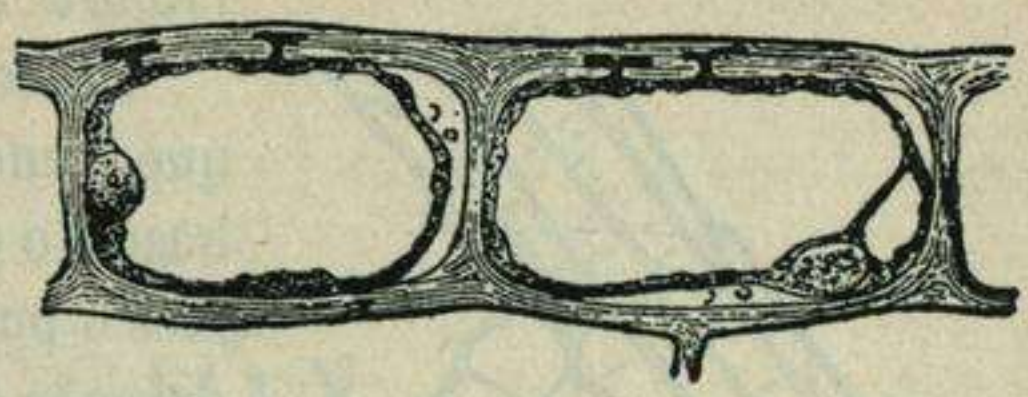


Fig. 1.030.—Células epidérmicas de un zarcillo de pepino *(Cucumis sativus)* con su pared externa perforada para dejar paso al protoplasma. (Según Pfeffer).

Organos análogos existen en el extremo ensanchado de los pelos mazudos del atrapamoscas *(fig. 997)*. La excitación producida por un insecto determina el encorvamiento de estos pelos, que acaban por aprisionarle y sujetarle.

Las hojas de la *Dionœa muscípula* poseen también pelos sensibles a las excitaciones que el contacto de los insectos producen. Las hojas de esta planta constan de dos lóbulos, sobre cada uno de los cuales existen tres pelos sensitivos, además de otros secretores, más numerosos, implantados en su borde. Estos pelos constan de una porción terminal rígida, que descansa sobre una base flexible y fácilmente deformable. Cualquier movimiento de la porción terminal comprime o extiende la parte basal, que de este modo recibe la excitación *(fig. 1.031)*.

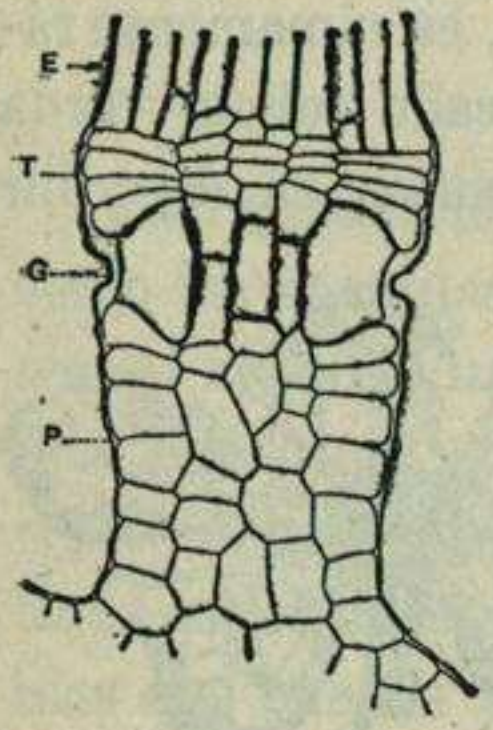


Fig. 1.031. — Corte longitudinal de un pelo tactil de *Dionœa*. — E, porción inferior de la parte rígida; T, base flexible y deformable; G, células que reciben la excitación; P, base del pelo (según Haberlandt).

Cuando un insecto excita estos pelos sensoriales, los dos lóbulos de la hoja se repliegan sobre su nervio medio, como si fuesen las hojas de un libro, y entrecruzan los pelos de los bordes, formando una especie de jaula *(fig. 998)*.

En la sensitiva, los movimientos de repliegue de las hojas se pueden provocar por una acción mecánica. Si la acción es poco intensa sólo se repliega la hoja más próxima; pero si la excitación es más intensa, ésta se transmite más lejos y el repliegue afecta a mayor número de hojas y aun a todas las de la planta.

Esta acción parece determinada por pelos sensitivos que se implantan en los ensanchamientos motores. Cada uno de ellos reposa sobre un grupo de células de paredes delgadas. De este modo, las sacudidas de que la plan-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ta es objeto, se comunican a los pelos y de éstos a sus células basilares *(figura 1.032)*.

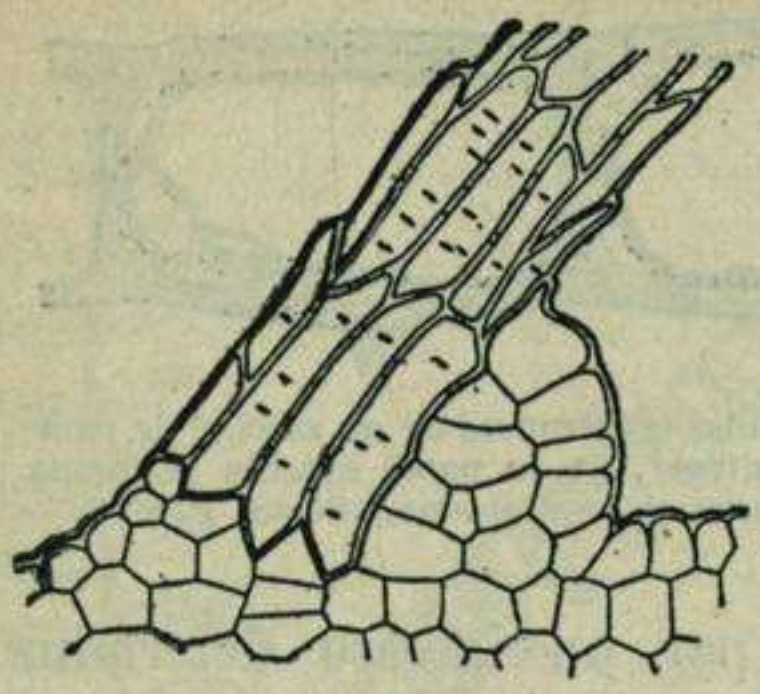


Fig. 1.032.—Base de un pelo sensitivo de *Mimosa pudica* (según Haberlandt).

La conducción de la excitación parece que tiene lugar a lo largo de los tubos cribosos, o quizá a lo largo de los plasmodesmos o puentes protoplasmáticos que pasan de unas células a otras, lo que explica que ésta irradie desde el sitio donde se ejerce y pueda provocar el repliegue de muchas hojas.

4.º **Movimientos espontáneos.**- Entre los movimientos espontáneos, sin causa aparente, son notables los del *Hedysarum gyrans*. Esta Leguminosa tiene hojas trifoliadas con las foliolas muy desiguales; la central muy grande y las laterales muy pequeñas *(figs. 1.033 y 1.034)*.

Estos foliolos están constantemente, de día y de noche, describiendo círculos alternativamente. Este movimiento, que está influenciado por la temperatura, es sumamente rápido, ya que cada foliolo tarda unos cinco minutos en describir

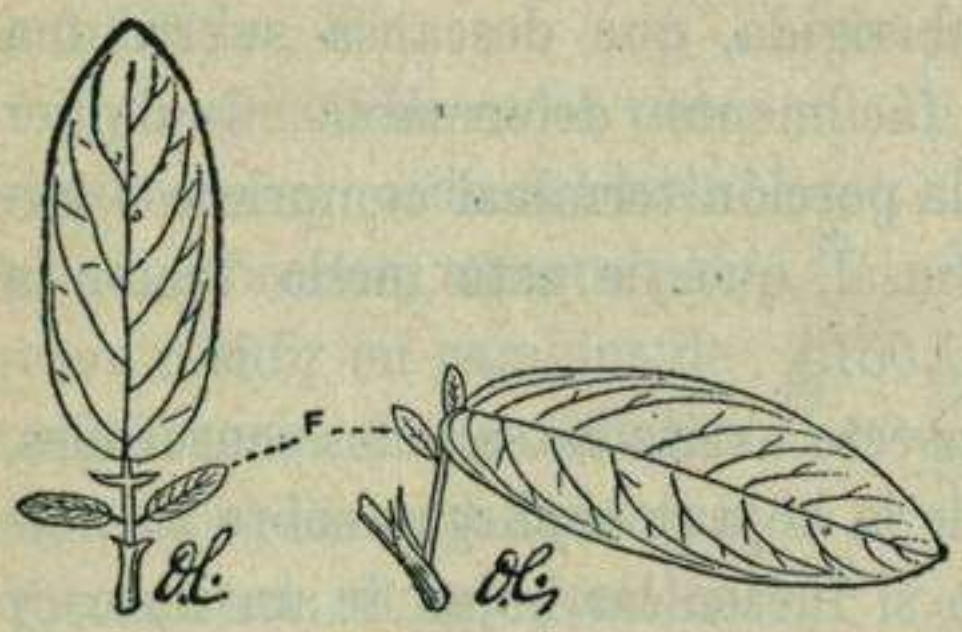


Fig. 1.033. Fig. 1.034.

Hoja compuesta de *Hedysarum (Desmodium) gyrans* vista de frente y en pleno día (1.033) y lateralmente y al atardecer (1.034). Las foliolas *F* son las que están dotadas del movimiento giratorio diurno y nocturno.



Fig. 1.035.—Flor de ruda *(Ruta graveolens)*, cuyos estambres se encorvan espontáneamente para ponerse en contacto con los estigmas.

un giro completo. Parece ser que estos movimientos tienen alguna relación con los nictitrópicos y que los ensanchamientos motores sufren alteraciones durante el movimiento de los foliolos.

Del mismo tipo parece que son los movimientos de los estambres de algunas plantas, como la ruda, entre otras, que en la época de la reproducción encorvan sus filamentos e inclinan sus anteras hasta ponerse en contacto con el estigma *(fig. 1.035)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

LA REPRODUCCIÓN EN LOS VEGETALES

La reproducción de los vegetales se realiza de un modo *asexual*, es decir, sin intervención de gametos, o *sexualmente*, concurriendo dos células o *gametos*, los cuales se unen para formar el *huevo fecundado* o *zigoto*.

REPRODUCCIÓN ASEXUAL

La *reproducción asexual* tiene lugar, en muchos vegetales inferiores, como las bacterias, por *división directa*. Cada uno de estos diminutos seres, al alcanzar unas dimensiones dadas, se dividen transversalmente en dos. Esto, que sucede cuando las condiciones del medio son favorables, no continúa en el momento que éste ofrece cambios que pueden perjudicar a las bacterias que en él pululan. Entonces estos organismos microscópicos se defienden, produciendo unos cuerpos resistentes llamados *esporas*, que se originan condensándose el protoplasma en un paraje de su cuerpo celular y rodeándose, después, de una resistente membrana. La espora es capaz de soportar las circunstancias más extremas, dando lugar, cuando éstas vuelven a ser adecuadas, a una nueva bacteria *(figuras 1.036 y 1.037)*.

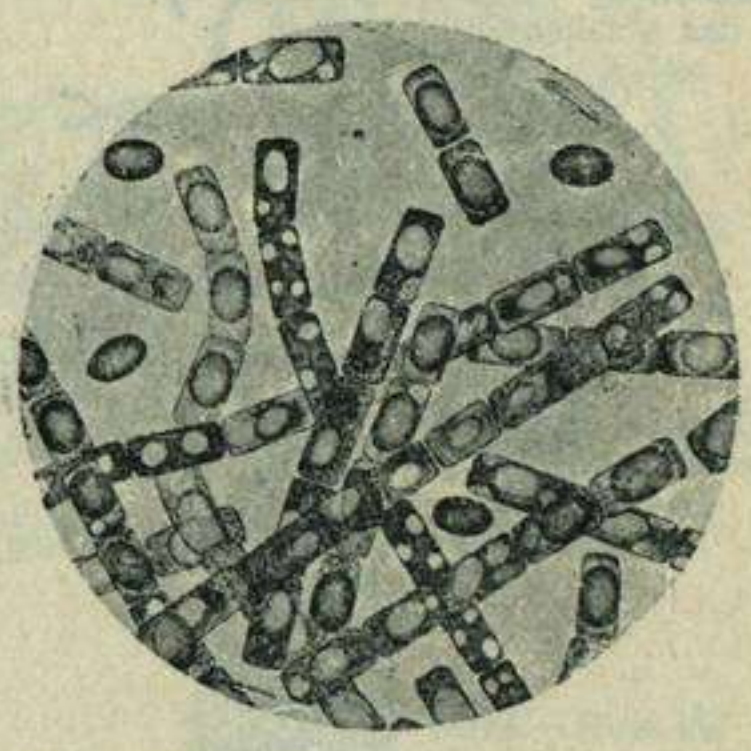


Fig. 1.036.—Bacteria del carbunco formando esporas.

Un procedimiento de reproducción asexual muy extendido en el reino

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vegetal es la reproducción por medio de esporas que se forman en órganos especiales denominados *esporangios* o *aparatos esporíferos*.

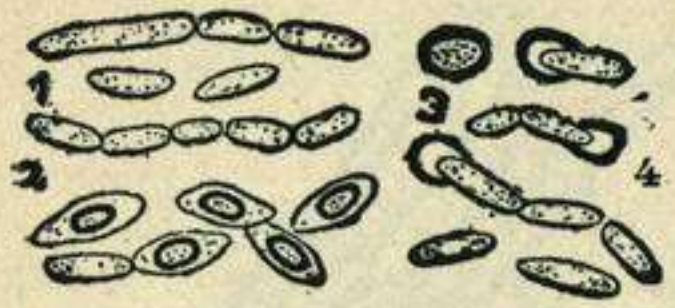


Fig. 1.037.—1, diversos aspectos del *Bacillus amylobacter:* 2, el mismo, formando esporas; 3, una espora y tres bacilos saliendo de su espora; 4, bacilos saliendo de las esporas.

El moho común, por ejemplo, cuando se encuentra en un medio nutritivo abundante, emite filamentos que se elevan perpendicularmente sobre el medio en que viven y se abultan en su extremo *(fig. 1.038)*. Este abultamiento es precisamente el *esporangio* o *aparato esporífero*, el cual consiste en una especie de saco esférico que se aisla del resto del filamento por medio de un tabique, después de lo cual los núcleos que contiene el protoplasma en su interior se dividen varias veces, y proveyéndose cada uno de su protoplasma y de membrana, originan las esporas, las cuales salen al exterior por ruptura de la pared del esporangio. Cuando éstas caen y encuentran condiciones favorables germinan y originan nuevos filamentos, que producirán nuevos mohos.

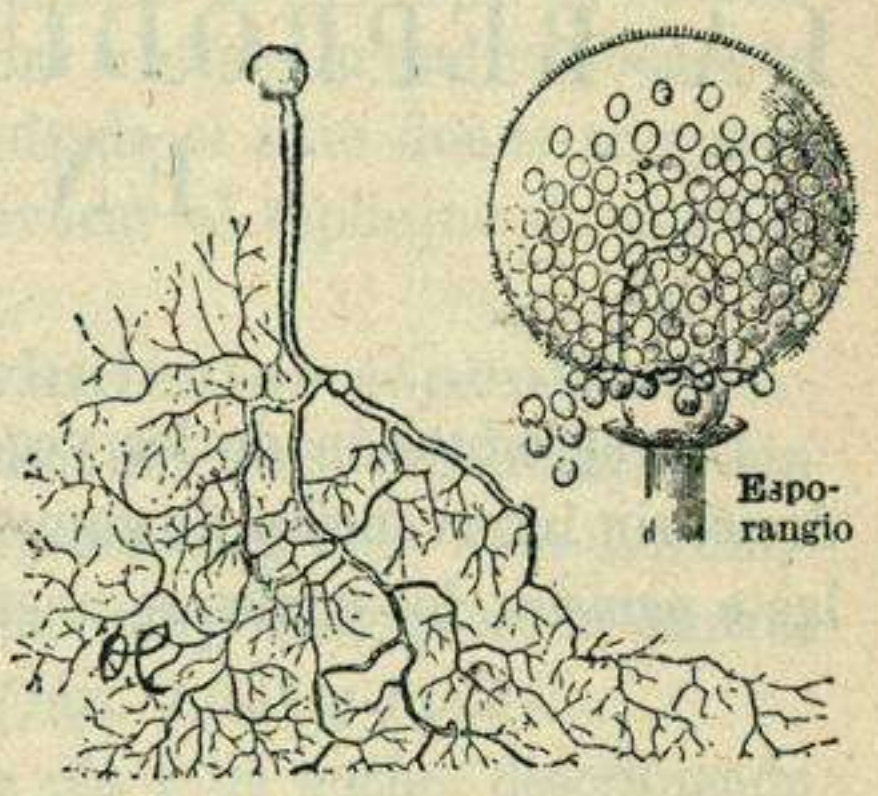


Fig. 1.038.—*Múcor mucédo* o moho común, a la derecha, esporangio aumentado.

No siempre las esporas son de este tipo; cuando se trata de vegetales que crecen en el agua, pueden estar provistas de cilios o flagelos, semejando entonces a infusorios, y reciben por ello el nombre de *zoosporas*. En ciertas algas filamentosas, como las del género *Conferva*, están provistas de dos flagelos que nacen juntos en el extremo más adelgazado de la espora *(figura 1.039)*.

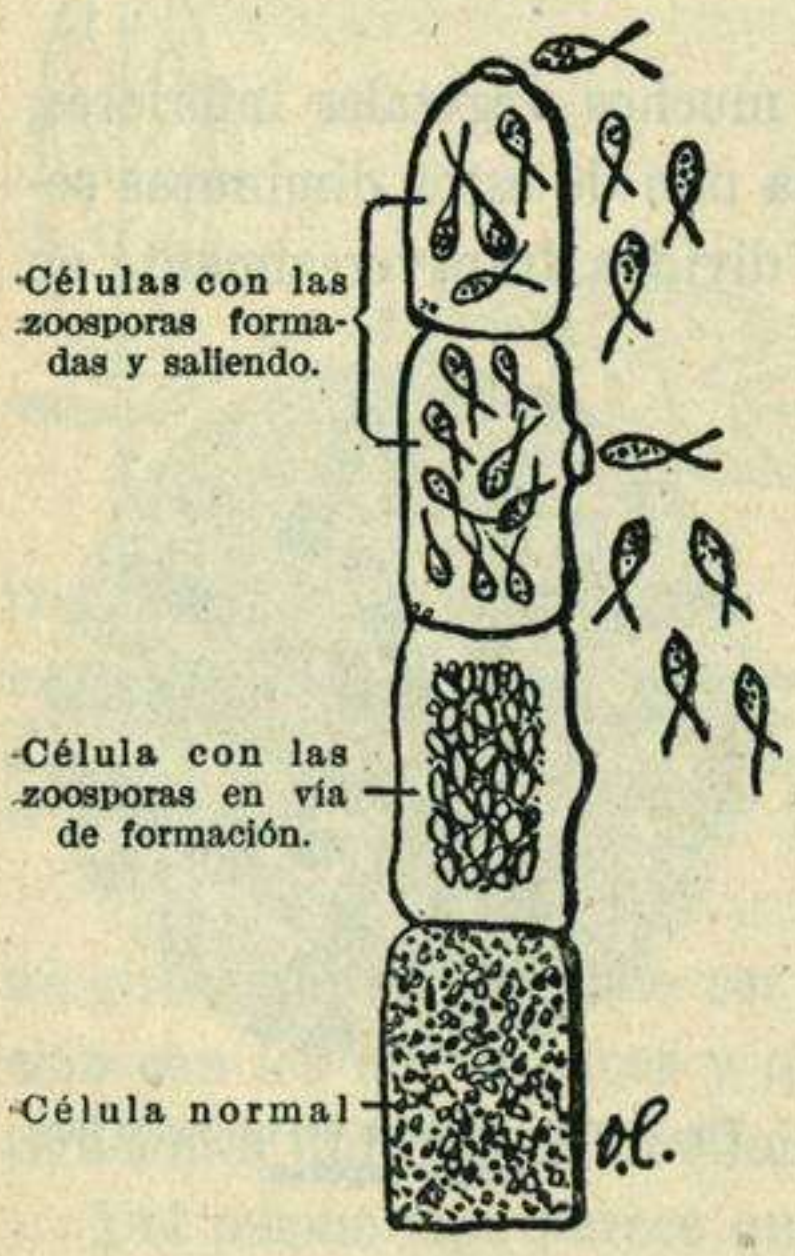


Fig. 1.039.—Filamento de una *Conférva* produciendo zoosporas.

Las esporas pueden formarse *en el exterior* de las células madres o

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en el interior de ellas. El primer caso se encuentra en los hongos de sombrerillo, cuyas esporas se forman en el extremo de unos filamentos que llevan unas células llamadas *basidios*, por lo cual reciben también el nombre de *basidiosporas (fig. 1.040);* y el segundo en los hongos del grupo de los Ascomicetos, cuyas esporas, también llamadas *ascosporas*, se forman, en número de cuatro u ocho, en el interior de unas células alargadas llamadas *ascas* o *tecas (fig. 1.041)*.

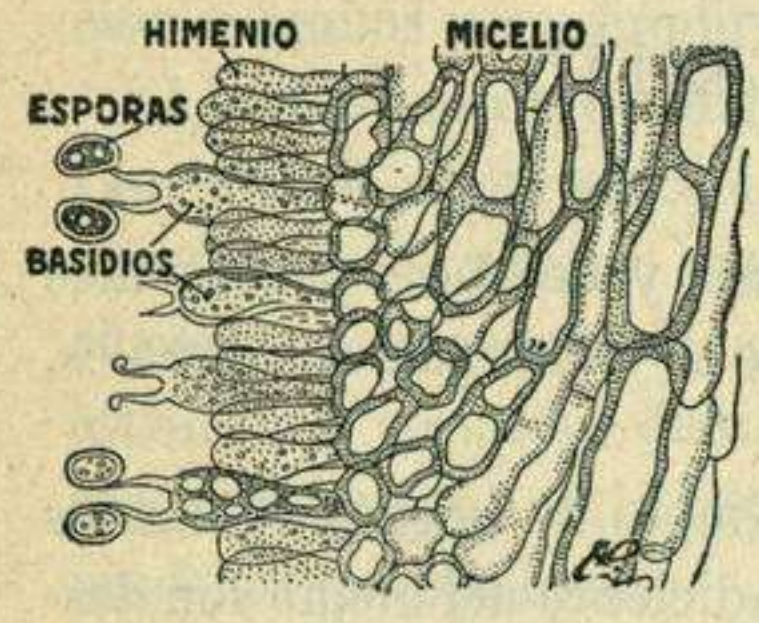


Fig. 1.040.—Basidiosporas de un Basidiomiceto.



Fig. 1.041.

Otro tipo muy frecuente de reproducción asexual es el llamado de *propagación vegetativa*, que tiene lugar por partes destacadas de la planta madre que se hacen independientes. Los estolones del fresal, los tallos rastreros de la zarzamora y los rizomas de infinidad de plantas, son buen ejemplo de este modo de propagación.

Frecuentemente aparecen sobre las plantas partes redondeadas cuya vitalidad pasa por un estado de vida latente, que dan nacimiento a una nueva planta. Estos elementos propagadores, llamados *bulbillos*, pueden nacer en la axila de las hojas, como en la *Saxifraga granulata (fig. 1.042)*, o sobre las mismas hojas, como en ciertos helechos *(fig. 1.043)*. En las Fanerógamas sucede algunas veces que son las propias hojas destacadas de la planta madre las que pueden dar lugar a un nuevo vegetal *(fig. 1.044)*.



Fig. 1.042.—Bulbillos de *Saxifraga granulata.*

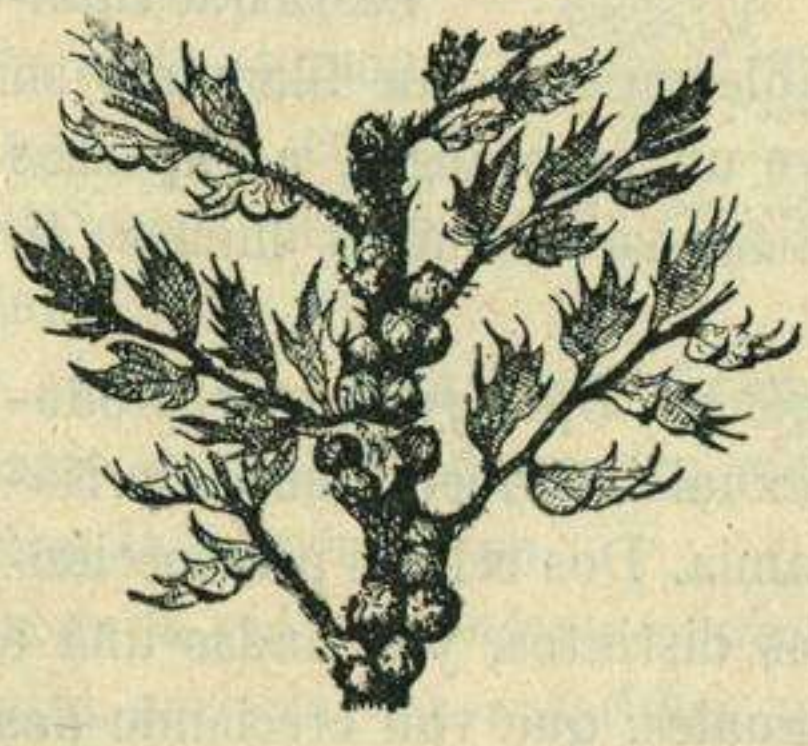


Fig. 1.043.—Bulbillos en a base de la hoja del helecho *Aspidium aculeátum.*



Fig. 1.044.—Hoja aislada de *Bryophyllum calycinum* dando nacimiento a varias plantas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

REPRODUCCIÓN SEXUAL

La reproducción sexual puede ser *isogámica* y *heterogámica;* se dice que es isogámica cuando los dos gametos que se conjugan son iguales, y heterogámica cuando son diferentes.

a) **Reproducción isogámica.**—Ejemplo de isogamia tenemos en el moho antes citado, el cual, cuando las condiciones del medio son desfavorables para formar el esporangio, emite dos filamentos o *gametos*, situados uno enfrente del otro, los cuales avanzan hasta encontrarse, y reuniendo sus núcleos y protoplasmas originan un *huevo* o *zigoto*, el cual está envuelto en gruesa membrana exterior cutinizada *(figura 1.045)*, lo que le permite resistir las condiciones adversas del medio hasta que cuando se hacen favorables origina un filamento en el que se constituye un esporangio, a expensas de cuyas esporas se formarán nuevos mohos *(figura 1.046)*.

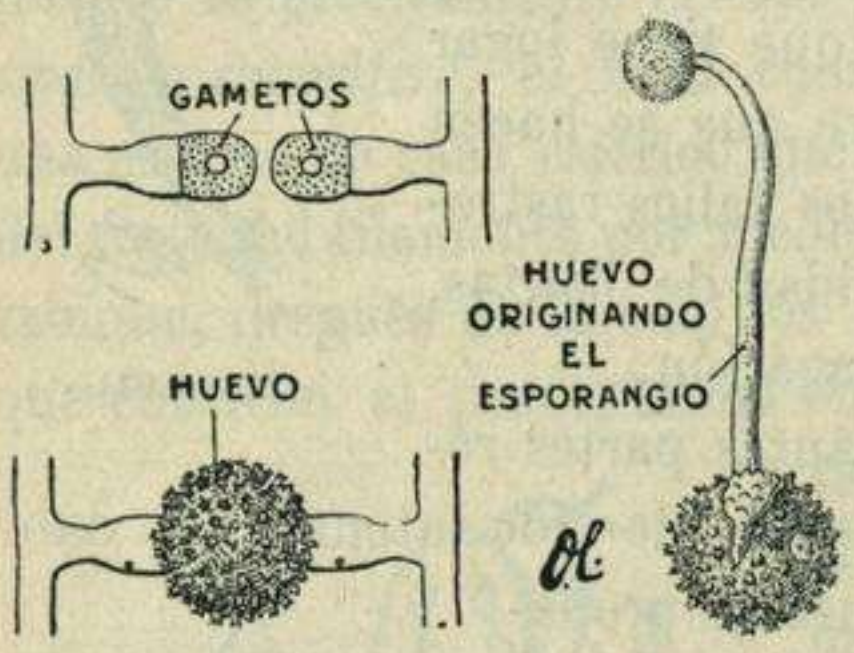


Fig. 1.045. Fig. 1.046

Isogamia del *Múcor*.

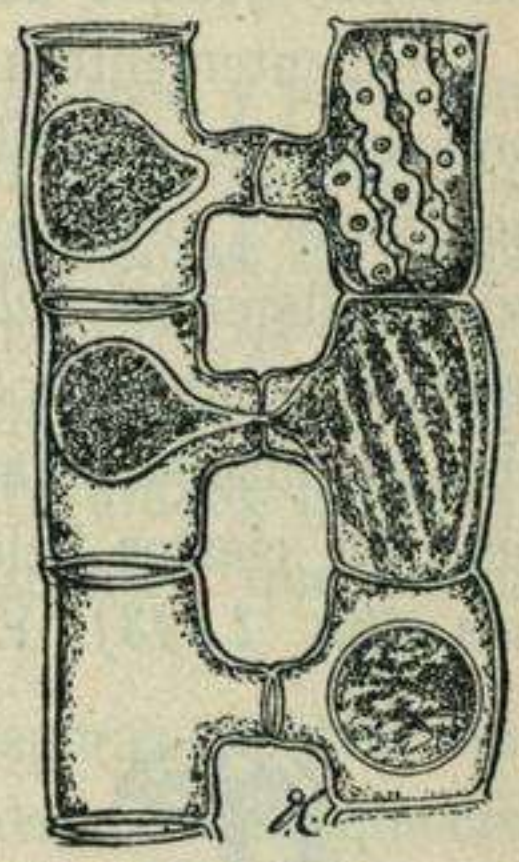


Fig. 1.047.— *Spirogyra* en las fases de su reproducción isogámica.

Las algas del género *Spirogyra* se reproducen de un modo sexual intermedio entre la isogamia y la heterogamia. Dos células pertenecientes a dos filamentos distintos, y situadas una enfrente de otra, forman dos prominencias iguales, que van creciendo hasta ponerse en contacto, en cuyo momento desaparece el tabique de separación, formándose un tubo que pone en comunicación a ambas células *(fig. 1.047)*. Cada una de ellas es uno de los gametos, y aunque son iguales, lo que nos haría pensar que estábamos ante un caso de isogamia, realmente no se comportan del

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mismo modo; uno de ellos, el que pudiera considerarse como gameto femenino, permanece quieto, en tanto que el otro, el que diríamos masculino, tiene que recorrer el trayecto del tubo que pone en comunicación a ambos para fundirse con el femenino y dar origen al huevo.

b) **Reproducción heterogámica en las plantas sin flores.**—La reproducción heterogámica es la más extendida en el reino vegetal; los gametos masculino y femenino reciben, respectivamente, el nombre de *anterozoide* y de *oosfera (fig. 60*, A), elementos de diferente estructura, según los distintos grupos de plantas, pero respondiendo a los rasgos asignados en la Biología general a los gametos masculinos y femeninos, respectivamente.

En las *Talofitas* los órganos reproductores en que se forman los gametos reciben el nombre de *oogonio*, el femenino, y *anteridio*, el masculino. La estructura de este órgano varía algún tanto de unos a otros vegetales; describiremos algunos casos por vía de ejemplo.

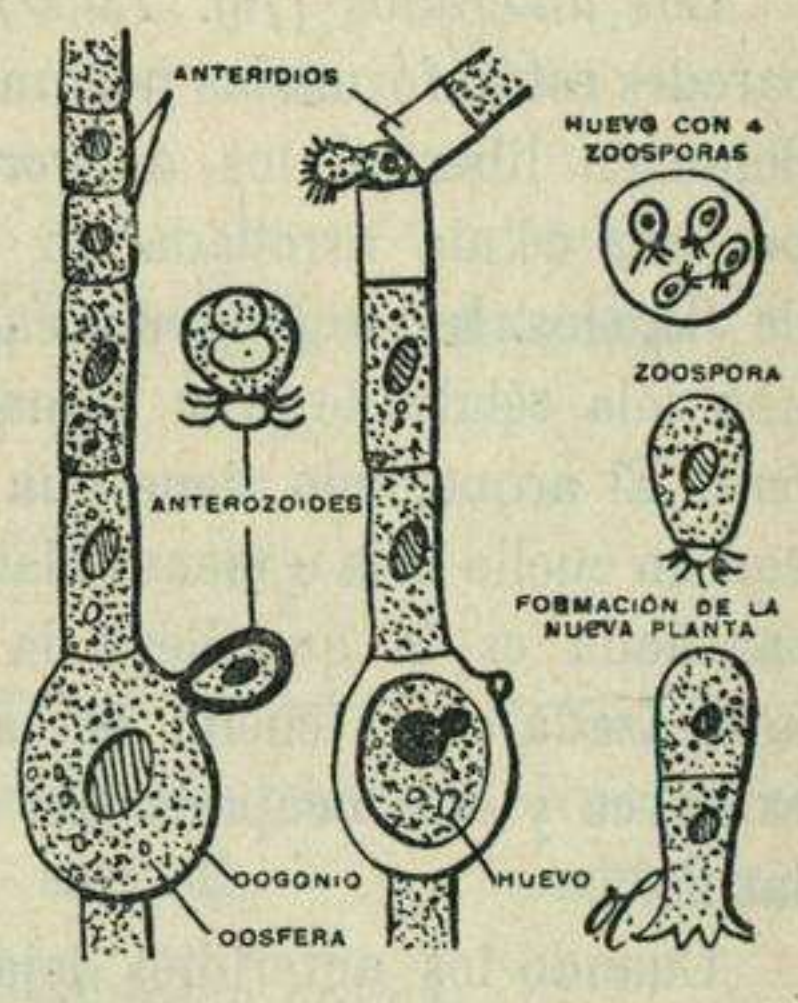


Fig. 1.048.—Esquema de la reproducción heterogámica de un *Œdogónium*.

En el *Œdogonium*, alga verde filamentosa que vive en las aguas dulces *(fig. 1.048)*, los anteridios son simples células en las que se forman los anterozoides, que están provistos de pestañas vibrátiles. Los oogonios son también células del filamento, pero su tamaño crece considerablemente, tomando forma esférica. En esta alga, como sucede en otros muchos casos dentro de este grupo de vegetales y en otros de complicación mayor, el huevo no da lugar directamente a un nuevo *Œdogonium*, sino a cuatro células denominadas *zigosporas*, que serán realmente las que originen la planta joven.

En el mildew o tizón de la vid *(Peronóspora vitícola)*, hongo parásito de esta importante planta agrícola, los anteridios y oogonios son simplemente las células terminales de dos filamentos distintos, pero próximos el uno del otro *(fig. 1.049)*. El anteridio, más pequeño que el oogonio y de forma mazuda, se aplica sobre la pared de éste, la cual perfora. En el momento de la fecundación, el protoplasma del anteridio, que hace

Instituto San Isidro de Madrid 2008

el oficio de anterozoide, se funde con el del oogonio, que actúa a su vez a modo de oosfera. Lo mismo que en el caso del *Œdogonium*, el huevo de este hongo no produce directamente la planta adulta, sino un esporangio en el que nacen zoosporas, las cuales serán las que realmente la originen.

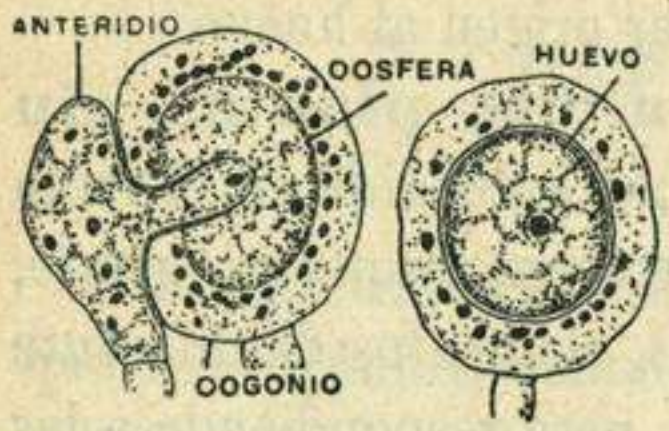


Fig. 1.049.—Heterogamia de una *Peronóspora*.

Los órganos reproductores sexuados en las *Muscíneas* y en las *Pteridofitas*, son muy parecidos; los masculinos son los *anteridios*, y los femeninos los *arquegonios*. Por esta razón, apoyada, además, por otras afinidades, es por lo que muchos botánicos agrupan estos dos tipos del reino vegetal bajo la común denominación de *Arquegoniadas*.

Los *anteridios (fig. 1.050)* tienen forma de sacos ovoideos, cuyas paredes están formadas por una sola capa de células, los cuales al abrirse dejan en libertad los *anterozoides*, constituídos por una célula arrollada en espiral y provista de flagelos. Los *arquegonios* encierran en su base una sola célula de gran tamaño, que es la *oosfera*. El arquegonio tiene una forma de botella con un cuello más o menos alargado; la parte ensanchada es la que lleva la oosfera, la parte adelgazada es el cuello del arquegonio, el cual es hueco y está ocupado por una sustancia gelatinosa.



Fig. 1.050.—Anteridios y arquegonios de un musgo hermafrodita.

Cuando los anteridios dejan salir los anterozoides, éstos *(fig. 60, A)* llegan a ponerse en contacto con la sustancia gelatinosa que ocupa el cuello del arquegonio y que rebasa por su orificio superior; tomando como vehículo esta sustancia, el anterozoide camina a lo largo del cuello del arquegonio hasta alcanzar en su parte profunda a la oosfera, fundirse con ella y formar el huevo. Como en las Talofitas antes citadas, el huevo no da lugar directamente al musgo, sino a una fase esporífera, la cual asexualmente produce *esporas*, que son las que dan origen a la planta sexuada.

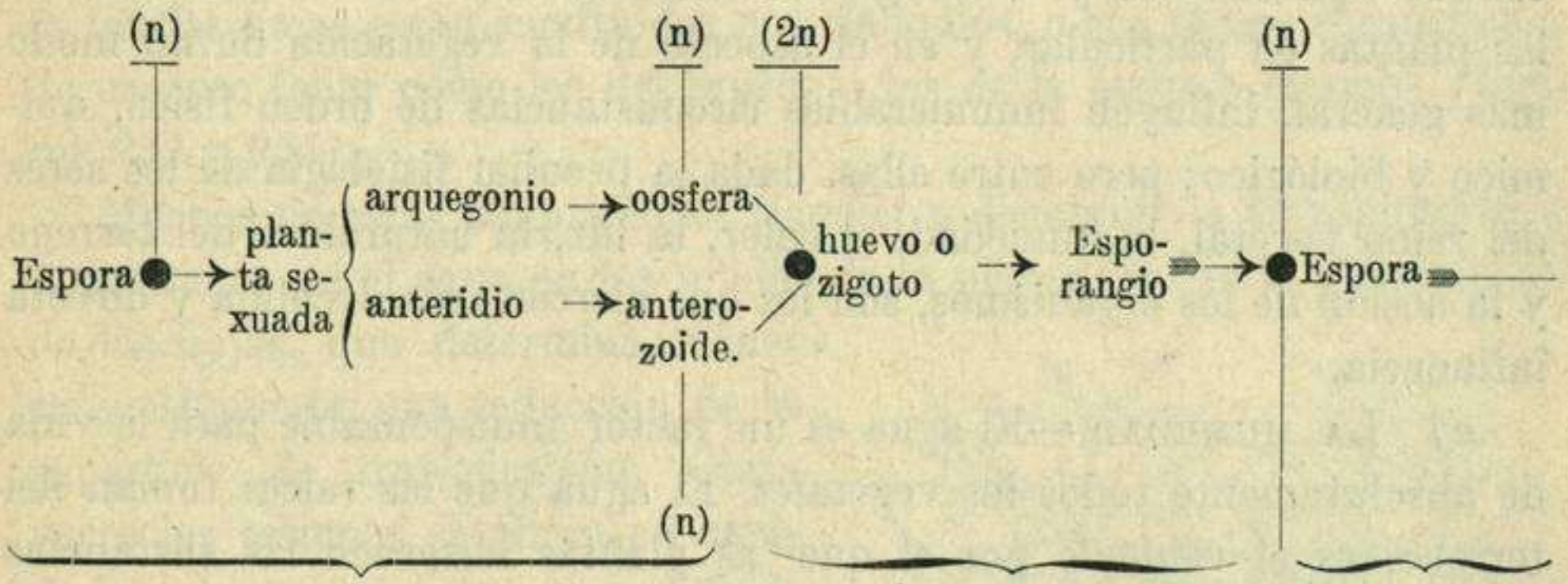
Los casos anteriormente examinados nos indican claramente cómo en muchos vegetales la reproducción es realmente alternante, ya que a

Instituto San Isidro de Madrid 2008

una fase sexual sigue una asexual, la cual es la que producirá la primera, cerrando así el ciclo biológico.

La fase o tronco sexual, en el que se forman los gametos, se llama *gametofito:* sus células son haploides, conteniendo sólo *n* cromosomas. Al reunirse los gametos, para formar el huevo o zigoto, se constituye una célula diploide con *2n* cromosomas. Este huevo es el punto de partida del tronco asexual, llamado *esporofito*, por formarse en él el *esporangio* en el que se origina la *espora*. Las células del gametofito, por proceder del huevo, son diploides *(2n)*. La reducción cromática se produce al formarse la espora *(n)* y no al originarse los gametos, como sucede en los animales.

En el siguiente esquema se sintetizan las fases principales del ciclo biológico de los vegetales que obedecen a este proceso reproductor.



Gametofito o tronco sexual.

Esporofito o tronco asexual.

Nuevo gametofito.

Por proceder de la espora que sólo contiene *n* cromosomas: sus células son haploides *(n)*. Al reunirse los gametos se reconstruye, en el huevo, el número diploide *(2n)* característico de las células del esporofito.

La reducción cromática se produce al originarse la espora, que contiene, por consiguiente, *n* cromosomas: sus células son diploides *(2n)*.

Las Fanerógamas también obedecen en su reproducción a este esquema general. Dada la importancia que tienen los órganos de la reproducción y sus funciones para caracterizar los diferentes grupos de plantas, éstos se estudiarán con el detalle debido al tratar de ellos en la parte dedicada a la Botánica descriptiva.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ECOLOGÍA VEGETAL

La planta en sus relaciones con las circunstancias físico-químicas y biológicas del medio.—En la actividad de las plantas en particular, y en el aspecto de la vegetación de un modo más general, influyen innumerables circunstancias de orden físico, químico y biológico; pero entre ellas, dada la peculiar fisiología de los seres del reino vegetal, la humedad, el calor, la luz, la naturaleza del terreno y la acción de los organismos, son los que ejercen más decidida y directa influencia.

a) La humedad.—El agua es un factor indispensable para la vida de absolutamente todos los vegetales. El agua que las raíces toman del terreno, es el vehículo por el que las plantas absorben las sustancias disueltas que en el suelo existen, y que le son indispensables para la vida de su protoplasma y para la elaboración de los productos que sus células fabrican durante la biosíntesis. La mayor parte del agua es devuelta a la atmósfera durante la transpiración; función que, como es sabido, está directamente influenciada por el estado higrométrico del aire. Esto explica la importancia que para los vegetales tiene la humedad del terreno, la humedad del aire y la lluvia que reglamenta y regula una y otra.

La adaptación de los vegetales a medios de condiciones de humedad muy variados y extremados es muy amplia, ofreciendo curiosas y notables disposiciones que han sido estudiadas con sumo interés por los botánicos.

Las plantas adaptadas a un ambiente seco reciben el nombre de *xerófilas*, y las acomodadas a la humedad intensa, *higrófilas*, pudiéndose considerar las plantas acuáticas como la máxima acentuación de este género de vida.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Las plantas higrófilas son de tejidos poco consistentes, delicados y carnosos, ya que sus elementos leñosos sufren una marcada reducción; las hojas adquieren gran desarrollo, siendo muy ricas en estomas; sus órganos vegetativos sufren un progresivo alargamiento a medida que la humedad es más considerable; la humedad del terreno determina una enorme ramificación de las raíces.

Las plantas xerófilas presentan un aspecto totalmente distinto que las anteriores; sus raíces son extraordinariamente largas, ya que buscan el agua en los lugares más profundos del terreno; los tallos están poco desarrollados y son, en general, recios y resistentes por la gran cantidad de tejidos leñosos que poseen. Sus hojas son pequeñas y hasta llegan a faltar, y cuando existen son coriáceas, en virtud del espesor considerable de la epidermis; con frecuencia presentan aguijones y espinas. Cuando faltan las hojas están sustituídas por cladodios, o sea ramas ensanchadas de aspecto foliar como los del brusco o los de la higuera chumba *(figuras 930* y *935)*.

Muchas de estas adaptaciones tienden a disminuir la transpiración y a mantener así el agua en los tejidos de la planta; tal es la disminución de las hojas, que determina, como es consiguiente, una reducción de la superficie de transpiración. Otras veces los estomas se abren en cavidades, surcos o criptas, que dificultan la renovación del aire al nivel de estos elementos *(fig. 875)*, o están protegidos por pelos epidérmicos muy abundantes *(fig. 1.051)* que dan al vegetal un aspecto tomentoso.



Fig. 1.051.—Esquema de los pelos epidérmicos que protegen la superficie de una hoja de *Verbascum thapsiforme* (según Kerner).

Otras veces los vegetales que se adaptan a los climas secos toman un aspecto totalmente distinto del que acabamos de reseñar. El agua se acumula en determinados parajes de la planta, que toman un aspecto carnoso y suculento, como sucede en todas las plantas llamadas crasas.

Las higueras chumbas (de las regiones africanas y del mediodía de nuestro país) y los *Cereus* y otras Cactáceas americanas, así como ciertas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Euforbiáceas de los países tropicales, son buen ejemplo de esta disposición *(figs. 930* a *932)*. Todas estas plantas así conformadas están muy frecuentemente cubiertas de espinas.

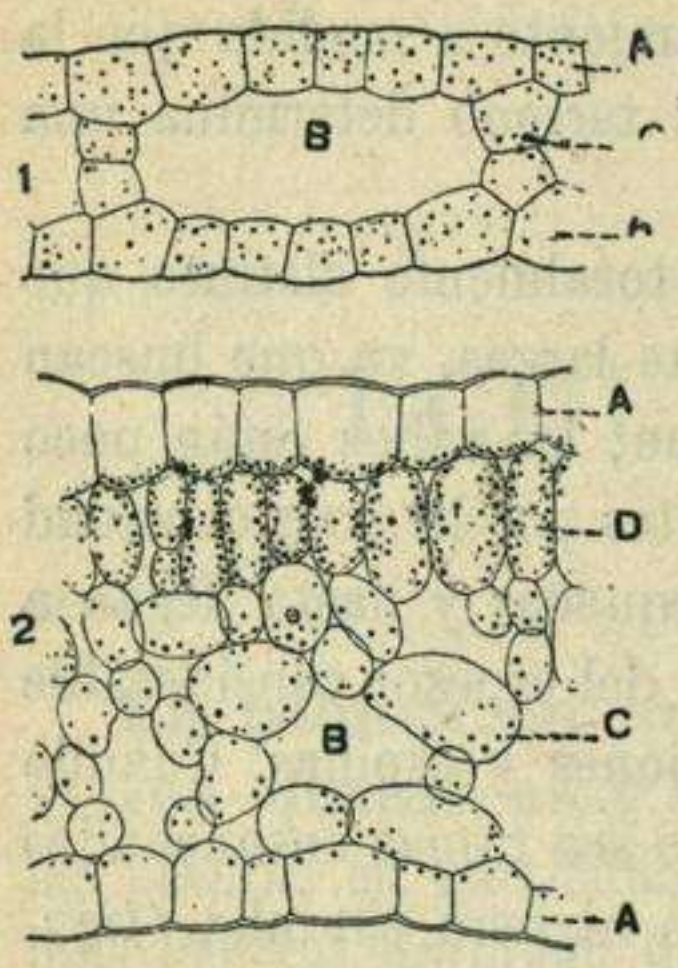


Fig. 1.052.—1, sección transversal del limbo de una hoja sumergida de *Sagittaria*. 2, ídem de una hoja flotante. — A, epidermis; B, lagunas; C, células del parenquima lagunoso; D, ídem del ídem en empalizada (según Constantin).

El agua se acumula en estas plantas crasas en un tejido especial acuífero, en el que se comporta como una sustancia de reserva, con el mismo título que los granos de almidón en el tubérculo de la patata.

Las plantas acuáticas se puede decir de un modo general que llevan al extremo las características de las plantas higrófilas; sus tallos y sus hojas son muy alargados *(fig. 978* y *979)*, y sus tejidos son blandos y con gran número de lagunas que favorecen la flotación *(fig. 1.052)*.

Las plantas acuáticas con hojas flotantes en la superficie, tienen un aspecto especial, ya que éstos toman una forma redondeada, ofreciendo una gran superficie, que dificulta su inmersión *(figs. 905* y *1.053)*.



Fig. 1.053.—Hojas flotantes de *Victoria régia* o maruru. (Fot. comunicada por el profesor brasileño doctor J. Acevedo.)

b) El calor.—La influencia de la temperatura tiene gran importancia en la vida de las plantas. Cada una de ellas despliega su actividad entre dos grados extremos: uno inferior, llamado *cero específico* o mínimum, por debajo del cual la vida no es posible, y uno superior, traspasado el cual la planta perece. Entre estos dos existe una temperatura *óptima*, en la que la actividad vital es más vigorosa. En general, el óptimo está más cerca del máximo que del mínimo, como puede verse en el siguiente cuadro:

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Estas temperaturas son las que Schimper denomina *puntos críticos*, o *temperaturas cardinales* de otros autores.

PUNTOS CRÍTICOS PARA ALGUNOS VEGETALES (DE MASSART)

	Mínimo	Óptimo	Máximo	Según
Sinapis alba	0	27,4	37,2	De Vries
Lepidium sativum.	1,8	27,4	37,2	»
Hordeum vulgare.	5	28,7	37,7	Sachs
Triticum vulgare.	5	28,7	42,5	»
Zea mays	9,5	33,7	46,2	»
Cucurbita pepo	13,7	33,7	46,2	»

Las plantas de los climas templados se adaptan a los fríos invernales mediante un período en el que la vida se atenúa, y el vegetal todo queda en estado de vida latente. Esta es una de las ventajas que experimentan las plantas de estas latitudes con la caída de la hoja.

En el momento que en la primavera la planta recobra su plena actividad, su resistencia a los cambios bruscos de temperatura disminuye y los peligros a que está sometida, cuando esto acontece, son considerables. De todos son conocidos los daños irreparables que a veces producen las heladas tardías del comienzo de la primavera.

El estado de vida latente que soportan las plantas de las zonas templadas durante el invierno tiene grandes relaciones con el letargo de muchos animales invernantes. Unos y otros se defienden del medio desfavorable disminuyendo la actividad de sus funciones vitales.

Aparte de estos puntos críticos generales, las diversas funciones tienen los suyos propios.

En general, especialmente en las plantas de nuestras latitudes, las raíces crecen a una temperatura más baja que las hojas y las flores. La floración exige un óptimo más elevado que la producción de las hojas.

En este hecho se basan los procedimientos que emplean los floricultores para obtener flores de ciertas plantas bulbosas, como los tulipanes o los jacintos, durante el invierno. Una temperatura baja es suficiente para la producción de raíces, una más elevada es necesaria para la producción de hojas, y, por último, en el momento de la floración, es me-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nester someterlas a temperaturas mucho más elevadas, cosa que logran en invernaderos especiales.

A este fenómeno se debe el hecho de que muchas plantas exóticas puedan mantenerse en nuestros jardines sin que lleguen a florecer o fructificar, como sucede, por ejemplo, con las palmeras.

c) La luz.—La influencia de la luz es muy diferente de unos a otros vegetales, y así, mientras que los que tienen clorofila en sus tejidos están en directa dependencia de este agente, los que carecen de este pigmento pueden vivir en medios completamente oscuros. En las cavernas existe una flora relativamente variada de hongos del tipo de los mohos, que viven a expensas de las materias orgánicas que en tan apartados parajes puedan existir. Un género de vida análoga gozan las bacterias de los fondos oceánicos o las que viven en el interior de la economía de otros seres que parasitizan.

Las plantas verdes no requieren todas igual cantidad de luz, pues aparte de aquellas que vegetan a pleno sol, existen otras, como los helechos, que viven en los bosques frondosos o en aquellos parajes, como las entradas de las grutas, donde la luz es escasa.

A esta causa se debe también el que en las montañas no exista la misma vegetación en la vertiente sur que en la norte. Los términos de *solana* y *umbría* responden también a los aspectos distintos que la vegetación adquiere en una y en otra.



Fig. 1.054.



Fig. 1.055.

Planta de tabaco *(Nicotiana tabacum)* **cultivada a la luz** *(fig. 1.054)* **y en la oscuridad** *(fig. 1.055)* **(s. Errera y Laurent).**

Los trabajos de los fisiólogos han demostrado que no todas las funciones necesitan igual cantidad de luz. El crecimiento de los tallos y de las hojas es retardado por la acción de la luz *(figs. 1.054* y *1.055)*. Las plantas que crecen en lugares iluminados son más bajas, pero en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cambio son más robustas y de un color verde intenso. La floración necesita generalmente una mayor iluminación; por esto muchas de las plantas de lugares umbríos no florecen por falta de luz.

La estructura de las hojas no es la misma según que estos órganos crezcan a la sombra o a plena luz. En luz difusa es escaso el número de células asimiladoras provistas de cloroplastos, en tanto que a plena luz la hoja adquiere un color verde intenso a consecuencia de la multiplicación de estos elementos, siendo esta la causa de su mayor desarrollo *(figuras 1.056 y 1.057)*.

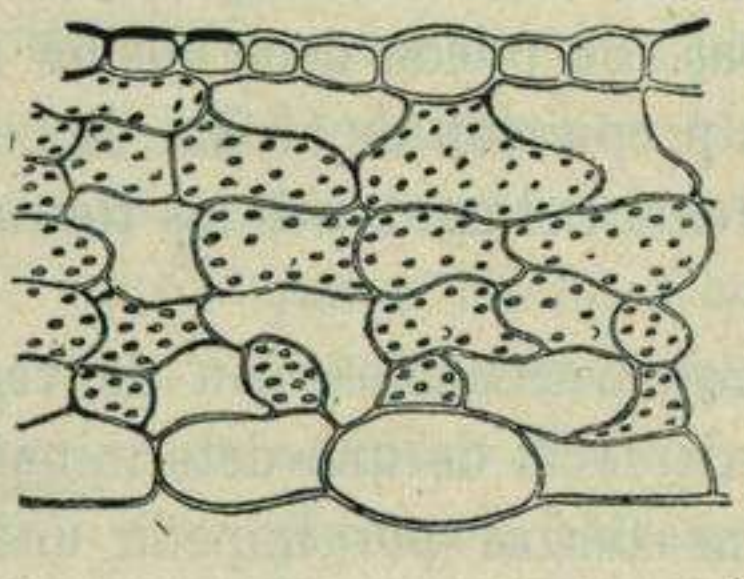


Fig. 1.056.—Hoja de *Pteris aquilina* cultivada en la oscuridad.

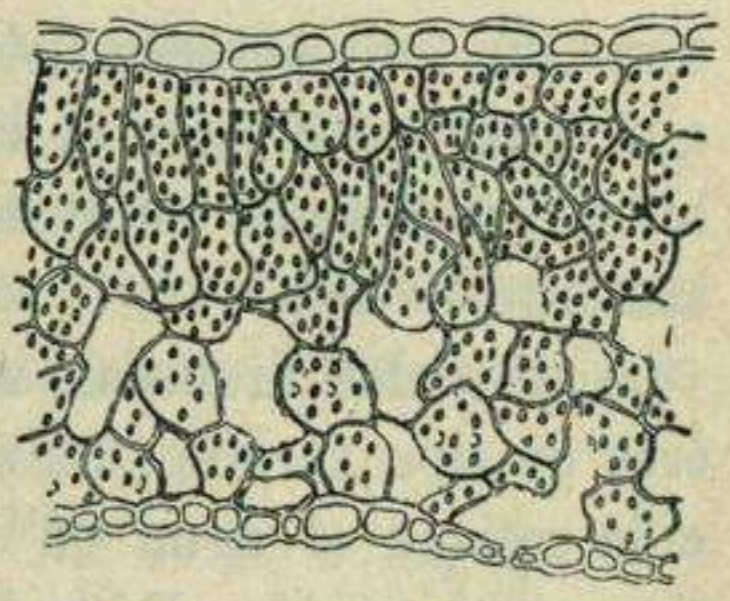


Fig. 1.057. — La misma, cultivada a la luz.

(Imit. Mme. Schouteden-Wery).

En las plantas acuáticas las hojas sumergidas están en condiciones muy especiales con respecto a su iluminación, y por consecuencia a su poder asimilador. La luz que ellas reciben es escasa, ya que debe atravesar una capa más o menos espesa de agua. Por esta razón, tal vez más que por las condiciones del medio acuático, las hojas son delgadas y hasta filiformes y ramificadas *(fig. 979)*, presentando así una mayor superficie a fin de utilizar mejor la luz. A esto se debe también que hasta sus células epidérmicas presenten cloroplastos *(figs. 1.058 y 1.059)*.

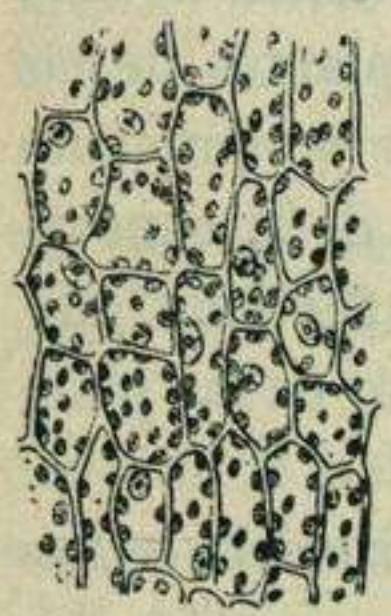


Fig. 1.058.

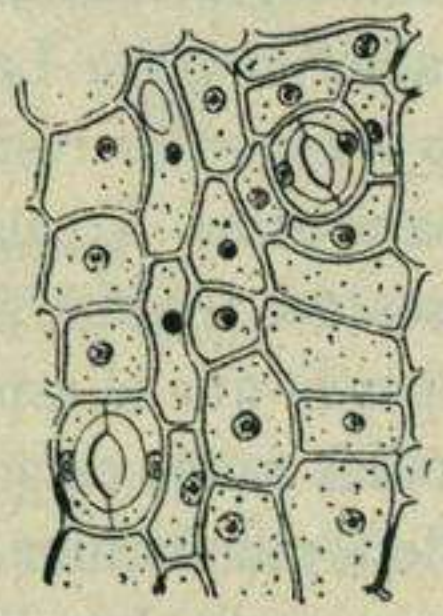


Fig. 1.059.

Epidermis de una hoja de *Stratioles aloides* en su parte sumergida (1.058) y aérea (1.059), la primera con cloroplasmitos. (Según Constantin).

d) La naturaleza del suelo.—Los vegetales, dada su peculiar fisiología, están muy directamente influenciados por las propiedades del suelo en el que sus raíces arraigan y del que toman su alimento.

Es tal la importancia que se ha concedido al estudio de la planta en sus relaciones con el suelo, que hoy constituye por sí solo una impor-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tantísima disciplina, casi una ciencia independiente, a la que se le ha dado el nombre de Pedología.

Dos circunstancias del suelo influyen en la actividad de las plantas: su *constitución física* y su *composición química*.

El diámetro de los elementos del suelo, su tamaño, en una palabra, es la circunstancia de la que más directamente dependen sus propiedades físicas.

La cantidad de arcilla es tal vez el factor que más directamente determina sus propiedades físicas. Se puede decir de un modo esquemático que éstas son función de la proporción de arcilla; la cohesión, la permeabilidad y el poder de absorción del agua por las tierras, dependen directamente de ella.

Los suelos arenosos, muy permeables, son de vegetación escasa, y ésta de tipo xerófilo. La existencia de una determinada cantidad de arcilla retiene el agua en las tierras por impedir una infiltración excesivamente rápida. En estos terrenos las plantas corresponden al tipo higrófilo.

La naturaleza geológica o mineralógica del terreno, y por tanto su composición química, tiene una importancia considerable en la vegetación. Basta muchas veces observar el aspecto de la vegetación para determinar los límites de dos terrenos geológicos.

La presencia de la sal en el terreno da lugar a unas plantas de una especial fisonomía que se han denominado *halofitas*. Las plantas de las zonas litorales están en este caso, siendo capaces de resistir proporciones de cloruro de sodio que serían fatales para otras. A causa de la concentración osmótica de las soluciones acuosas del terreno se hace muy difícil la absorción del agua por sus raíces, por lo que el aspecto de las plantas halofitas coincide con el de las xerófilas antes reseñadas.

Los terrenos calizos y los silíceos determinan una verdadera selección de las plantas que viven en unos y en otros. Las floras son diferentes, existiendo innumerables plantas calcícolas y silicícolas a veces de especies muy próximas pertenecientes a los mismos géneros.

Muchas especies vegetan con extraordinario vigor en los suelos ricos en nitratos, como le sucede a las Urticáceas y a las Quenopodiáceas de nuestro país. Las plantas desprovistas de clorofila buscan especialmente los terrenos ricos en sustancias orgánicas.

Con respecto a las influencias del suelo, es de notar que muchas plan-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tas tienen en sus tejidos vivos elementos que abundan en determinados suelos y que habitualmente faltan (véase el cuadro de la pág. 499).

e) Los ORGANISMOS.—Las plantas en la naturaleza tienen que sortear mil peligros, que provienen de la existencia de otras especies biológicas animales o vegetales, que vencen recurriendo a los más variados artificios.

Algunas plantas se defienden del ataque de los herbívoros vegetando en aquellos lugares donde estos animales no pueden llegar. En este caso están las plantas epifitas o las que viven en parajes inaccesibles. Algunos botánicos han hecho notar que estas plantas carecen generalmente de espinas y aguijones. En los *Cactus*, que tienen una gran cantidad de espinas, faltan éstas cuando se adaptan a vivir sobre plantas arbóreas *(Phyllocatus* y *Epiphyllum) (fig. 929)*.



Fig. 1.060.—La ortiga muerta *(Lámium purpéreum)* se parece a las verdaderas ortigas y convive con éstas.

Nada hay que decir de las espinas y aguijones con que rechazan pasivamente el asalto de infinidad de enemigos, o de los venenos que ponen coto a la voracidad de los herbívoros, o del mimetismo de ciertas especies como el de la ortiga muerta *(Lamiun)* que toma el aspecto de ortiga verdadera *(fig. 1.060)*.



Fig. 1.061.—Las hormigas y otros Himenópteros son atraídos por los jugos azucarados de los nectarios de algunas plantas: la figura representa un abejorro *(Bombus)* visitando el nectario de la base de una hoja de arveja *(Vicia sativa* (según Belzung).

Las especies *mirmecófilas* atraen a las hormigas mediante nectarios o particulares alojamientos especialmente buscados por estos insectos: del mismo modo algunas otras plantas atraen a los abejorros y otros himenópteros que gustan de sus jugos azucarados *(fig. 1.061)*. La defensa que encuentran estos vegetales en tan curiosa asociación se debe a que muchos herbívoros del grupo de los mamíferos rehuyen el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

comer estas plantas en que viven las hormigas, a causa tal vez de las especiales secreciones de estos insectos.

Los vegetales luchan también entre sí de maneras harto curiosas y poco estudiadas. Parece ser que algunos segregan sustancias tóxicas que determinan su crecimiento precario y aun la muerte de sus enemigos. Así la tierra de brezo, tan buscada para el cultivo de muchas especies de adorno, contiene indudablemente sustancias que producen un escaso desarrollo de otras, como el trigo o el lino, por ejemplo *(fig. 1.062)*.

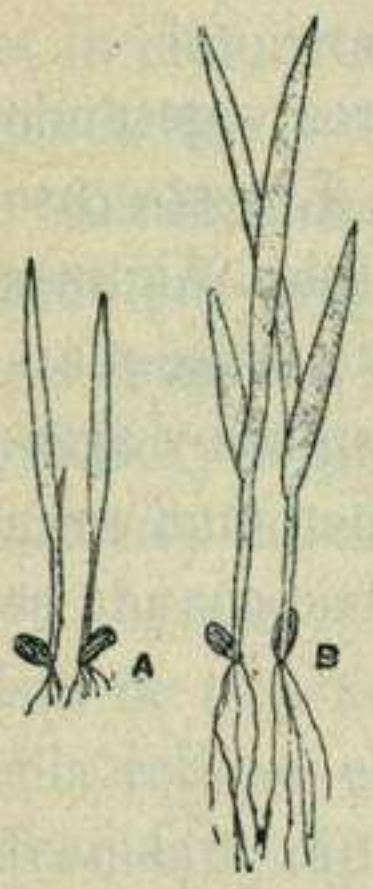


Fig. 1.062. — Plantita de trigo; A, cultivada en agua que contenía en disolución todas las sustancias de la tierra de brezo; B, en la misma disolución privada de las sustancias tóxicas por medio del negro animal (según Schreiner y Reed).

La cuestión de la fertilidad de las tierras, que tanto preocupa a los fisiólogos, adquiere nuevos horizontes al tenerse en cuenta los factores biológicos. La microbiología del suelo, la toxicidad de las secreciones de muchas plantas, el equilibrio biológico entre las diferentes especies, etc., etc., son factores que directamente influyen en este problema.

Simbiosis y parasitismo.—1.° SIMBIOSIS.

a) Líquenes.—Entre los tipos de simbiosis vegetal tenemos que señalar el ejemplo clásico de los Líquenes. La simbiosis es aquí tan perfecta, los dos organismos que se asocian están tan compenetrados, que los distintos líquenes toman un aspecto propio perfectamente definido, hasta el punto que se establecen especies tan claramente señaladas como las de los restantes vegetales.



Fig. 1.063. — Corte transversal de un Liquen.

Los Líquenes son el resultado de la asociación de un hongo entre cuyos filamentos micelianos entrecruzados o *hifas* aparecen aprisionadas unas algas verdes llamadas *gonidios (figura 1.063)*. El aparato reproductor, representado por unas especies de copas llamadas *apotecios (figura 1.064)*, corresponde simplemente al de uno de los asociados: al hongo. Las



Fig. 1.064. — Un Liquen *(Parmelia)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

esporas de este vegetal germinan, pero, al poco tiempo de comenzar su desarrollo, éste queda detenido de no encontrar sus filamentos el alga con la que de ordinario están asociados.

En algunos casos, los líquenes se propagan por elementos especiales denominados *soredios*, que no son otra cosa que masas de forma diversa, en las que entran algunas hifas y un cierto número de gonidios; es decir, los dos elementos componentes del liquen.

En esta asociación, los hongos son los que están más supeditados a este régimen, ya que en ellos no se desarrollan aisladamente, a menos que se les coloque en adecuados medios de cultivo, mientras que las algas viven perfectamente en completa independencia.

La doble constitución de los líquenes fué precisada por Schwendener y Bosuet, apoyando esta interpretación los trabajos de Bonnier, que parece haber logrado la síntesis de estos vegetales a partir de cultivos puros de algas y de hongos.

Aunque actualmente están conformes todos los autores en lo que respecta a la dualidad de estos vegetales, no todos sustentan las mismas ideas en lo que respecta a las mutuas relaciones de los dos seres que contribuyen a la formación de estas curiosas asociaciones.

La unión constante de los asociados para dar lugar a un organismo perfectamente diferenciado morfológica y funcionalmente, y su vida precaria de un modo aislado, abona la creencia de que se trata de una simbiosis.

Pero no deja de haber botánicos que piensan que en esta unión existen ventajas en favor de uno de los asociados. Tres hipótesis se debaten en este terreno: la de los que piensan que el hongo es parásito del alga; la de los que afirman lo contrario, y la más generalizada, que incluye a los líquenes en el tipo de la verdadera simbiosis.

El primer punto de vista tiene en su apoyo el hecho de que el hongo no puede vivir sin el alga, a causa de que su falta de clorofila le obliga a tomar como alimento las sustancias elaboradas por su supuesta víctima. La teoría contraria tiene escasos defensores y se apoya en hechos aislados observados por algunos botánicos.

Entre los que consideran a los líquenes como una simbiosis, existen también diferentes criterios. Para unos, como Reinke, las relaciones en que están el alga y el hongo son las mismas que las hojas y las raíces de una planta verde. El alga realiza la elaboración de las sustancias hidrocar-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

bonadas y toma del hongo las sustancias nitrogenadas con las que fabrica los albuminoides, tomando como punto de partida para esta síntesis los hidratos de carbono. El alga toma, además, del hongo el agua y las sustancias minerales.

Los modernos estudios demuestran la complejidad de esta asociación y que las relaciones entre las algas y los hongos deben de ser en extremo variadas. Los líquenes son realmente el resultado de una mutua adaptación del alga y del hongo, realizada desde larga fecha, lo cual ha acarreado una modificación de la actividad primitiva de ambos seres.

b) Las nudosidades radiculares de las leguminosas.—Ya se ha visto en lugar oportuno (pág. 516) la significación de la asociación de los microorganismos y las Leguminosas, las cuales producen la asimilación del nitrógeno atmosférico.

La presencia de estas bacterias es la que determina la formación de las nudosidades en las raíces *(fig. 1.015)*.

Se pueden demostrar estas afirmaciones triturando las nudosidades de una raíz, tomando con la punta de una aguja una pequeña cantidad de la masa resultante y pinchando en varios sitios de la raíz de una planta recién germinada de la misma especie que la triturada que aun no tenga nudosidades: si esta planta se coloca en arena esterilizada por calcinación y se riega con *una disolución mineral desprovista de todo alimento nitrogenado*, sea mineral u orgánico, se verá que la planta forma nudosidades y se desarrolla perfectamente. En cambio, si se coloca en las mismas condiciones una planta recién germinada, pero sin inocular, vive lánguidamente y termina por morir, viéndose entonces que no formó nudosidades. Lo que prueba que las bacterias forman las nudosidades y suministran a la planta el nitrógeno libre de la atmósfera a cambio de los hidratos de carbono y de la humedad que necesitan para su vida.



Fig. 1.065.— Bacteroides del guisante.

Entre las especies de bacterias que viven en simbiosis con las Leguminosas están el *Rhizobium leguminosarum*, el *Bacterium radicicola (fig. 1.065)* y otras muchas especies, cada una de las cuales vive en determinados países y siempre sobre las mismas plantas, pues se ha observado que las semillas de algunas plantas asiáticas germinadas en Europa no forman nudosidades espontáneamente, ni tampoco aunque se les inocule as de las

Instituto San Isidro de Madrid 2008

especies europeas, formándolas, en cambio, cuando se inoculan las de la misma especie.

c) Las *micorrizas* son unos hongos que viven en asociación con las raíces de diversas plantas herbáceas o arbóreas. Dichos hongos pueden encontrarse por fuera de las raíces, formando una capa: éstas son las denominadas por Franck *micorrizas ectotrofas*. Otras veces viven *en el interior* de las células de la raíz: a éstas se las llama *micorrizas endotrofas*.

El papel de las micorrizas es poco conocido, aunque algunos árboles vegetan más vigorosos asociados a estos hongos que en ausencia de ellos. La misión del hongo parece complementar la de los pelos absorbentes radiculares. La gran longitud de los filamentos de las micorrizas permite a la planta tomar su alimento a grandes distancias *(fig. 1.066)*. El hongo

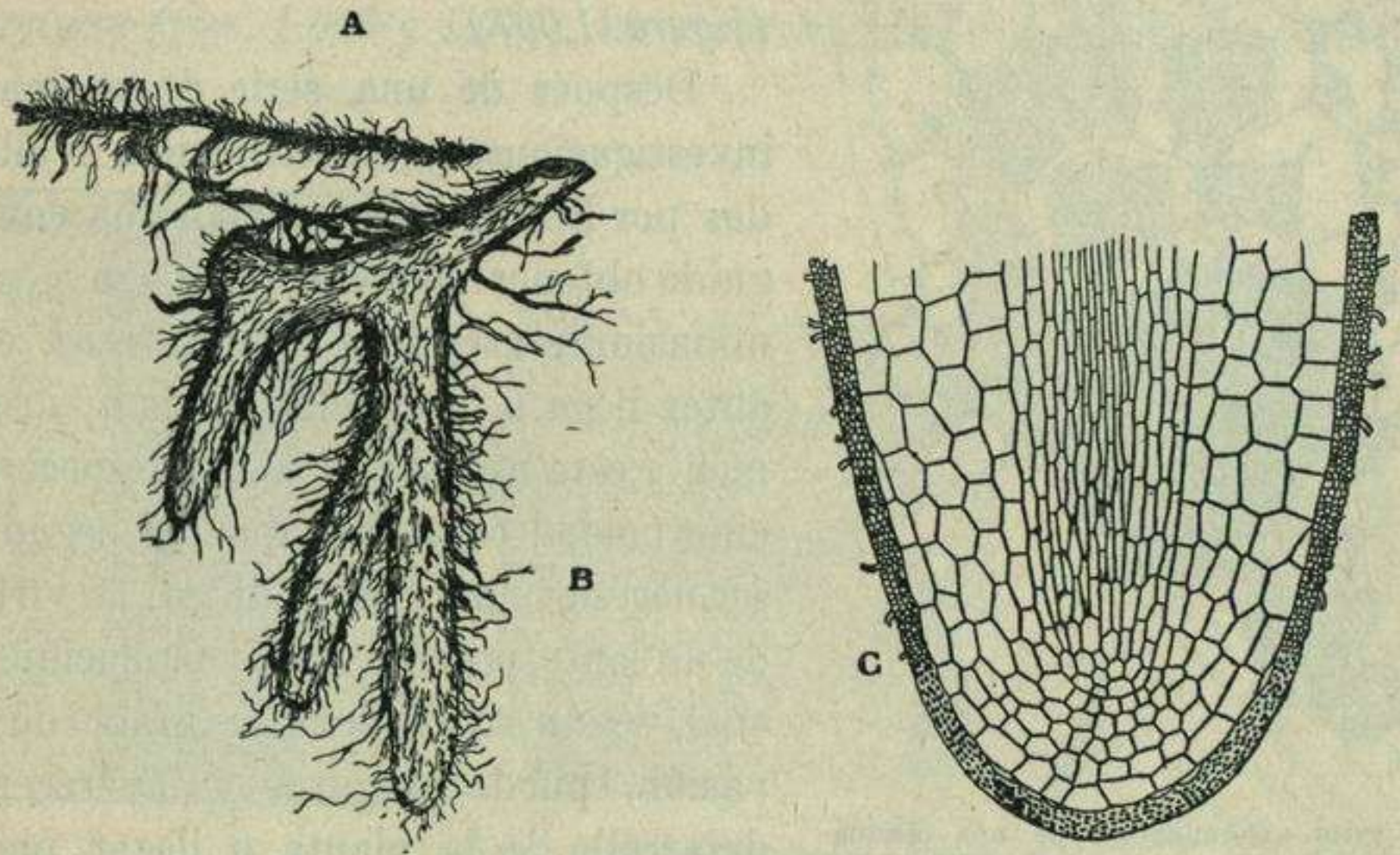


Fig. 1.066.—A y B son raíces de haya *(Fagus)* recubiertas de filamentos de micorrizas; los filamentos de las tres raíces de B se reúnen en cordones, que en la figura se dirigen hacia la raíz A.—C, corte longitudinal, aumentado, del extremo de una de las raíces B, con su superficie recubierta por un falso parenquima, debido a las micorrizas. (Según Franck y Tschirch).

presta a la planta verde los productos minerales del suelo y los alimentos orgánicos que toma de las materias del humus; es a veces este fenómeno tan intenso, es tal la cantidad de materias orgánicas que la planta toma, que ésta vive de un modo saprofítico por intermedio de su asociado, llegando en ocasiones hasta a perder sus hojas o a que éstas tengan escaso desarrollo. La planta verde cedería a los hongos los hidratos de carbono fabricados en sus hojas, del mismo modo que lo hace a sus tejidos incoloros.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Las relaciones que tienen las micorrizas endotrofas con sus asociados son menos conocidas; para algunos fisiólogos contribuirían a la nutrición de a planta, interviniendo en la digestión de determinados productos alimenticios.

Las micorrizas de las orquídeas han sido objeto de múltiples y pacientes investigaciones. Se llegó a creer que era imprescindible la presencia del hongo en la germinación de estos vegetales.

Bernard observó que la germinación de las Orquidáceas, que es muy difícil en un terreno estéril, se hace con gran facilidad en un suelo infectado por los hongos simbióticos. Éstos invaden la plántula al nivel del suspensor, siendo éste un fenómeno casi esencial en la germinación de estas plantas *(figura 1.067)*.

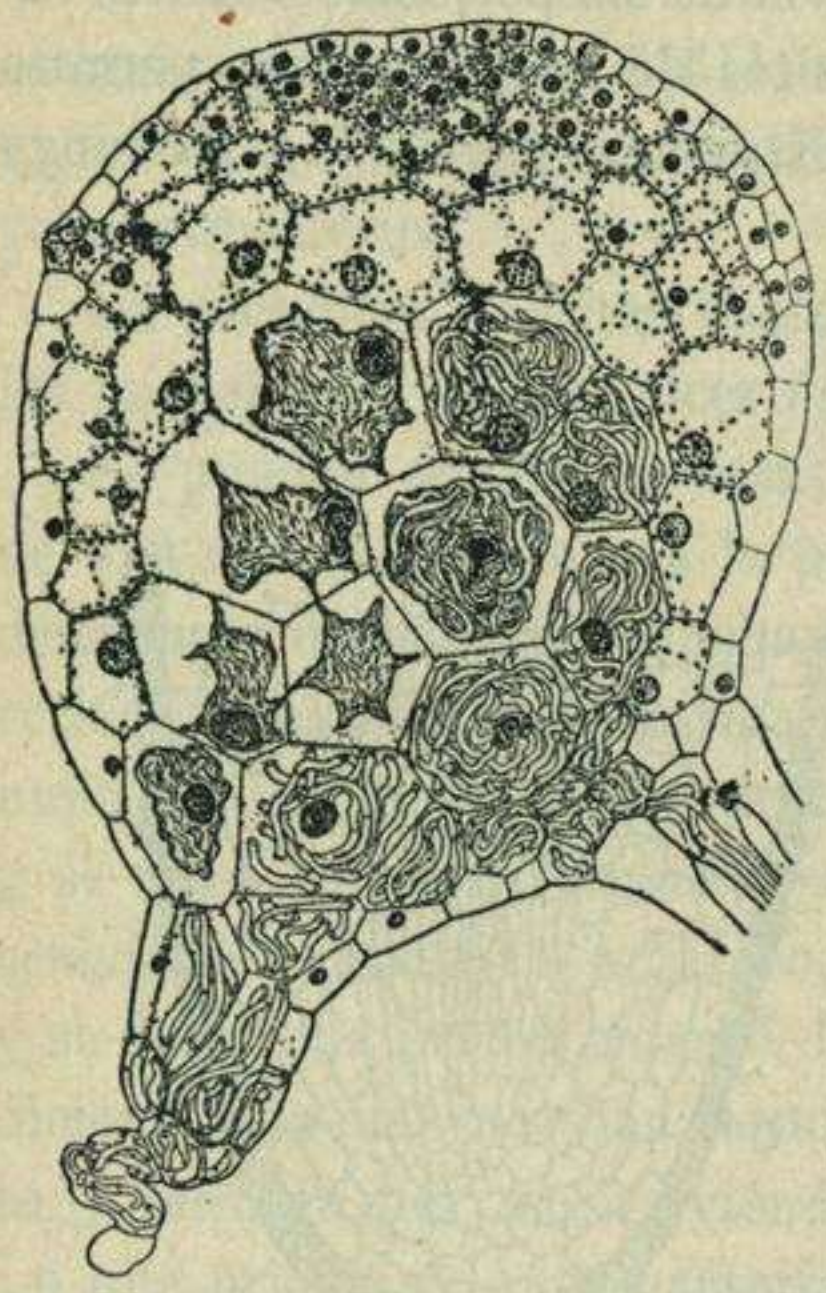


Fig. 1.046.—Germinación de una semilla de *Odontoglossum* y penetración del hongo simbiótico *Rhizoctonia lanuginosa* (según Bernard).

Después de una serie de pacientes investigaciones y experimentos realizados por Bernard, en los cuales ha conseguido obtener cultivos del hongo y germinaciones asépticas de orquídeas, este autor llega a la conclusión de que realmente esta asociación es una especie de enfermedad constante que ha llegado a ser necesaria para la orquídea, en virtud de un lento proceso de acomodación, lo cual, según su virulencia y grado de invasión, puede asegurar y favorecer el desarrollo de la planta o llegar, por el contrario, a detenerle y aun a matar a su asociado.

d) Simbiosis de vegetales con animales.—Ya hemos visto al tratar de este asunto en la parte de Zoología cómo ciertas algas llamadas zooclorelas y zooxantelas viven con invertebrados de distintos grupos (pág. 208).

2.° Parasitismo.—El grupo de las bacterias comprende infinidad de especies parásitas. La mayor parte de las enfermedades infecciosas son debidas a estos microscópicos vegetales. El estudio de estos agentes patógenos, sus efectos sobre los organismos, las reacciones de éstos y los medios de defensa contra sus invasiones, han sido objeto de innumerables

Instituto San Isidro de Madrid 2008

investigaciones. La Bacteriología constituye una ciencia independiente de enorme importancia.

Los hongos, que como las bacterias carecen de clorofila, viven parásitos, o de un modo saprofítico sobre el hunus y otras materias orgánicas.

En el grupo de hongos parásitos están los agentes de innumerables enfermedades que atacan a las plantas; la roya de los cereales, el tizón del trigo y del maíz, el mildew y el oidium de la vid, son producidos por diversas especies de hongos.

En el hombre y en los animales domésticos se conocen muchas afecciones producidas por estos seres. Aparte de los hongos productores de la tiña *(Trichophyton* y otros géneros afines) *(fig. 1.068)*, de día en día se da mayor importancia a estos seres como agentes patógenos. Las *actinomicosis*, provocadas por las especies del género *Actinomyces* o *Discomyces (figs. 1.069* y *1.070)*, las *esporotricosis*, por el *Sporotrichum Beur-*

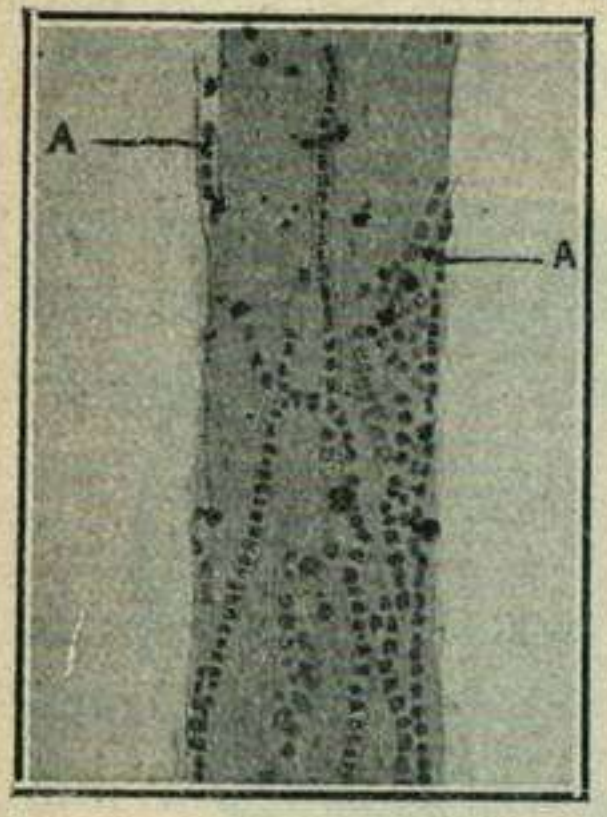


Fig. 1.068.—A, micelio de un *Trichophytun* invadiendo un pelo humano (s. Sabouraud).

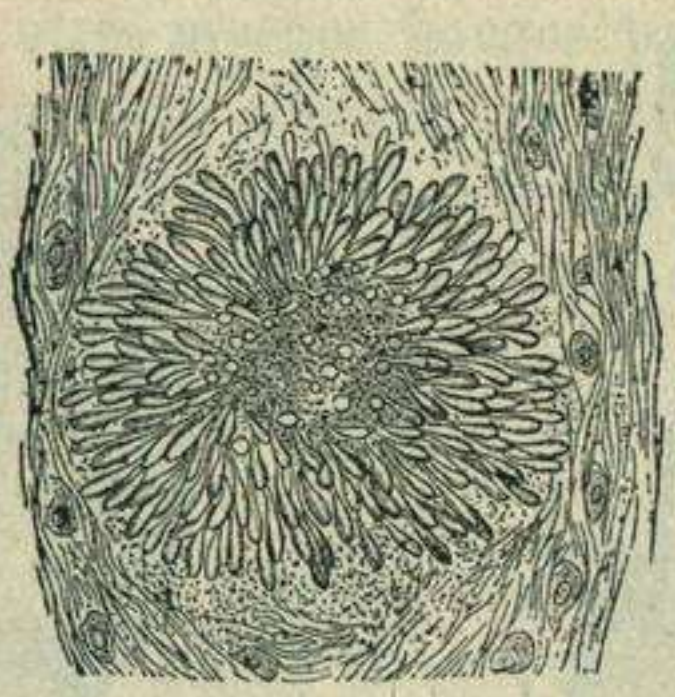


Fig. 1.069.—*Actinomyces (Discomyces) bovis*, principal agente productor de las Actinomicosis humanas (según Blanchard).



Fig. 1.070. — Actinomicosis de maxilar inferior (s Blanchard).

manni, y las *aspergilosis*, por el *Aspergillus fumigatus*, son afecciones de este tipo *(figs. 1.071 y 1.072)*. Entre ellos son de enorme interés las actinomicosis pulmonares y la aspergilosis del pulmón, que toman el aspecto de la tuberculosis, por lo que se les ha dado también el nombre de seudotuberculosis *(figs. 1.073 y 1.074)*. Las observaciones recientes de Ciferri parecen demostrar que en los tubérculos pulmonares, aparte del bacilo de Koch, existen otros elementos que pueden asimilarse a ciertos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

hongos y que indudablemente desempeñan un papel importante en la infección tuberculosa.

En los hongos parásitos se observan fenómenos biológicos de adaptación análogos a los que se han señalado en los animales. En ellos pueden

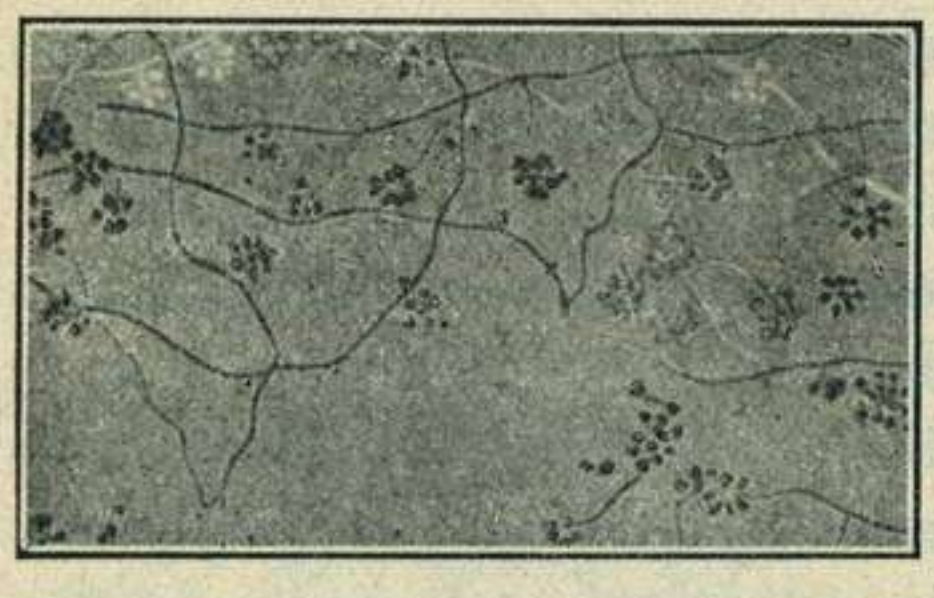


Fig. 1.071.—Filamentos del micelio y aparatos esporíferos del *Sporotrichum Beurmanni*, hongo productor de la esporotricosis (según Monier Vinard).

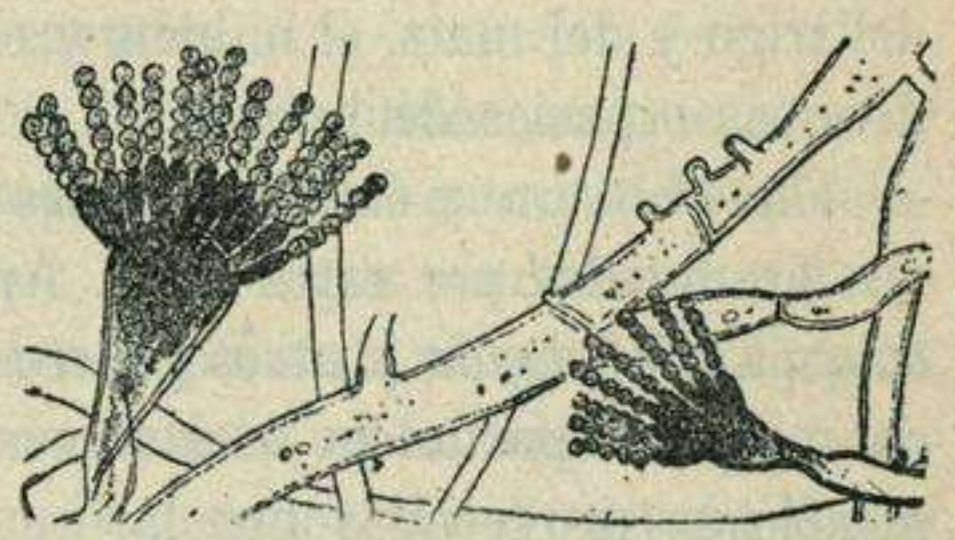


Fig. 1.072.—Micelio y aparatos esporíferos del *Aspergillus fumigatus*, hongo productor de la aspergilosis (según Langeron)



Fig. 1.073.—Aspecto de un enfermo de atinomicosis pleuro-pulmonar (según Israel).

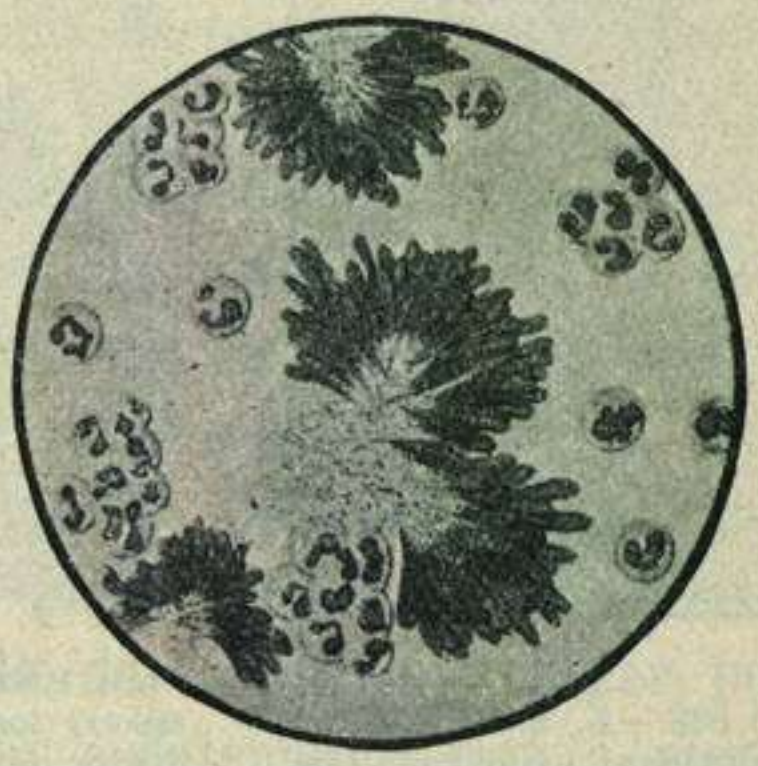


Fig. 1.004.—Aspecto al microscopio de un esputo de actinomicosis pulmonar (según Jakob).

observarse emigraciones a través de uno o más huéspedes; la roya del trigo, por ejemplo, pasa antes por una fase sobre las hojas del agracejo *(figs. 1.075 y 1.076)*.

También existen en estos seres adaptaciones reproductoras semejantes a las que se señalan en los animales. Así en la roya de los cereales existen varias clases de esporas: unas *(ecidiosporas* y *ecidiolisporas)*, que viven

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sobre el agracejo *(fig. 1.076)* y que transmiten la enfermedad al trigo y la propagan a otras plantas de agracejo; y otras *(uredosporas* y *teleutosporas)* que se forman en el trigo *(fig. 1.075)*; las uredosporas *(fig. 1.077, A)* amplían el campo de acción de la enfermedad transmitiéndola a otros pies de trigo, y las teleutosporas (*) *(fig. 1.077, B)* caen en el suelo, en donde germinan y dan lugar a unos corpúsculos llamados *esporidios* (**) que sólo se desarrollan sobre las hojas de agracejo, completando así el ciclo biológico de este hongo *(fig. 1.077)*. Estos complicados fenómenos reproductores determinan que el número de gérmenes sea considerable, y de este modo, aunque muchos perezcan, siempre hay posibilidad de que algunos sobrevivan y propaguen la especie. En estos últimos tiempos se ha visto que, en éstos y en otros muchos hongos parásitos, existen fenómenos de reproducción sexual que alternan con otros de reproducción asexual o ágama, del mismo modo que se observan en los parásitos animales, como en la duela del hígado y en otros.



Fig. 1.075. — Hoja de trigo atacada de roya *(Puccínia gráminis)*.



Fig. 1.076. — Hoja de agracejo atacada de *Puccínia gráminis*.

Aunque dentro de las algas se conocen algunos casos de parasitismo, se pueden conceptuar como excepcionales.

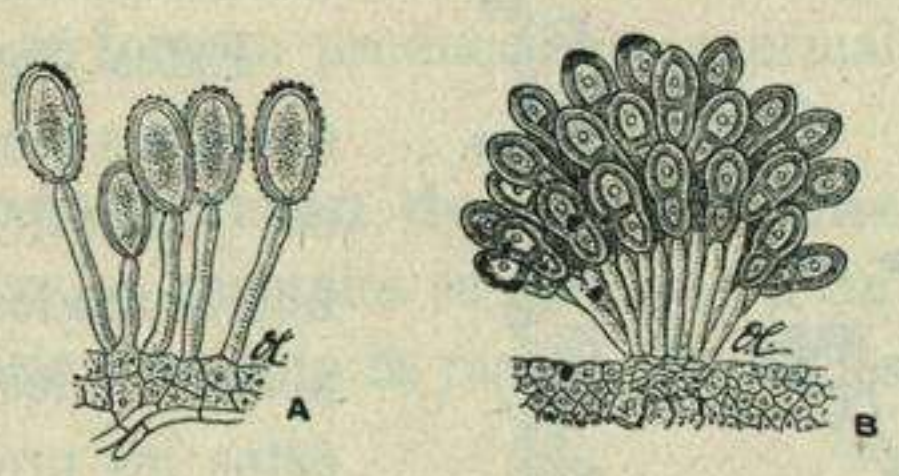


Fig. 1.077.—Roya del trigo.—A, uredosporas; B, teleutosporas; C, teleutospora que ha germinado y originado los esporidios.

Entre las plantas superiores también existen algunas plantas parásitas, que aun sin tener la importancia económica de los hongos, ofrecen fenómenos biológicos de alto interés.

Algunas de estas plantas no ofrecen un parasitismo muy intenso, por lo que aun conservan sus partes verdes que les permiten fabricar

(*) Las teleutosporas son equivalentes a los basidios de las setas, diferenciándose de ellos en que para su desarrolo ulterior se desprenden del cuerpo del hongo. (**) Equivalentes a las basidiosporas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

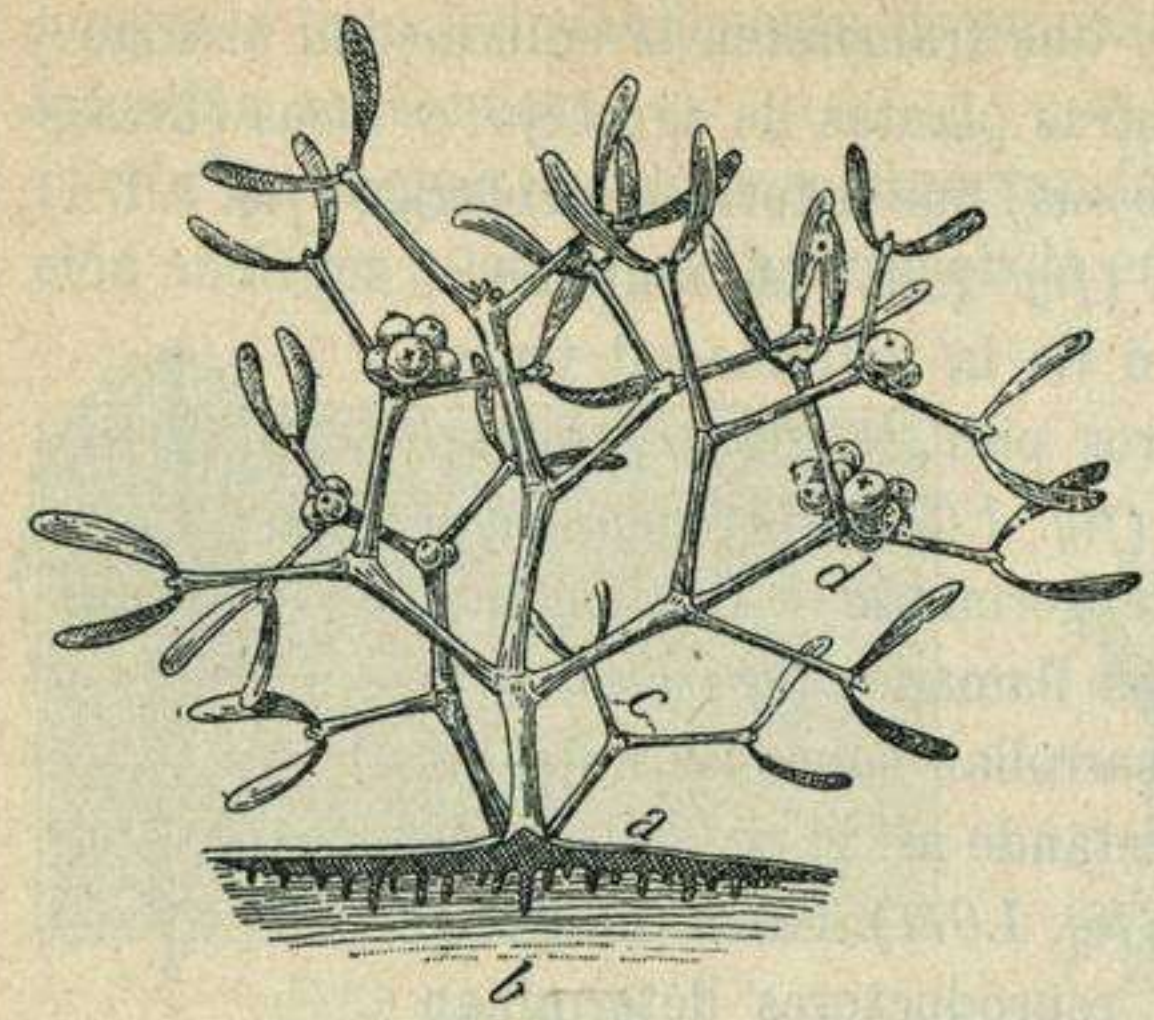


Fig. 1.078 (de Belzung).



Fig. 1.079 (de Lázaro).

Muérdago *(Viscum album)* **(1.078) y cresta de gallo** *(Rhinanthus major)* **(1.079) como ejemplos de plantas semiparásitas.**

por sí mismas las sustancias carbonadas. Por esto reciben el nombre de *hemiparásitas* o *semiparásitas*, ya que su vida es en cierto modo independiente de su huésped. En este caso están el muérdago *(Viscum album) (fig. 1.078)* y el *Rhinanthus (fig. 1.079)*, tan frecuente en nuestros prados.

Estos vegetales extienden sus raíces sobre sus víctimas e introducen en ellas sus tejidos, dando lugar a unos órganos llamados *chupadores*, con los que absorben los productos nutritivos que éstos les proporcionan (*fig. 1.078).*

La presencia de hojas verdes les permite a estos vegeta'es vivir aislados, y así el muérdago, que por sus hábitos arborícolas parece más influenciado por este género de vida, puede mantenerse, en condiciones especiales, aislado en apropiados cultivos.



Fig. 1.080.—*Orobanche minor*, parásito sobre el trébol (según Errera y Laurent).

En otras plantas el parasitismo se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ofrece con mayor intensidad, dependiendo su nutrición y su vida en absoluto de su huésped. En las que esto sucede la clorofila falta y las hojas están representadas, a lo sumo, por escamas no verdes.

En nuestro país las plantas de este tipo que son más frecuentes son el jopo, cirineo o florón *(Orobanche) (fig. 1.080)* y los cabellos de Venus *(Cuscuta) (figs. 1.081* y *1.082).*



Fig. 1.081.—*Cuscuta* enrollada a un tallo de lúpulo *(Humulus)* (según Kerner).

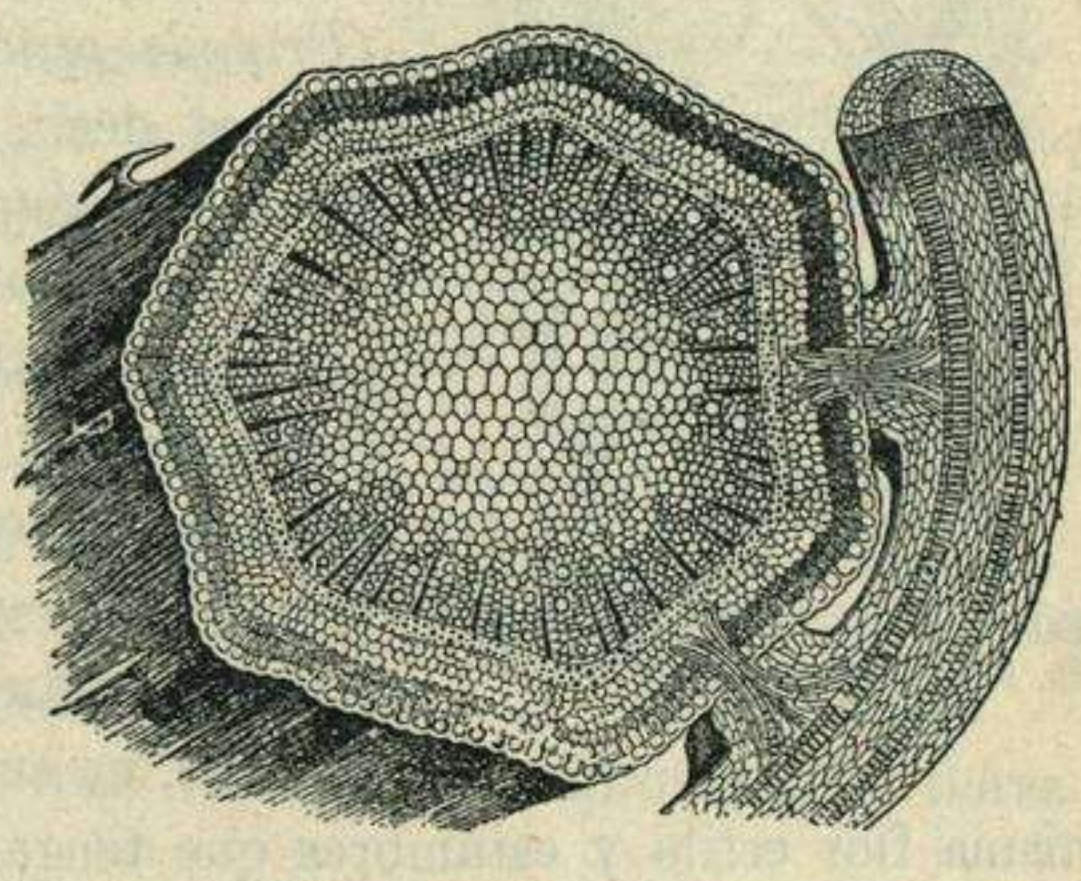


Fig. 1.082.—Corte transversal de un tallo de lúpulo en el que se introducen dos raíces-chupadores de *Cuscuta* (según Kerner).

La reacción de los tejidos de las plantas ante la acción de los parásitos vegetales, no parece ser tan intensa como ante el ataque de los animales. En pocas ocasiones se forman producciones anormales comparables a las agallas.

Ecología de la reproducción de las plantas.—Son muchas las disposiciones que en los vegetales se observan a fin de asegurar la supervivencia de la especie mediante la realización de los actos esenciales de la reproducción.

En la *polinización* de las Fanerógamas (véase más adelante, pág. 626) y en la *diseminación de los frutos* (véase más adelante, pág. 631), se han señalado infinidad de hechos curiosos, que tienden a la realización de estos importantísimos actos mediante los más extraños mecanismos.

Por lo que a la primera se refiere, aun cuando a primera vista pudiera creerse que la polinización directa es la más frecuente, no ocurre así, sin embargo, debido a varias razones. Desde luego se comprende que la indirecta es la única que puede realizarse en las flores *unisexuales*; pero

Instituto San Isidro de Madrid 2008

aun en las mismas flores *hermafroditas* tiene que verificarse muchas veces porque casi nunca maduran al mismo tiempo los estambres que los pistilos; por esta circunstancia dichas plantas reciben el nombre de *dicógamas* (gr. *dikha*, doblemente; *gamos*, boda), y pueden ser *protándricas* o *protogínicas* (gr. *protos*, primero), según maduren antes los estambres o los pistilos. Pero aún hay más: la planta denominada primavera o flor de San José *(Primula officinális)* tiene flores *heterostiladas*, es decir, con los estilos de distinta longitud, habiéndolas *braquistiladas (fig. 1.084)* o de estilo corto, *mesostiladas* y *dolicostiladas (fig. 1.083)* (gr. *eteros*, desigual; *brachys*, corto; *mesos*, medio; *dolikós*, largo); pues bien: estas flores no son fecundadas más que por el polen que provenga de estambres que tengan próximamente la misma longitud que el estilo, no encontrándose nunca juntos en la misma flor estilo y estambres que tengan igual longitud, por lo cual la polinización tiene que ser cruzada. Además, según Darwin, las semillas obtenidas por polinización cruzada son más vigorosas y dan lugar a plantas más robustas que las obtenidas por polinización directa. Para comprobar esta afirmación puede repetirse el clásico experimento hecho con tulipanes por el referido autor, y ya citado anteriormente (pág. 89).

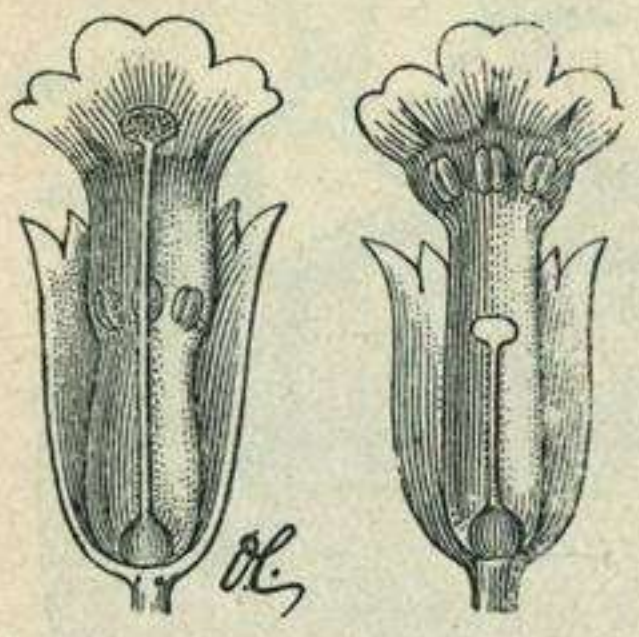


Fig. 1.083. Fig. 1.084.
Esquema del corte longitudinal de dos flores heterostiladas de *Primula officinális*.

Son varios los factores que intervienen en la polinización cruzada, pero entre todos ellos destacan el *viento*, el *agua* y los *insectos*. El primero actúa principalmente en las plantas provistas de amentos (chopos, sauces, avellano, pino, etc.) y también en otras varias como las Gramináceas (trigo, etc.). En todas estas plantas, llamadas colectivamente *anemófilas* (gr. *anemos*, viento; *filos*, amigo), el polen se produce en una cantidad considerable, sobre todo cuando las plantas son dioicas, gracias a lo cual son pocas las flores femeninas que dejan de ser polinizadas. A veces, como ocurre en los pinos, abetos, etc., el grano de polen posee dos vejiguitas que le permiten flotar en el aire y ser transportado con facilidad; en estas últimas plantas es tal la abundancia de polen producido, que cuando el viento sopla entre las ramas arrastra el polen, originando las llamadas *lluvias de azufre*.

Son plantas *hidrófilas* aquellas en que la polinización se realiza utili-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

zando el agua como agente de transporte. Pocas son las que utilizan este medio, pudiéndose citar, entre otras, las especies de los géneros *Zannichellia* y *Ruppia*, que viven en las aguas dulces, y el porreto o seba *(Zostera marina)*, que puebla el mar y que es tan frecuente en nuestro litoral.

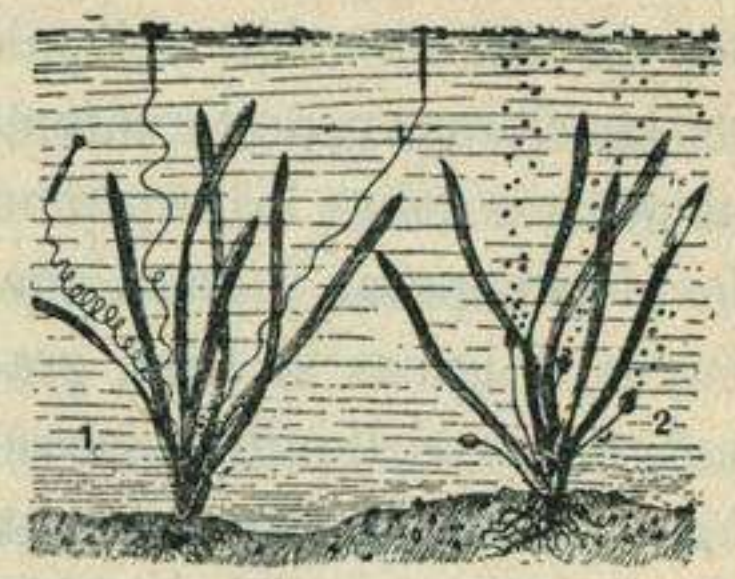


Fig. 1.085.—Planta femenina (1) y masculina (2) de *Vallisnéria spirális*.—En 1, las flores femeninas están en el extremo de los pedúnculos helicoidales, que se extienden en el momento de la madurez de los óvulos para llevar a la flor a la superficie del agua. En 2, las flores masculinas se desprenden porque tienen sus estambres maduros, suben a la superficie del agua y se aproximan a las femeninas.

La mayoría de las plantas acuáticas confían su polinización al viento o a los animales, representando esto tal vez un recuerdo de su origen terrestre

La *Vallineria spiralis*, planta a la que hasta hace poco se la suponía hidrófila, abandona sus flores masculinas, que flotan en la superficie, y así independientes y desprendidas de la planta madre, son arrastradas por el agua hasta que el azar las aproxima a flores

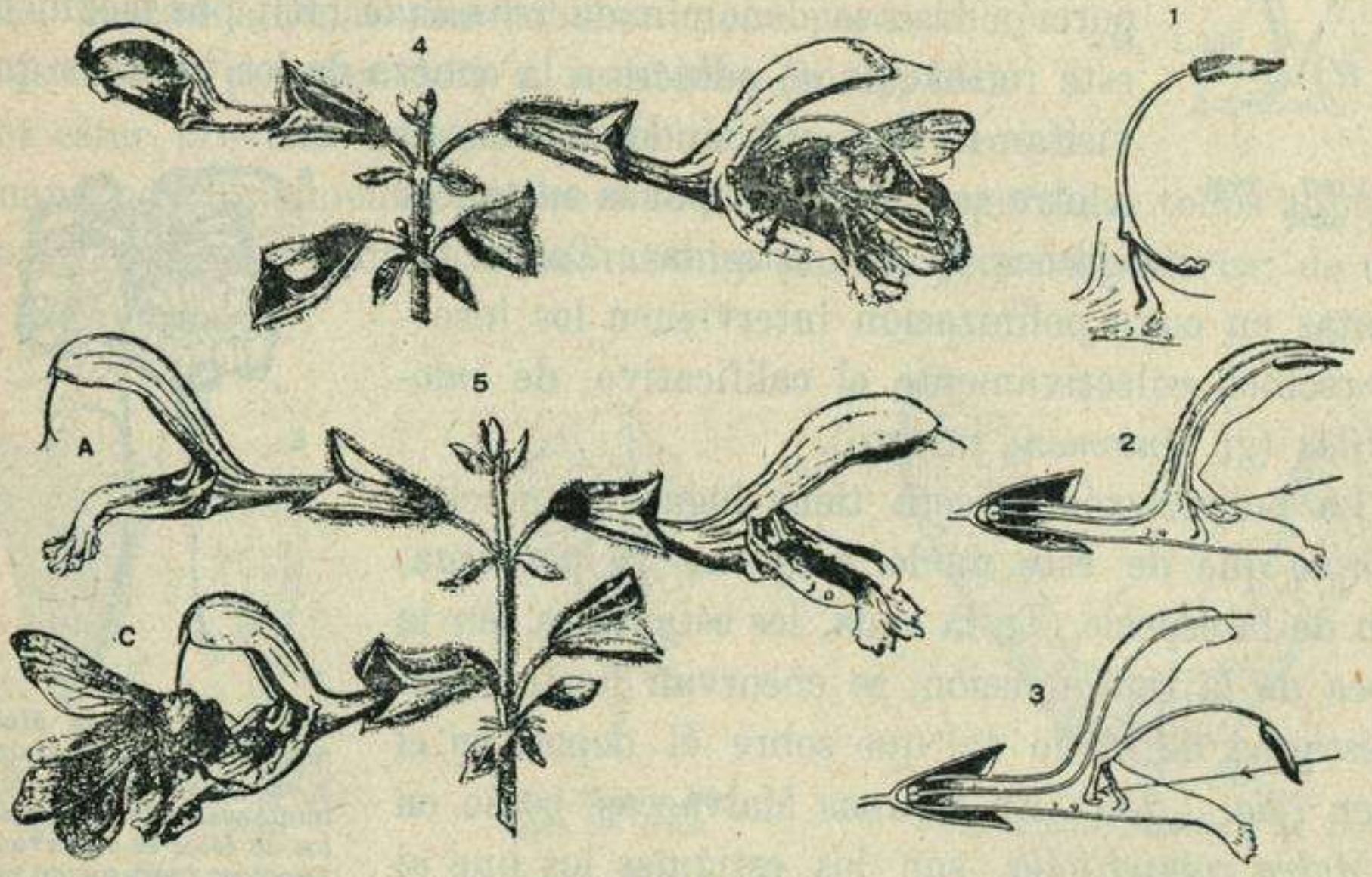


Fig. 1.086.—Polinización de una salvia *(Salvia glutinosa)*.—1, estambre aislado; obsérvese que es encorvado y que tiene un apéndice en la parte inferior.—En 2 y 3, la flecha indica cómo al ser empujado dicho apéndice, el estambre se mueve y la antera desciende.—4, representa una flor en la que ha entrado un Himenóptero *(Bombus)* hasta donde se lo permite el diámetro de la corola; al entrar empujó el apéndice de 1 y la antera se apoyó sobre el cuerpo peludo del *Bombus*, donde depositó el polen.—En 2 y 3, los óvulos no están maduros, por lo cual el estigma no es receptivo.—En 5 A, los óvulos están maduros y su estigma receptivo; se conoce en que éste es bifurcado y péndulo.—En 5 C, el *Bombus* de 4 se posa sobre la flor y roza, con su cuerpo peloso y lleno de polen, el estigma receptivo (según Kerner).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

femeninas, utilizando el viento como vehículo de su polen *(fig. 1.085)*.

Muchos *insectos* (mariposas, abejas, etc.) obran también como agentes de diseminación del polen, porque, atraídos por los colores y olores de las flores, y preferentemente por el jugo azucarado de sus nectarios, al posarse sobre los estambres se adhieren los granos de polen en los pelos de sus patas y de su cuerpo y son así transportados a otras flores, en cuyos estigmas se fijan gracias a las elevaciones que poseen el polen y estigma y al líquido viscoso que impregna éste. Algunas plantas tienen los estambres especialmente dispuestos para asegurar la polinización por los insectos *(fig. 1.086)*.

Existen plantas en las que es indispensable el concurso de los insectos para la polinización: tal ocurre en todas las que poseen el polen en *masas*, en lugar de encontrarse en granos sueltos; el mejor ejemplo le presentan las orquídeas, cuyo polen se encuentra encerrado en el mismo saco polínico donde se origina y constituye en conjunto una especie de maza denominada *polinia*, que está sostenida por un delgado pedúnculo denominado *caudícula (fig. 1.087, C)*, la cual termina en una porción viscosa denominada *retináculo* (R); por medio de este retináculo se adhiere a la cabeza de los insectos que visitan la flor, y cuando éstos van a otra son retenidos por la sustancia viscosa de los estigmas. Todas las plantas en cuya polinización intervienen los insectos reciben colectivamente el calificativo de *entomófilas* (gr. *éntomon*, insecto).

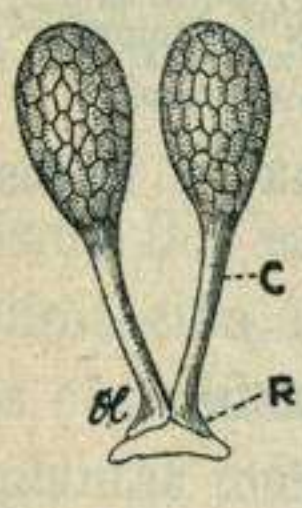


Fig. 1.087.—Polinias.

La polinización directa tiene lugar en muchas plantas que de este modo aseguran la perpetuación de la especie. En la ruda, los estambres, en la época de la reproducción, se encorvan hasta tocar el estigma de modo tal que sobre él depositan el polen *(fig. 1.035)*. En algunas Malváceas, como en la *Malva rotundifolia*, son los estigmas los que al madurár, simultáneamonte con los estambres, se desarrollan de unmodo extraordinario hasta llegar a rozar a las anteras de éstos *(fig. 1.088)*.



Fig. 1.088.—En la *Malva rotundifolia*, los estambres y los carpelos maduran simultáneamente y los estilos de éstos se encorvan y retuercen fuertemente para que los estigmas, también largos y retorcidos, vayan a rozar contra las anteras (según Müller).

También es imprescindible la polinización directa en las plantas que

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tienen flores *cleistógamas*, es decir, flores que permanecen cerradas, sin abrir sus corolas, y que, sin embargo, producen flutos y semillas. La violeta produce en los meses de verano flores de este tipo: en ellas los estambres se apoyan directamente sobre los estigmas y los granos de polen germinan en la propia antera de modo tal que es el tubo polínico el único que busca el estigma. Caso análogo ofrecen el *Lamium aplexicaule* y el *Bromus esterilis*.

En lo que respecta a diseminación de frutos y semillas, aparte de disposiciones especiales que algunas plantas poseen, los principales agentes de dicha diseminación, son: el *aire*, el *agua* y los *animales*. Por el *aire* se trasladan, a veces a grandes distancias, los frutos y semillas provistos de pelos o vilanos, como ocurre con los frutos de los cardos y otros análogos *(figs. 1.089* y *1.090)*, semillas del sauce *(fig. 1.091)*, etc., y también aquellos que tienen expansiones membranosas (pino, olmo, arce, etc.) *(figs. 1.092* a *1.094)*. Por el *agua* son transportados los frutos y semillas que, flotando en ella, posean además una cubierta poco permeable a ésta, bien por ser dura y resistente (coco), bien por estar provista de una especie de barniz céreo (manzana). Finalmente, por los *animales* son transportados todos aquellos que tienen los tegumentos inatacables por los jugos digestivos: de este

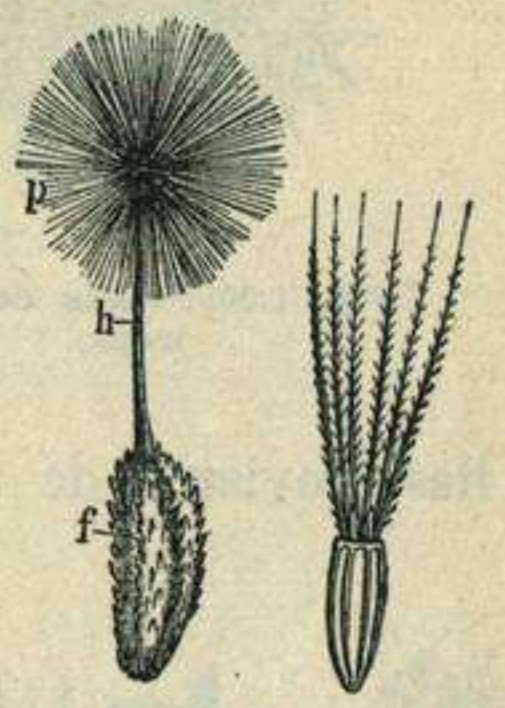


Fig. 1.089 Fig. 1.090

Aquenios.

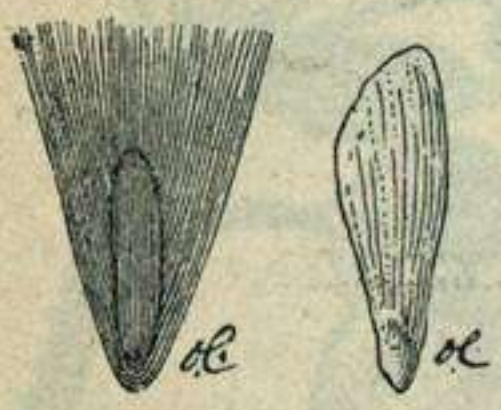


Fig. 1.091. Semilla de sauce.

Fig. 1.092. Semilla de pino.

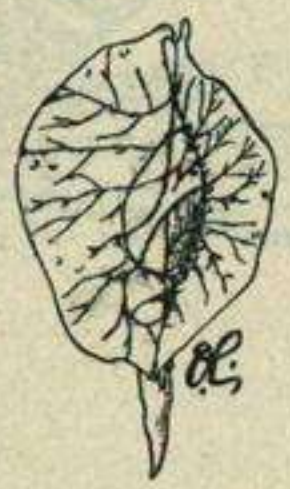


Fig. 1.093. — Sámara de olmo.

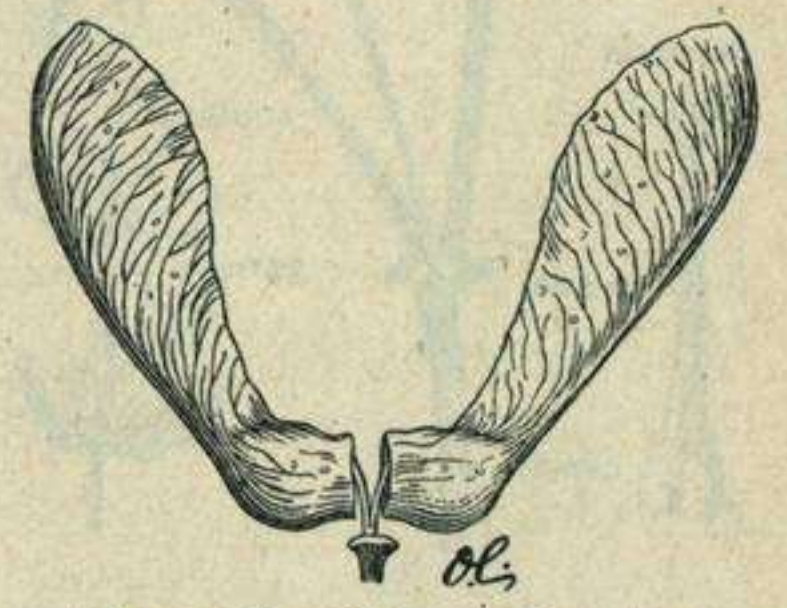


Fig. 1.094.—Disámara de arce.

modo pueden ser transportados a largas distancias, sobre todo por las aves, y depositados después con los excrementos, que les sirven además de abono; algunas plantas como el muérdago, que vive parásito sobre las ramas de los árboles, no pueden diseminar sus semillas más que por

Instituto San Isidro de Madrid 2008

este procedimiento y con el concurso de las aves. También por el barro que se adhiere a las patas de los animales pueden éstos ser un agente de diseminación, así como por la lana y pelo largo, a los cuales se adhieren los frutos y semillas provistos de ganchos o de espinas *(figs. 1.095* y *1.096)* y los que están envueltos en una borra algodonosa *(fig. 1.097);* etc.



Fig. 1.095.—Caja de estramonio.



Fig. 1.096.— Diaquenio de zanahoria (aumentado).



Fig. 1.097. — Semilla de algodonero.

En algunos frutos la diseminación no está confiada a agentes extraños, sino

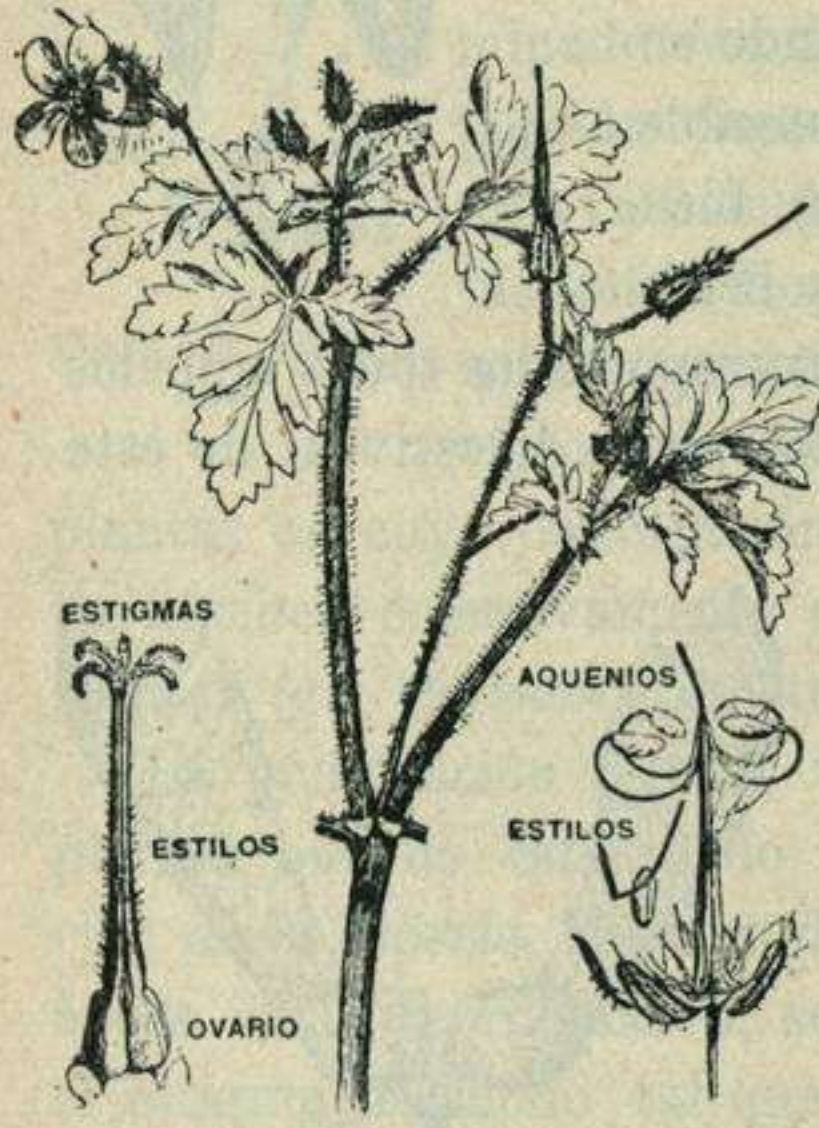


Fig. 1.098.—*Geránium Robertianum;* a la izquierda, el fruto (poliaquenio) no está aún maduro; a la derecha, el fruto maduro disemina las semillas, curvando bruscamente los estilos.

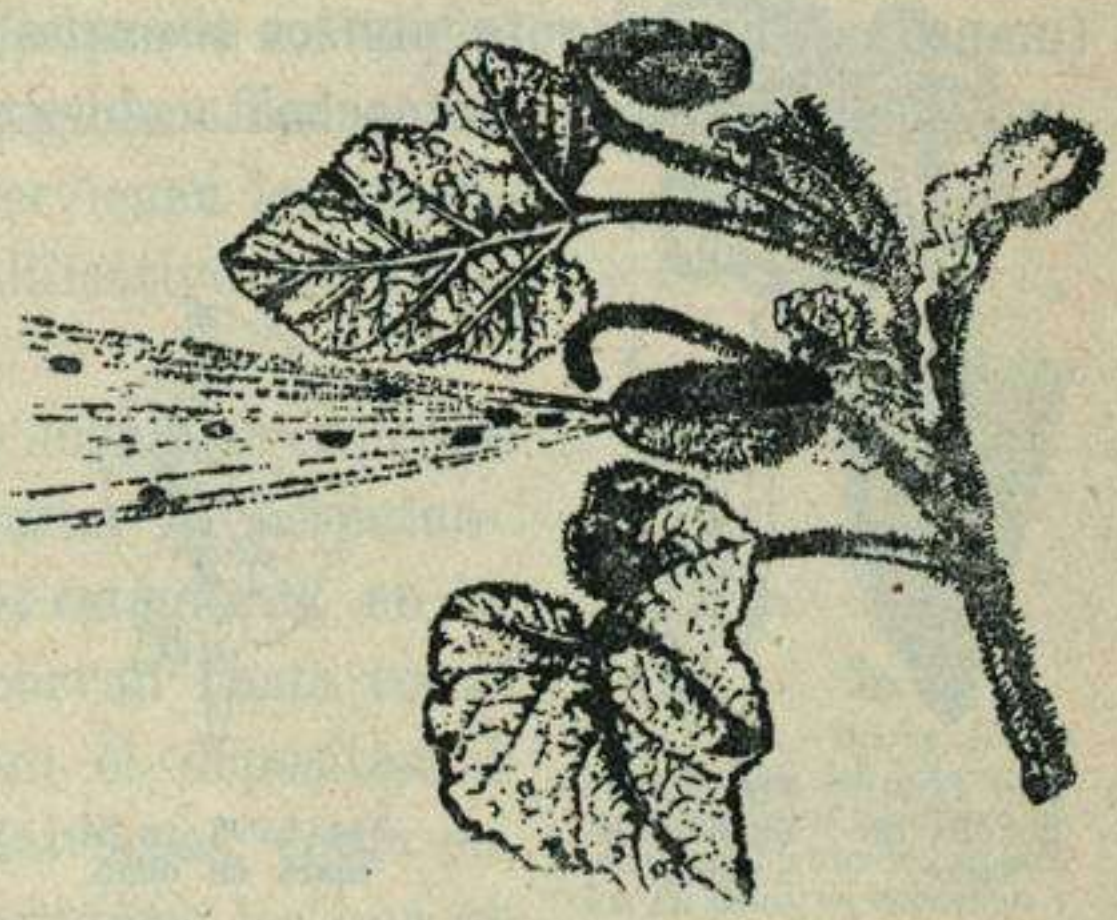


Fig. 1.099.—Dehiscencia del fruto del pepinillo del diablo *(Ecballium Elatherium)* (de Lázaro).

a los propios medios. Al madurar los frutos, ciertas partes de ellos experimentan violentos movimientos que proyectan las semillas a dis-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tancia *(fig. 1.098)*. Generalmente la proyección violenta tiene lugar en los frutos secos; pero a veces también ocurre esto en los carnosos, como en el pepinillo del diablo *(Ecballium elatherium)* en los que la turgescencia excesiva y apenas contenida de los tejidos del fruto de esta planta, determina el desprendimiento de su pedúnculo y la consiguiente expulsión de un modo violento de sus numerosas semillas *(fig. 1.099)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS VEGETALES

El estudio de la distribución geográfica de los vegetales y de sus causas recibe, como ya se ha dicho anteriormente (véase pág. 450), el nombre de *Geografía botánica* o *Fitogeografía*.

Los factores que regulan la repartición de los vegetales en la superficie del globo son, en esencia, los mismos que se señalaron al tratar de este asunto en la Zoología; sin embargo, los vegetales están más íntimamente ligados al clima y al suelo, hasta el punto que en la vegetación se expresan de un modo indudable los caracteres climatológicos y condiciones peculiares del terreno.

Los rumbos actuales de la Fitogeografía conducen a la interpretación de los aspectos o facies que la vegetación presenta, reflejo de una serie de complejas circunstancias, prescindiendo de los datos de la simple distribución de las especies o de los grupos taxonómicos, cuyas afinidades no reflejan, en la mayor parte de los casos, sus condiciones de existencia. Es decir, que atiende más a las colectividades vegetales, o *sinecias*, como hoy se dice, que a las plantas aisladas como tales especies biológicas.

Formaciones y asociaciones vegetales.—Las plantas no están aisladas en la naturaleza; se reúnen unas a otras; pero estas reuniones así establecidas no responden a sus afinidades de parentesco taxonómico, sino del común o parecido género de vida: a su afinidad fisiológica, en una palabra. Tales agrupaciones son las que actualmente reciben el nombre de *formaciones*, reservándose el de *asociaciones* para las reuniones de plantas *de la misma especie*.

Las plantas que se reúnen en el bosque, en la pradera o en el mato-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rral, son las que necesitan análogas condiciones de ambiente, aquellas que tienen las mismas exigencias.

Las formaciones vegetales son realmente las que dan fisonomía a la vegetación y uno de los elementos que caracteriza más típicamente el paisaje. El país de alegre y extensa pradería es muy diferente de aquel otro en el que el bosque o la selva predominan o en el que la estepa estéril establece su imperio.

A poco que nos detengamos en la observación de la vegetación de nuestros climas, nos encontraremos que son dos los elementos predominantes en las asociaciones que en ella destacan; por un lado, los árboles y los arbustos de tallos de consistencia leñosa, a veces constituyendo troncos de grueso diámetro a modo de robustas columnas que sostienen el frondoso ramaje; por otro, los vegetales herbáceos que forman las hierbas y las matas, cuyos tallos y ramillas son siempre tiernos. Como vegetales intermedios entre unos y otros aun podrían señalarse las matas leñosas, que teniendo el porte o el aspecto de los vegetales herbáceos ofrecen la consistencia de los arbóreos.

En otros países, a estos elementos de las asociaciones vegetales hay que añadir el de las plantas parásitas o epifitas, cuya existencia depende, en un amplio sentido, de los otros vegetales que acabamos de señalar.

Las condiciones de vida del árbol y de las plantas herbáceas, son esencialmente distintas.

Los árboles son los gigantes del mundo de las plantas; pero en su propio tamaño tienen uno de los más graves inconvenientes para su vida, ya que existe una gran distancia entre sus raíces u órganos de absorción y los de transpiración, o sean las hojas.

Esto determina que las hojas, más expuestas a la acción del viento, provoquen a veces el desequilibrio entre la absorción y la transpiración.

El gran desarrollo de sus raíces les faculta para vivir en suelos aparentemente secos, pues estos órganos pueden penetrar profundamente en el terreno hasta encontrar capas húmedas. Por esta razón el árbol es, en cierto modo, independiente de las variaciones de humedad y sequedad del terreno, pudiendo resistir períodos de extrema sequía.

Existen distintos tipos de árboles. Los higrófilos de los climas tropicales, de crecimiento continuo, de escaso sistema leñoso y hojas de gran desarrollo. Entre éstos es típico el de las palmeras *(fig. 1.100)* con su roseta de hojas al extremo del estipe. Los xerófilos son de talla más redu-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cida, las hojas son pequeñas y con recias cutículas y las partes leñosas están muy desarrolladas, apareciendo con frecuencia espinas y aguijones.

En los climas templados vegetan los árboles de hoja caediza que se defienden de los períodos de frío con la pérdida de su follaje, lo cual determina la detención de su actividad vital, que recuperan en cada primavera. Si así no fuese, estos vegetales estarían expuestos a las incle-

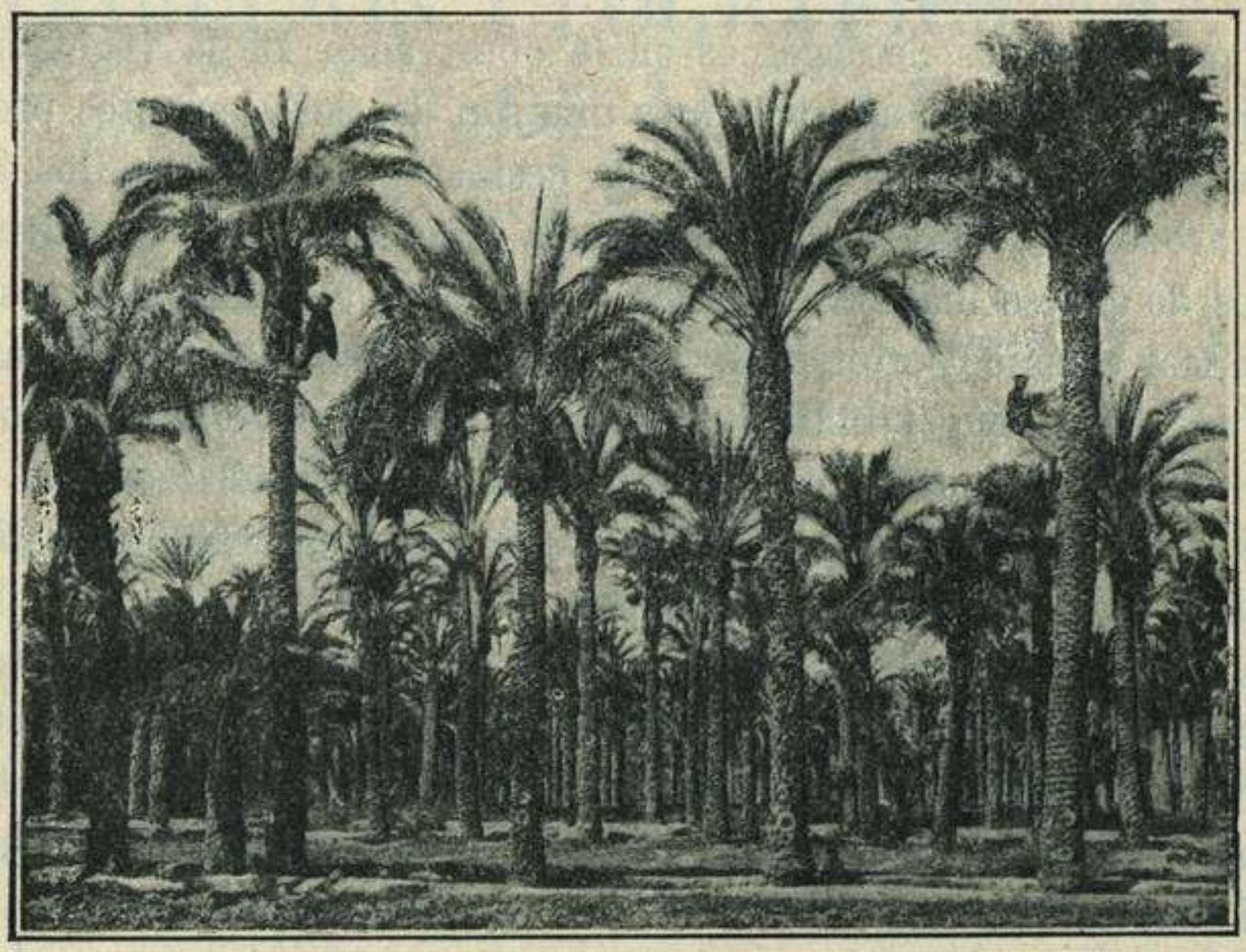


Fig. 1.100.—Bosque de palmeras *(Phœnix dactilífera)* en Elche (Alicante-España). (Fot. comunicada por el profesor P. Moisés Vigo, S. J.)

mencias del clima, que produciría graves daños en los importantísimos tejidos de sus hojas. En algunos casos, como en las Coníferas, las hojas persisten sobre el vegetal, no obstante la paralización de sus funciones durante la invernada.

En las plantas herbáceas casi todas las partes aéreas son verdes y actúan como órganos de transpiración. Contrariamente a lo que en los árboles sucede, las raíces son pequeñas y los órganos de sostén muy reducidos.

Estos vegetales se defienden mejor de la sequedad atmosférica; pero, en cambio, soportan difícilmente las variaciones de la humedad del suelo, ya que sus raíces, muy someras, son incapaces de buscar agua en las capas más profundas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En las zonas templadas, muchas plantas herbáceas pierden sus partes aéreas durante los períodos invernales, conservando en el terreno sus raíces, sus rizomas o sus bulbos, que a la primavera siguiente producirán otros tallos y otras hojas. Otras, las plantas anuales, realizan el ciclo de su vida durante un solo año, aprovechando la estación favorable.

El clima de temperatura constante y de suelo húmedo, aunque la humedad atmosférica no sea muy elevada, es el más favorable a la vegetación herbácea.

Cada uno de estos dos tipos vegetales producen dos grandes grupos de formaciones vegetales. Las plantas arbóreas, las *formaciones forestales*, y las plantas herbáceas, las *formaciones herbáceas*.

Las formaciones forestales son muchas y variadas. En nuestro país son los bosques con todas sus variedades. Las zonas montuosas, ocupadas por árboles elevados, en los que la caza mayor aun busca en ellos refugio, constituye lo que se llama el *monte alto*, a diferencia del *monte bajo*, ocupado por aquellas zonas de relieve menos acentuado, en las que los árboles se asocian a los arbustos y al matorral. Esta formación, muy abundante en nuestros climas, es intermedia entre las asociaciones forestales y las herbáceas.

Las formaciones herbáceas más frecuentes en la Península son la *pradera* y la *estepa*. La estepa es consecuencia del clima extremoso de inviernos rigurosísimos, de veranos calurosos, con un régimen de lluvia harto escaso, tan frecuente en nuestro país. En la estepa, la vegetación queda reducida a la de las plantas herbáceas que se desenvuelven en el corto período primaveral, en el que los campos, con su verdor transitorio, rompen la austeridad acostumbrada del paisaje. Aquí y allá quedan calveros y desgarrones, que se destacan de las masas de verdor que las circundan, mostrando la tierra desnuda y hostil a toda vegetación. Los calores estivales no se hacen esperar en estos parajes; la humedad mezquina que el terreno conserva es agotada pronto por las plantas sedientas, que languidecen y amarillean, hasta que, muertas y secas, toman el tono pajizo o pardo que el terreno presenta en estos lugares.

Cuando las diferentes formaciones, bosque o pradera, se desarrollan en un medio uniforme y favorable, el terreno está cubierto de un manto continuo de vegetación; pero cuando esto no sucede, quedan partes del terreno, de peores condiciones, respetadas por las plantas. Las primeras se denominan formaciones continuas o cerradas; las segundas, disconti-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nuas o abiertas. Las estepas son tipos de formaciones abiertas, cuyo término extremo es el desierto.

Además de las grandes formaciones que acabamos de señalar, existen las asociaciones que se refieren a las agrupaciones de plantas de la misma especie. Así, dentro del bosque no es la misma fisonomía la que presenta el pinar, que el hayedo; el robledal, que el castañar. Estas formaciones tienen nombres típicos en cada idioma, que expresan la individualidad de estas asociaciones. Ejemplo de ellas son los de tomillares, jarales, romerales, retamares, cantuesares, etc., que se repiten en tantos sitios de la Península (*).

División de la Tierra en regiones fitogeográficas e indicación de las plantas características de éstas. Distribución geográfica de las formaciones.—Al introducirse en fitogeografía un criterio fisiológico o ecológico, como se ha visto al estudiar los diversos tipos de asociación, han perdido gran importancia las antiguas regiones florales, basadas en la distribución de los distintos grupos taxonómicos, y en cambio la han adquirido las zonas de vegetación definidas por el predominio de tal o cual formación.

El régimen térmico es el que determina las regiones florales, en tanto que las zonas de vegetación son función de las condiciones de humedad.

Siguiendo a los modernos tratadistas, haremos un ligero esbozo de las asociaciones más características y de las plantas más típicas de los *climas tropicales*, *subtropicales*, *templados* y *fríos*.

a) FORMACIONES DE LOS CLIMAS TROPICALES.—Entre las formaciones forestales señalaremos la *selva ecuatorial* y la *selva tropical;* entre las herbáceas, la *sabana*, y entre las de tipo mixto la *selva en galería*.

1) Formaciones forestales.—La *selva ecuatorial* es la llamada ordinariamente *selva virgen*. La vegetación es continua, sin interrupción ninguna durante todo el año. La floración y la formación de hojas se interrumpe, a veces, en cada planta durante períodos más o menos prolongados, pero no hay simultaneidad ninguna entre todos los vegetales de la selva.

(*) Los nombres vulgares tienen cierta imprecisión, por lo que se ha ideado una nomenclatura internacional aprobada en los Congresos internacionales de Fitogeografía. No podemos entrar aquí en detalles: sólo diremos que la terminación en *etum* se emplea para designar la colectividad o reunión de plantas de porte parecido, aunque pertenezcan a especies distintas, y así se dice *arboretum (arbor*, árbol), *herbetum (herba*, hierba), etc. Si se refiere a la asociación de plantas de la misma especie se añade aquella terminación al nombre genérico, y se pone el específico en genitivo; así, si queremos denominar una asociación de pino de Alepo *(Pinus halepensis)* lo llamaremos *pinetum halepensis*, y si se trata de retama *(Retama sphærocarpa)*, diremos *retametum spherocarpæ*, etc.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La *selva virgen* ofrece un aspecto laberíntico, apreciándose varios estratos de vegetación. Por debajo de los árboles de mayor porte existen otros de talla más pequeña; aun por debajo de éstos viven las plantas herbáceas arborescentes, como los grandes helechos *(fig. 1.101)* y toda una ve-

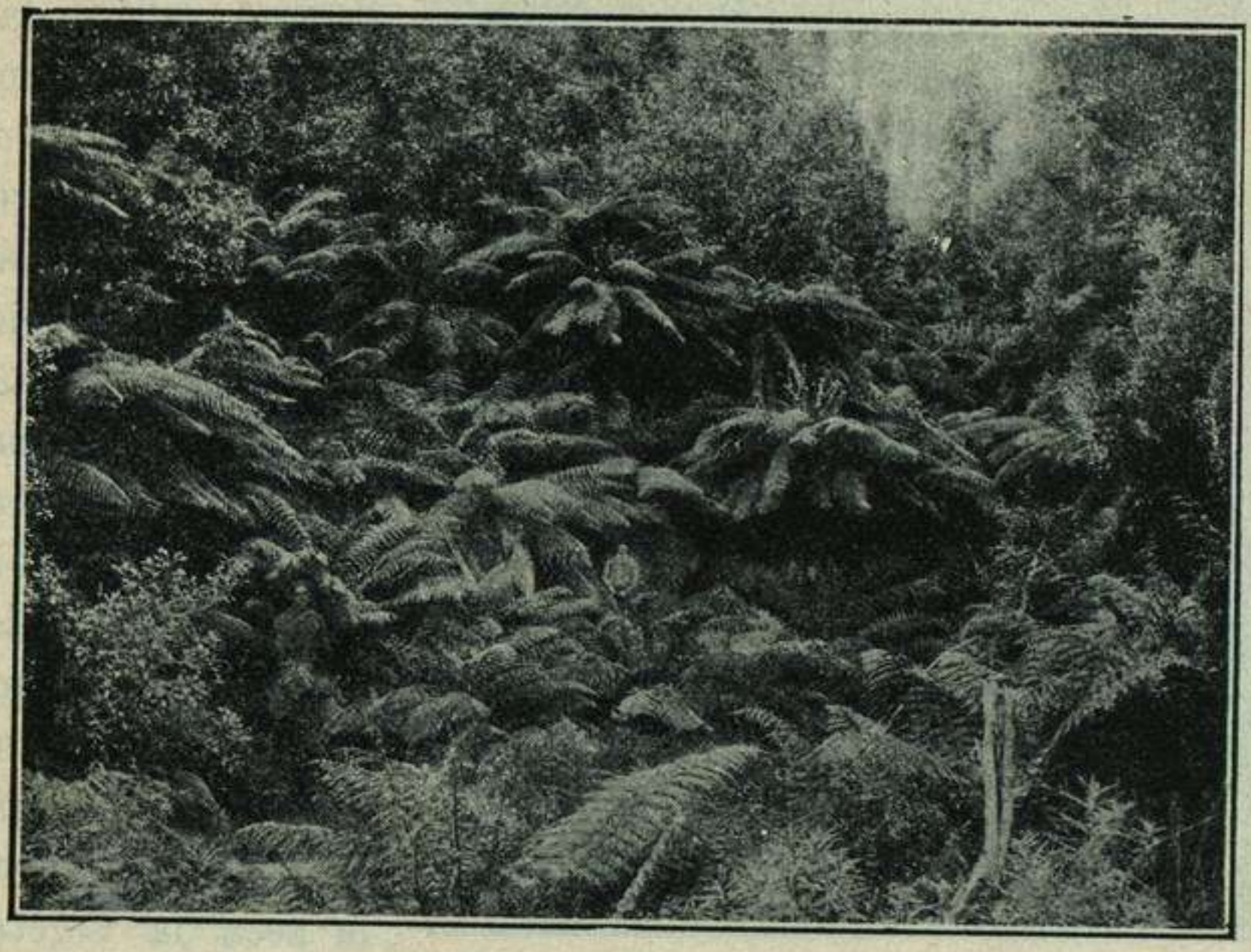


Fig. 1.101.—En los países tropicales, los helechos arborescentes forman frondosos bosques, según puede apreciarse en la fotografía, que reproduce uno de Australia. (Comunicada por el profesor australiano doctor Dalton,)

getación complicadísima de plantas aun más pequeñas. Las lianas y las epifitas entrelazan de un modo desconcertante las ramas del arbolado de estas selvas, contribuyendo a su impresión de impenetrabilidad *(figura 1.102)*.

La *selva tropical* es menos exuberante, ya que la riqueza de especies y de grupos taxonómicos y la talla de los vegetales que la constituyen es mucho menor. Durante las épocas de la seca, los árboles pierden sus hojas simultáneamente, tomando estos bosques el aspecto de los nuestros en la época invernal. La floración coincide en muchos de ellos con este período. Las lianas y las epifitas son mucho menos abundantes.

En los árboles de la selva tropical se dejan notar adaptaciones xerófilas; el tronco adquiere un tamaño colosal, con escasas y enormes ramificaciones, como los *baobabs;* o, por el contrario, son, como las mimosas,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

muy ramificados y espinosos *(fig. 1.103)*. También son frecuentes los tipos de plantas suculentas o cactiformes (véase pág. 482).

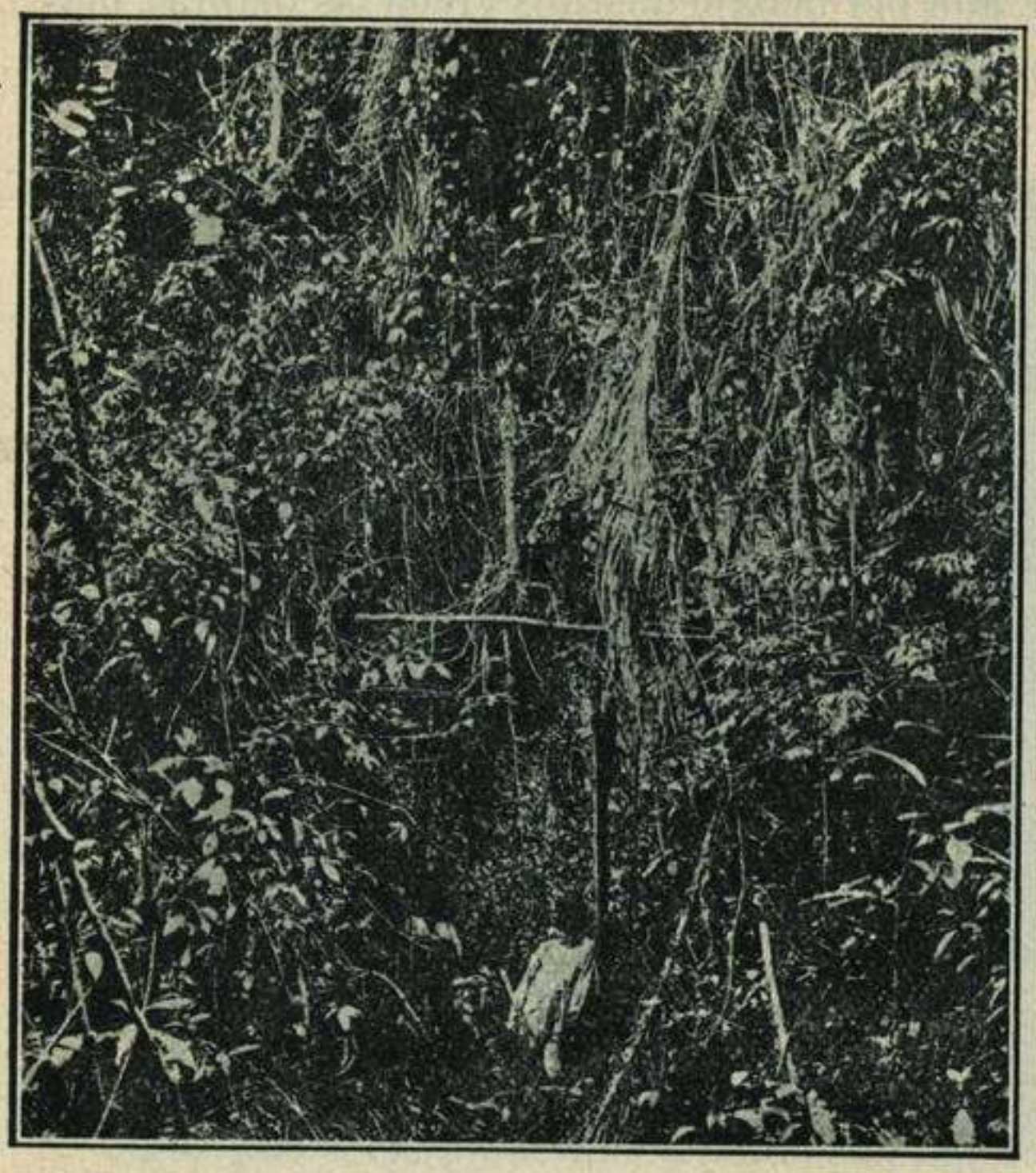


Fig. 1.102.—La selva virgen del Amazonas, con abundantes lianas. (Fotografía J. Huber.)

En muchos parajes, como en el Brasil, la selva aparece diseminada aquí y allá en la Sabana o en los Campos.

2) Formaciones herbáceas.--Entre las formaciones herbáceas de los climas tropicales está la *sabana*, que no es simplemente una inmensa pradera de altas hierbas, pues entre ellas aparecen aquí y allá arbustos y árboles más o menos achaparrados, de tipo xerófilo *(figura 1.104)*. En la época de la seca la vegetación de la sabana se marchita y agosta rápidamente, siendo esto causa de frecuentes y extensísimos incendios.

Las sabanas reciben nombres particulares en América del Sur, como los campos o catingas brasileñas y los llanos venezolanos.

3) Formaciones mixtas.—En los cursos de agua se forman verdaderos bosques, que siguen la marcha del río, que son las *selvas en galería*, análogas a los sotos de álamos, fresnos y sauces, tan corrientes en los ríos de nuestros climas.

4) Formaciones holofilas litorales.—En las regiones tropicales se forma en el litoral una asociación muy notable constituída por vegetales cuyas raíces crecen en el mar *(Avicenia Rhizophora)*, que constituyen los manglares, en los que existe una curiosísima fauna *(fig. 511)*.

Respecto a las afinidades sistemáticas de las plantas de los climas tropicales, diremos que en ellas se conservan los tipos más arcaicos, ya que el mismo clima es probablemente el más primitivo que sobre la Tierra exis-

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 1.103.—Muchas selvas tropicales poseen vegetales de tipo xerófilo, por lo que, sobre todo en la época de la seca, parecen más bien verdaderas sabanas, como ésta de Ugogo (África), en la que figuran un baobab y varias acacias. (De *Vegetationsbilder.*)

tió y que hoy está limitado a esta zona. Se puede decir que son las Palmáceas las plantas típicas de la flora ecuatorial *(fig. 1.105)*. Presentan, desde

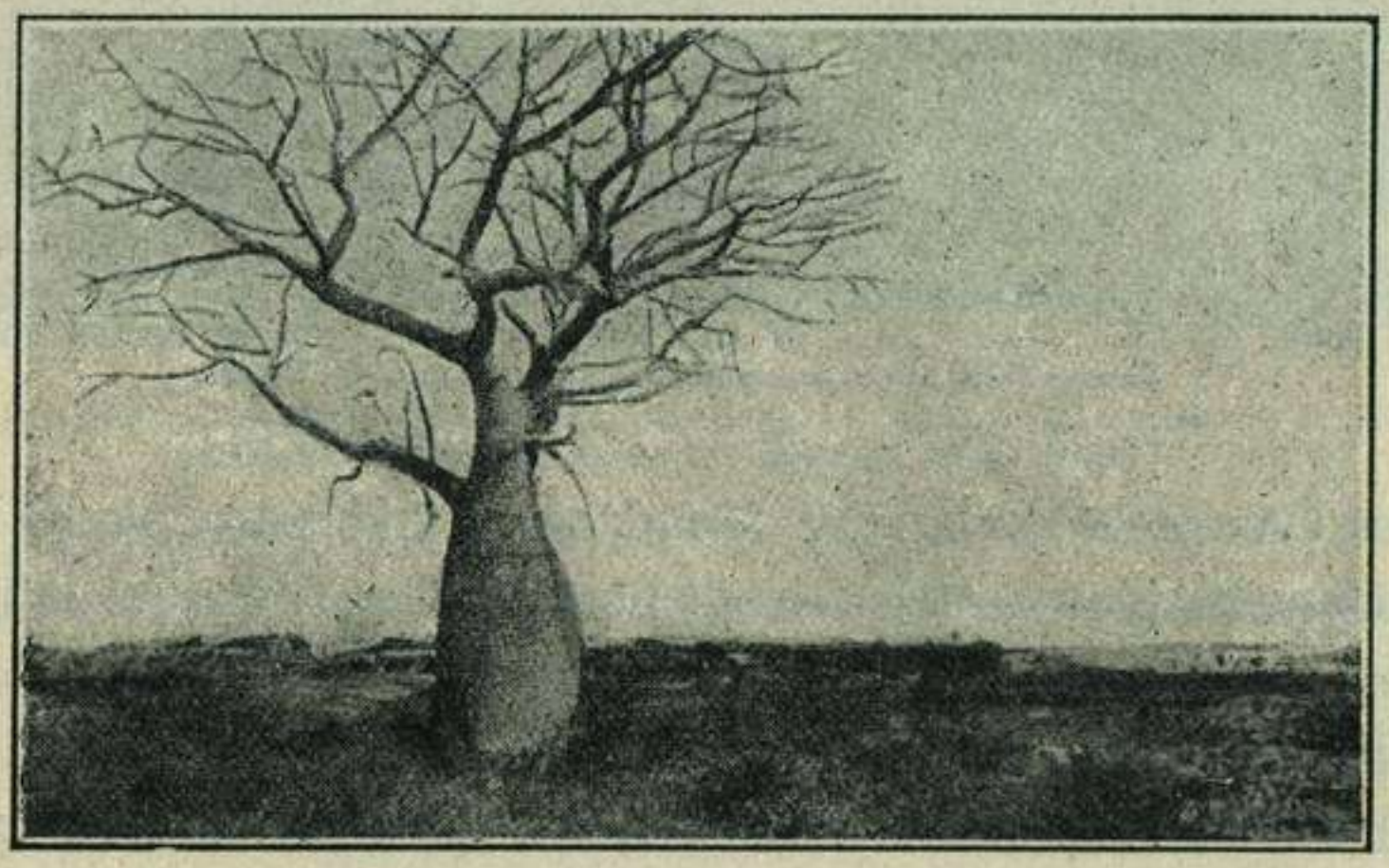


Fig. 1.104.—He aquí un aspecto típico de la sabana brasileña, con un árbol característico en el centro *(Eriodendron Samauma)*, de la misma familia que el baobab.

el punto de vista sistemático, una fisonomía peculiar África y América tropicales; Nueva Guinea, las Célebes y el norte de Australia for-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

man una región perfectamente diferenciada de la India y de Madagascar.

b) FORMACIONES DE LOS CLIMAS SUBTROPICALES.—Los climas subtropicales tienen como característica un invierno templado, pero lo suficientemente acusado para que la vegetación sufra su influencia y pase por un período de suspensión de su actividad.

La flora de esta región climática tiene aún marcadas afinidades con la tropical, persistiendo las palmeras, los bambúes y ciertas Liliáceas de gran



Fig. 1.105.—Límite de la selva ecuatorial y comienzo de la sabana en Cuba. Al fondo, palmeras; en el centro, una ceiba *(Bombax ceiba)*, árbol de tipo xerófilo y de la misma familia que los baobab y *Eriodendron*. (Fot. comunicada por M. Díaz de Villegas.)

porte. Los elementos de la zona templada forman parte ya de esta flora de transición; las plantas arbóreas de hoja perenne, como los laureles y los robles y algunas Coníferas, son frecuentes en ella.

Los climas de esta zona presentan variaciones que se refieren a su régimen de lluvias. Sin poder entrar en todas estas variaciones, examinaremos las formaciones más frecuentes en los países afectados por el *clima* denominado *mediterráneo*. Este clima se caracteriza por un invierno excesivamente seco, por lo que las plantas que en él viven forman formaciones *discontinuas;* los vegetales que las constituyen son generalmente

Instituto San Isidro de Madrid 2008

plantas xerófilas, que están acomodadas a dos períodos de reposo vegetativo: uno, durante las bajas temperaturas invernales, y otro, durante la sequía estival. Su ciclo biológico anual consta de dos fases: una, al final del invierno y durante la primavera, en la que se realiza su floración y reproducción, y otra, otoñal, en la que las reservas se acumulan en determinados órganos, al tiempo que se produce una activa formación foliar.

Las formaciones de las formas arbóreas, en las que intervienen las Coníferas, como los pinos, los pinsapos y los cedros, dan lugar a la selva o bosque mediterráneo de tipo abierto o discontinuo, con grandes claros ocupados por praderas o, lo que también es frecuente, por matorrales.

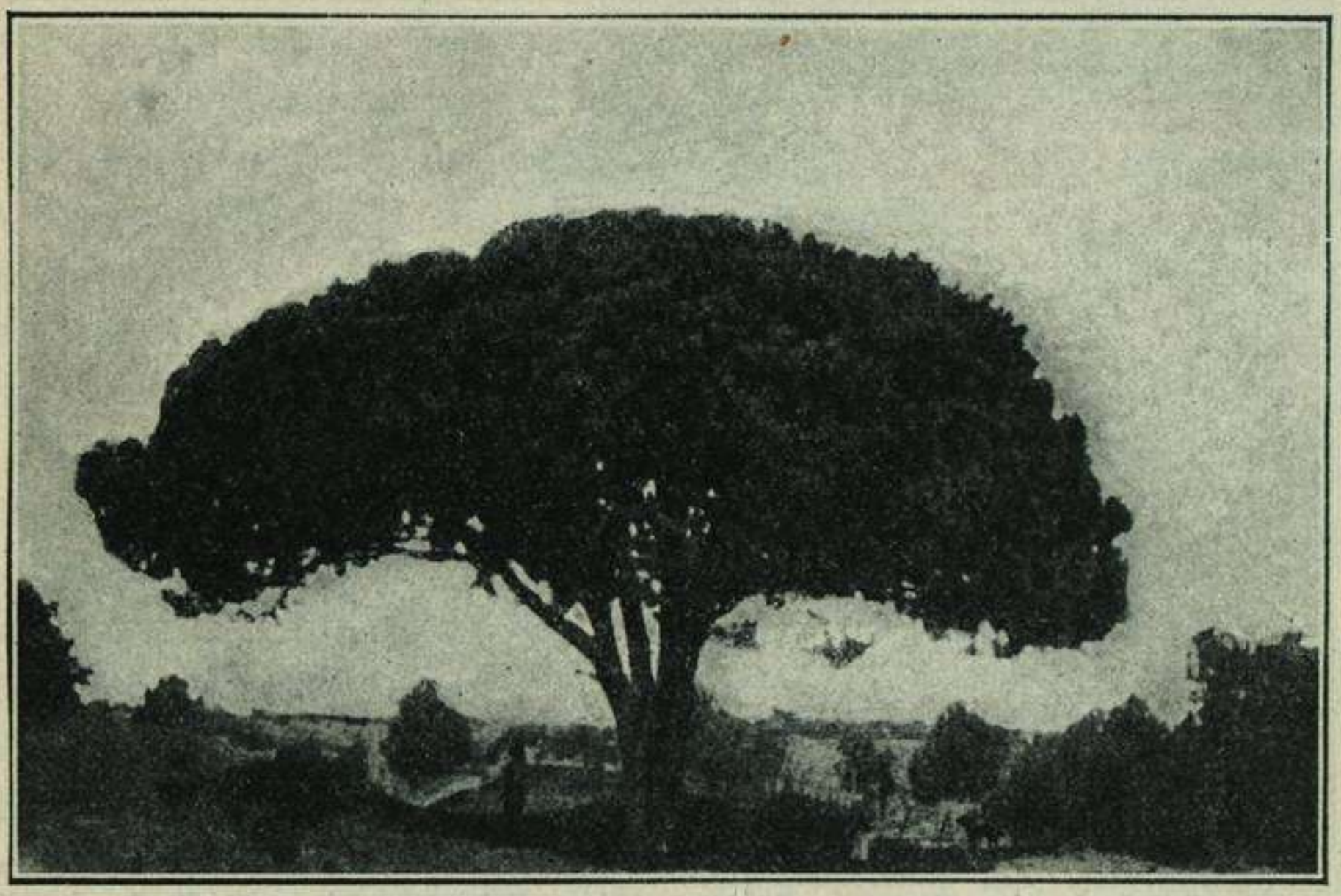


Fig. 1.106.—Viejo pino piñonero *(Pinus Pinea)*, de unos 14 metros de altura, de la Dehesa de la Albufera (Valencia), rodeado de matorral. (Fot. Janini.)

El *matorral* es una formación muy típica de la vegetación mediterránea. Está formado por arbustos siempre verdes, de hojas muchas veces aciculares y de aspecto céreo y por hierbas y enredaderas espinosas. Los mirtos, los brezos, los acebuches, las adelfas, los lentiscos, las cornicabras y las jaras de distintas especies, son las plantas típicas que constituyen este género de asociaciones.

Esta formación de matorral penetra muchas veces en el bosque, enmarañándole y haciéndole impenetrable.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La formación herbácea más típica de este clima es la *estepa*, en la que, aparte de las gramíneas, existen plantas bulbosas con rizomas y estolones cundidores.

La estepa y el matorral mediterráneo se entremezclan en una formación de tipo mixto, en la que uno u otro predominan, según las condiciones físicas. Los suelos salinos dan lugar a una forma especial de estepa formada por plantas halófilas, como las plantas barrilleras, que tanto abundan en nuestro litoral mediterráneo.

La flora de la región subtropical es muy típica y de extraordinaria riqueza, presentando grandes diferencias sistemáticas según el país en

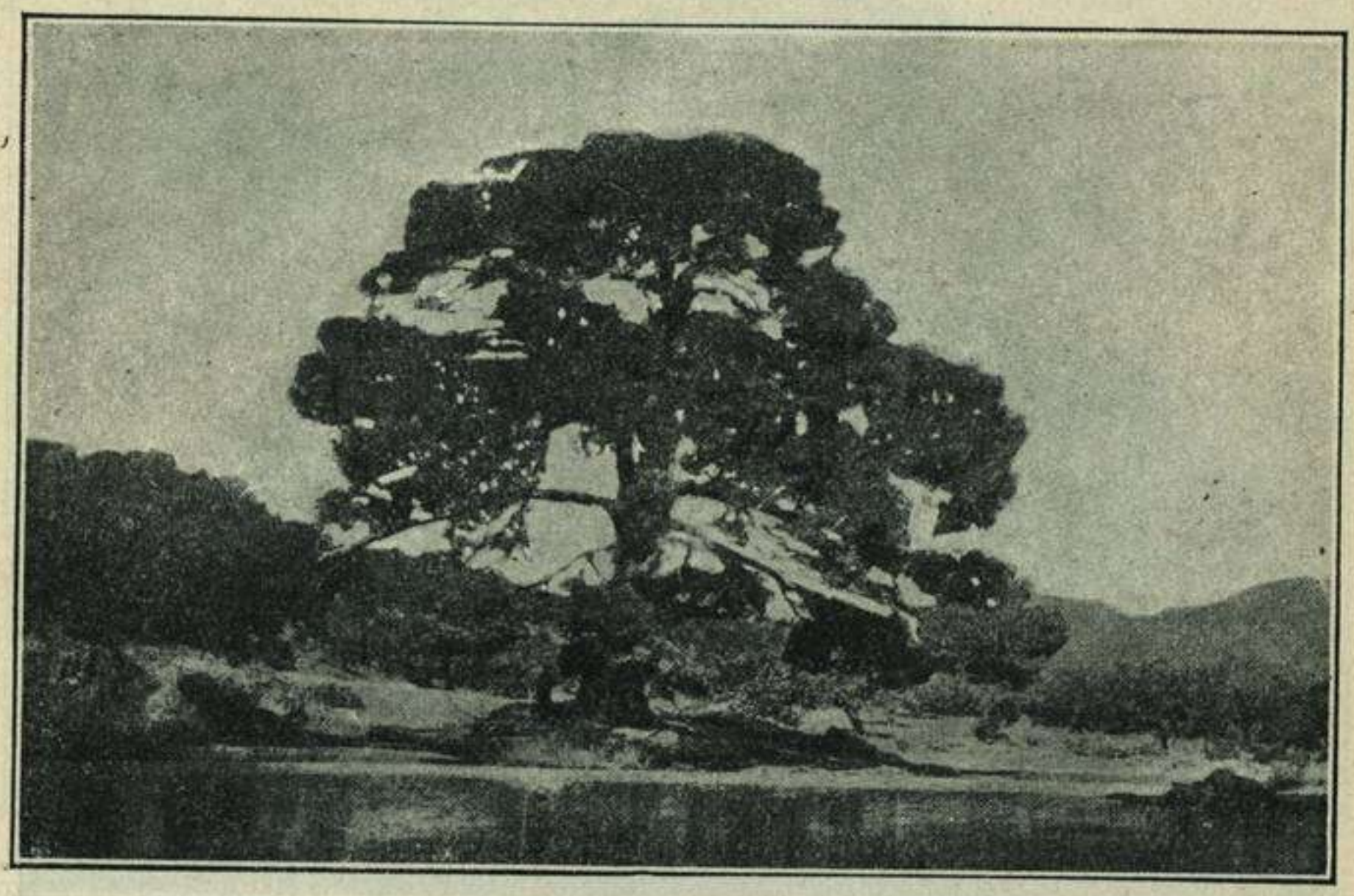


Fig. 1.107.—Corpulento pino carrasco o de Alepo *(Pinus Halepensis)*, de unos 20 m. de altura y rodeado de matorral. (Fot. Janini.)

que se la estudie. En la región europea crecen el pino piñonero o doncel *(Pinus Pinea) (fig. 1.106)* y el pino de Alepo *(Pinus Halepensis) (figura 1.107)*, el alcornoque y arbustos o plantas formando matas arbustivas *(figs. 1.106 y 1.107)*, como las jaras, los lentiscos, las adelfas, los mirtos e infinidad de olorosas labiadas, como los romeros y las salvias.

El Japón y las costas orientales de Asia tienen una flora muy característica, formada de Coníferas tan interesantes como los alerces; además son típicos el alcanfor, los magnolios y una gran variedad de orquídeas epifitas, plantas todas que dan extraordinaria belleza a la

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vegetación. En la zona subtropical de América del Norte abundan los plátanos, las grandes Aráceas trepadoras, las plantas carnosas como los *Agave (figura 1.108)*, los *Cereus* y especies parecidas *(figs. 931 y 934)*, y las *Sequoias* de California, de talla extraordinaria *(figs. 927 y 928)*. En América del Sur son típicos los *Cereus (fig. 933)* y las *Araucaria* chilenas *(figura 1.109);* en África, las *Acacia* y *Leucodendron*, y en Australia, los *Eucalyptus (fig. 924)*, las *Araucaria* y las Palmáceas del género *Livistonia (fig. 1.110)*.

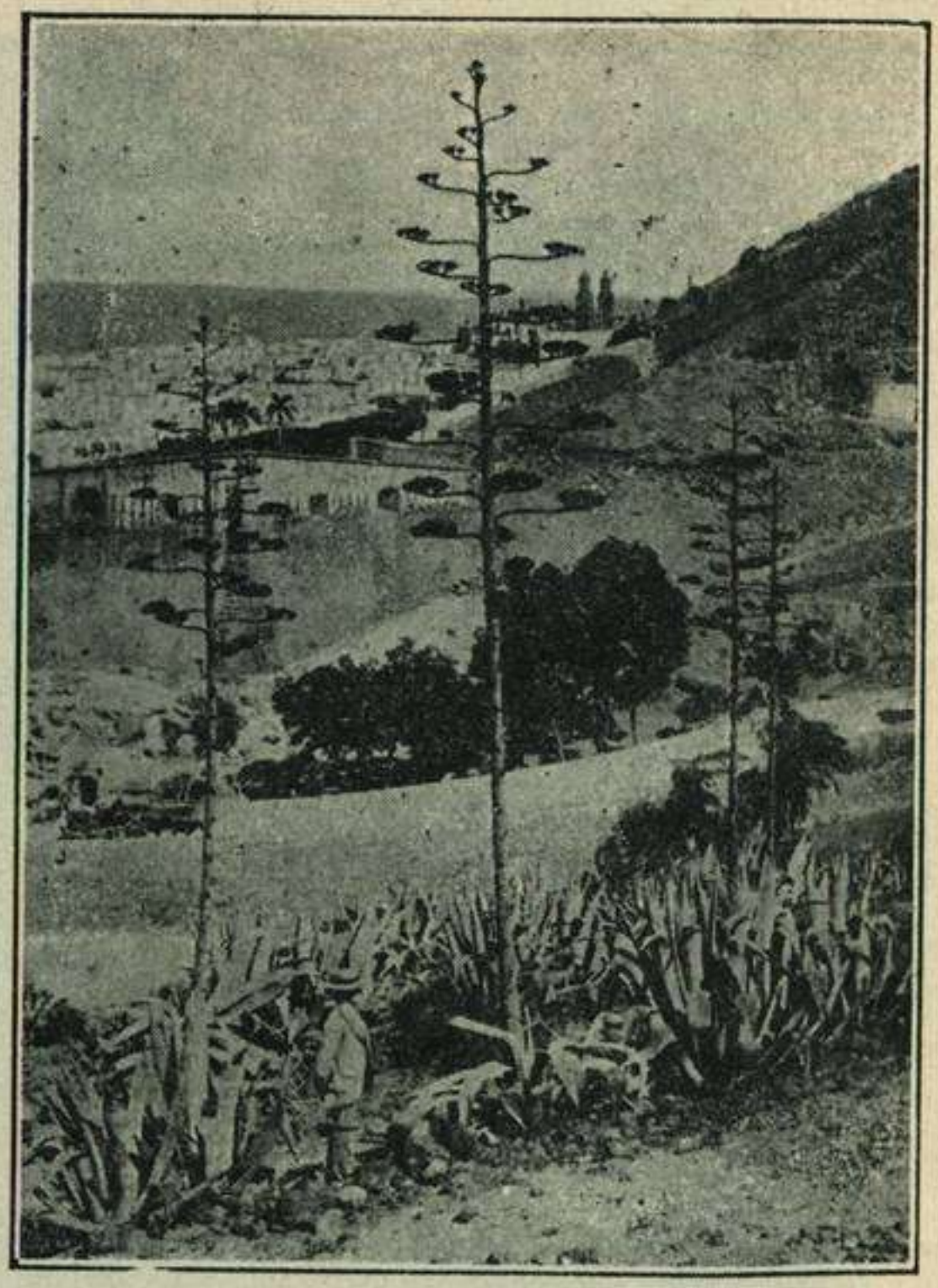


Fig. 1.108.—La pita *(Agave americana)* es vegetal característico de la zona subtropical de América del Norte, de donde se ha extendido a otros muchos países. La fotografía reproduce unas de Las Palmas (Canarias). (Comunicada por el profesor doctor J. Gómez de Llarena.)

c) FORMACIONES DE LAS ZONAS TEMPLADAS.—La flora de las zonas templadas es de una mayor uniformidad y monotonía que las anteriores. Las plantas arbóreas de hoja caduca, como los *Quercus*, los abedules y los alisos, las hayas, las Cupulíferas y las Abietáceas, como pinos, abetos, alerces, sabinas y enebros.

El invierno, riguroso y prolongado, hace que sus bosques aparezcan desnudos y pelados en este período, a no ser los de Coníferas.

Los bosques de las zonas templadas son los restos de una faja casi continua que hoy ha quedado fragmentada. La talla de sus árboles es superior a la de los de la región subtropical, pero nunca alcanza la de los del bosque de la zona tropical. El bosque de zona templada es pobre, ya que generalmente sólo contribuyen a su formación una o dos especies arbóreas que con frecuencia cubren grandes extensiones. Las epifitas quedan casi reducidas a musgos y a líquenes.

Existen en esta zona dos tipos de bosque: el de árboles de hojas ca-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

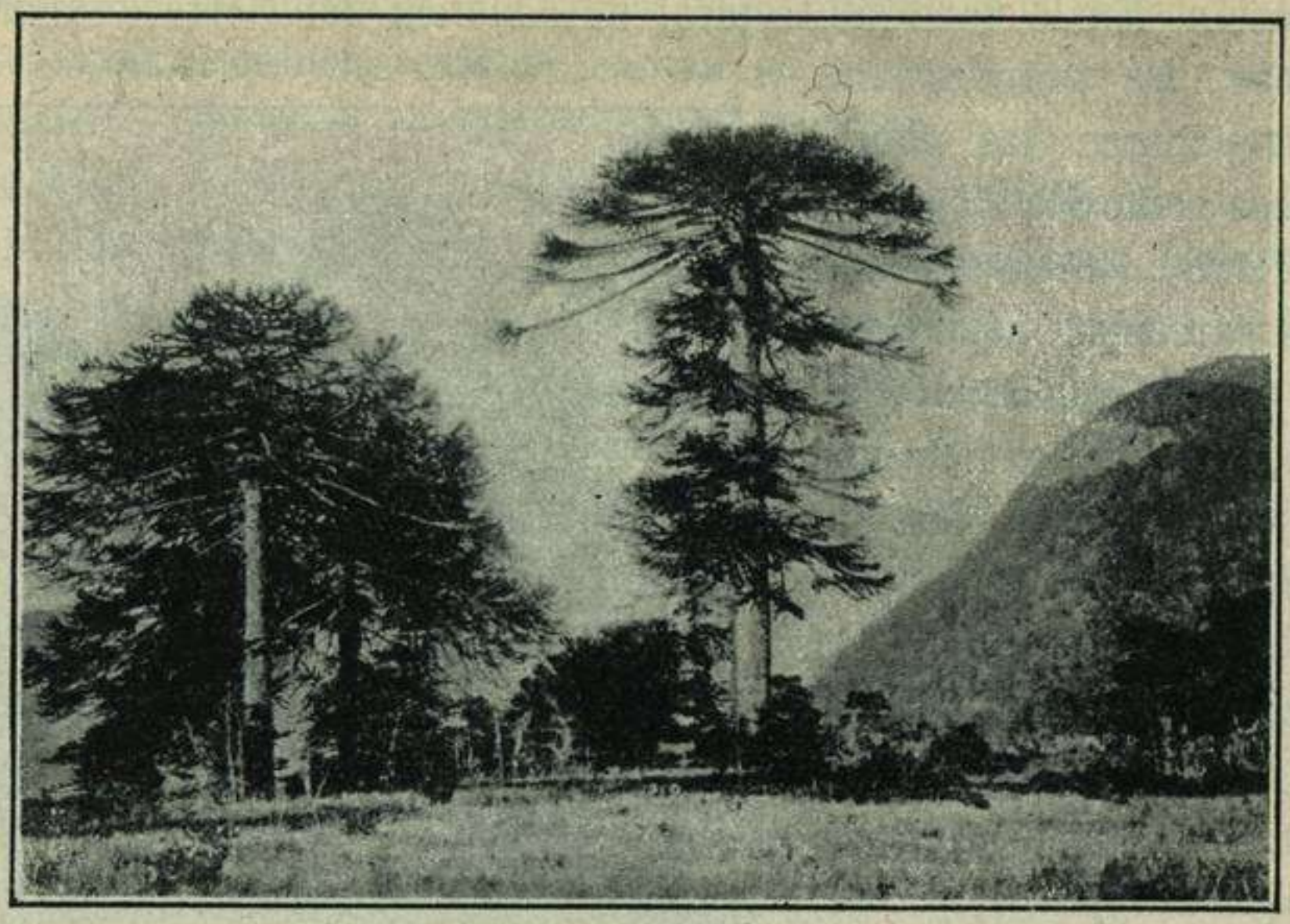


Fig. 1.109.—La Araucaria o pehuen *(Araucária imbricáta)* es árbol característico de la región subtropical de América del Sur y de Autralia. (De la obra *Bellezas Naturales de Chile*, tomo I, por la profesora chilena F. Ramírez B.)



Fig. 1.110.—La *Livistonia australis* o palmera-col es uno de los árboles característicos de la zona subtropical de Australia.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ducas, en el que crecen infinidad de plantas herbáceas poco exigentes en luz, pero muy necesitadas de humedad, y el bosque de Coníferas de hojas persistentes, pobre en vegetación herbácea *(fig. 1.111)*.

La *pradera* y la *estepa* son las formaciones herbáceas de las zonas templadas. Allí donde la humedad es abundante, la pradería es extensísima; pero a medida que el país es más seco aparecen calveros, que convierten



Fig. 1.111.—Bosque de pinos negrales *(Pinus montana)* en el Monte Valle de Iruelas (Ávila). (Fotografía com. por el ing. J. Leirado.)

poco a poco la pradera en estepa de plantas herbáceas. En las praderías y en la misma estepa, el arbolado sigue el curso de los ríos, formando a veces frondosos sotos de chopos, alisos, sauces y fresnos.

La repartición de las formaciones vegetales depende de las condiciones climatológicas. Los bosques de Coníferas predominan en los países de clima riguroso, y los de hoja caduca en los de invierno templado. El encinar y el robledal, en la parte más meridional y más seca; el hayedo, en los países del norte y húmedos.

Las Coníferas forman casi completamente la selva siberiana denominada *taiga*, que puede considerarse como una especie de selva virgen

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en estos inhospitalarios países. El *Larix siberica* es la especie predominante en estas formaciones.

d) FORMACIONES VEGETALES DE LA ZONA ÁRTICA.—El frío seco de estas regiones da a la vegetación un cierto carácter desértico. De aquí que la mayoría de las asociaciones sean *discontinuas*.

Los árboles viven difícilmente y sus partes vegetativas tienen desarrollo escaso, a lo que contribuyen las condiciones adversas del medio y la brevedad del período vegetativo, que queda reducido a uno o dos meses. Las especies arbóreas de otras latitudes toman aquí el aspecto de matas achaparradas de cortas y rastreras ramas *(fig. 1.112)*.

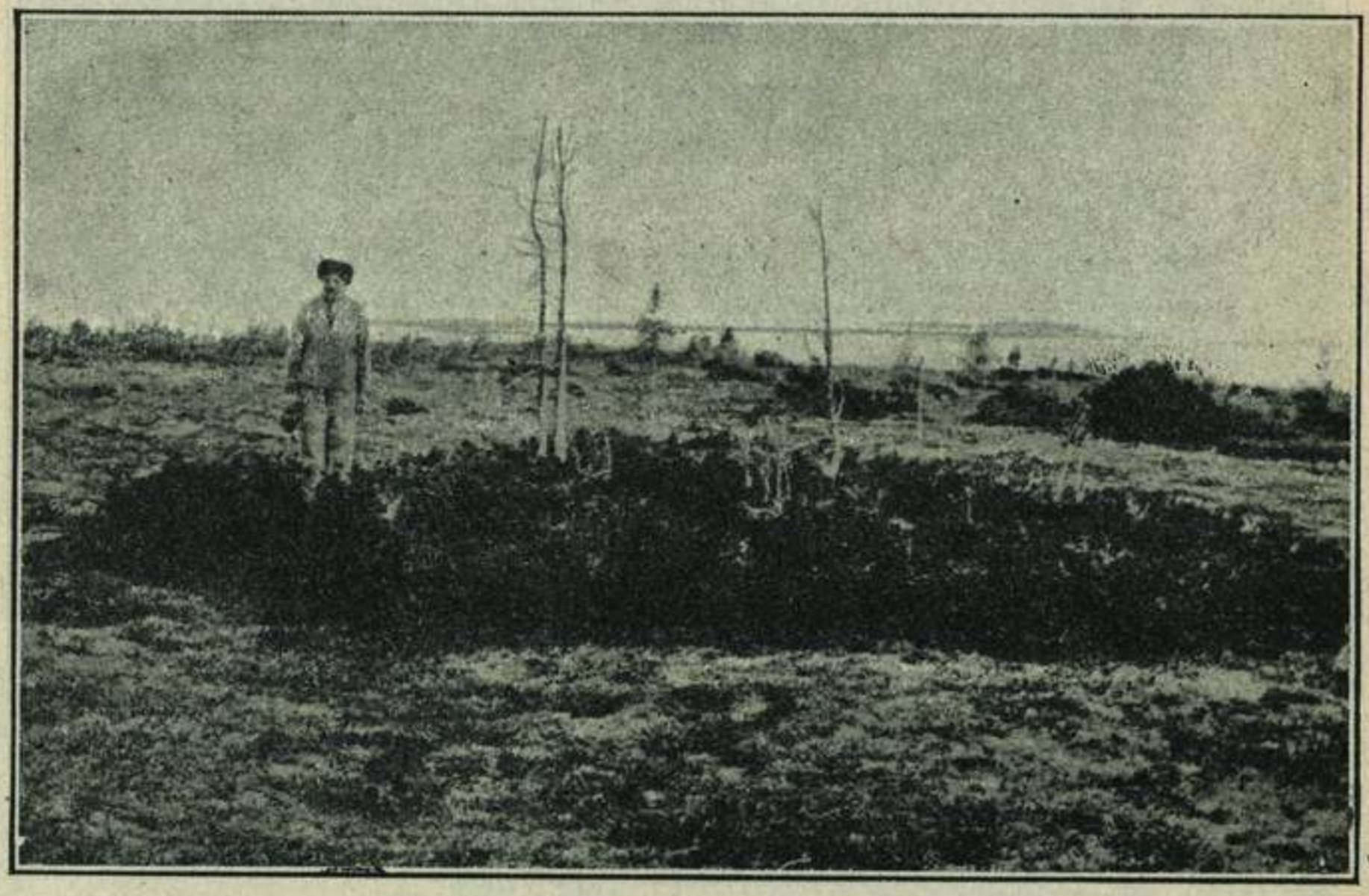


Fig. 1.112.—Pinos de ramas cortas y rastreras en la Laponia rusa. (Fotografía Palmen.)

Las especies herbáceas ofrecen un tipo xerófilo; las hojas son pequeñas, escamosas, duras, con frecuencia arrolladas.

Las asociaciones de estos climas son de una extraordinaria pobreza. Entre la zona forestal de Europa y América y estos lugares inhospitalarios se extiende una zona de plantas arbóreas achaparradas representadas por enebros y abedules, que poco a poco toman la facies ártica.

La formación más típica de la zona ártica es la *tundra*, que es una asociación discontinua de cierto aspecto desértico, formada por musgos y líquenes, entre los que destacan algunas matas de brezos, *Vaccinum* y

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Enperetrum y algunas especies herbáceas, como las saxífragas, juncos y Ciperáceas *(Carex)*.

En algunos sitios aparecen algunas turberas musgosas, alternando con desiertos pedregosos estériles privados de toda vegetación.

La vegetación en las montañas elevadas.—La vegetación de las altas montañas o *vegetación alpina* tiene una cierta fisonomía que la aproxima a la vegetación ártica, debido a las semejanzas que existen entre los climas de ambas regiones.

Un hecho que apuntamos al hablar de la zoogeografía (véase pág. 265) se comprueba también aquí. Los pobladores de las altas montañas han



Fig. 1.113.—Límite del bosque en Gatusa (Noruega).

llegado a su elevada morada después de la invasión de los hielos en la época glaciar. La flora de tipo ártico que poblaba la llanura, al desaparecer los hielos y hacerse el clima más benigno, busca refugio en las altas cumbres, que tienen su régimen climatológico muy análogo al en que estaba acomodada. Esto explica la existencia de ciertas semejanzas entre las plantas de la flora alpina de las diferentes cadenas de montañas.

La gran iluminación de las altas montañas determina, y esta es una de las más patentes diferencias, una intensidad vegetativa considerable que permite acelerar en estas plantas su ciclo biológico, que se cumple en el corto espacio de tiempo que dura la estación estival.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El clima frío y seco obliga a las plantas arbóreas a reducir sus ramas, tomando el aspecto de matas, como diversas especies de *Quercus* (carrasca) y enebros enanos *(Juniperus nana)* tan frecuentes en nuestras sierras centrales. El viento de las zonas altas deseca las ramas por el sitio donde con más frecuencia sopla, dando el aspecto característico de la vegetación de los límites del bosque a estas elevadas altitudes *(fig. 1.113)*.

Los vegetales que predominan en la zona alpina son los herbáceos que presentan adaptaciones xerófilas con enormes raíces. Las formaciones vegetales formando praderas en la parte baja van poco a poco tomando un aspecto que recuerda a la tundra. La parte menos montañosa cubierta de bosque es la que los botánicos llaman *zona subalpina*. La altitud de esta zona, y la alpina situada por encima de ella, depende de factores climatológicos difíciles de precisar en cada caso, y de la latitud.

La vegetación de los desiertos.—Cuando las condiciones del suelo y del clima son desfavorables surgen en todas las zonas de vegetación los desiertos.

Los suelos arenosos, muy permeables, así como los pedregosos y los constituídos por margas y arcillas ricas en sales, son los típicos del desierto; pero, sobre todo, es la irregularidad de las lluvias la causa inmediata de ellos.

En el desierto viven algunas gramíneas de vida fugaz. Las partes aéreas están poco desarrolladas, en tanto que las subterráneas adquieren insospechado desarrollo.

Las formas arbóreas, que son más frecuentes de lo que pudiera creerse, se presentan como arbustos o matas de finas ramas y generalmente espinosos. En los países cálidos se notan las formas crasas.

a) Desiertos tropicales.—La zona más interesante para nosotros es la faja que se extiende desde el Sahara hasta Arabia. En el Norte esta zona tiene afinidades con la flora mediterránea y en el Sur con la zona ecuatorial africana, existiendo en algunos parajes las euforbias cactiformes.

En la parte occidental, cerca del mar, existen plantas tan curiosas como la *Welwitschia mirabilis*, Gimnosperma rarísima del grupo de las gnetáceas, con tan sólo dos hojas enormes y opuestas *(fig. 1.114)*.

b) Los desiertos de las zonas templadas.—Estos desiertos ofrecen un riguroso invierno.

El Asia central es la zona donde estos desiertos alcanzan mayor ex-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

tensión. En ellos predominan las *Salsoláceas*, como el saxaoul *(Haloxylon Ammodendron)*, planta de enorme dispersión que en el desierto de Gobi está sustituída en su mayor parte por el *Agryophylum gobicum*.

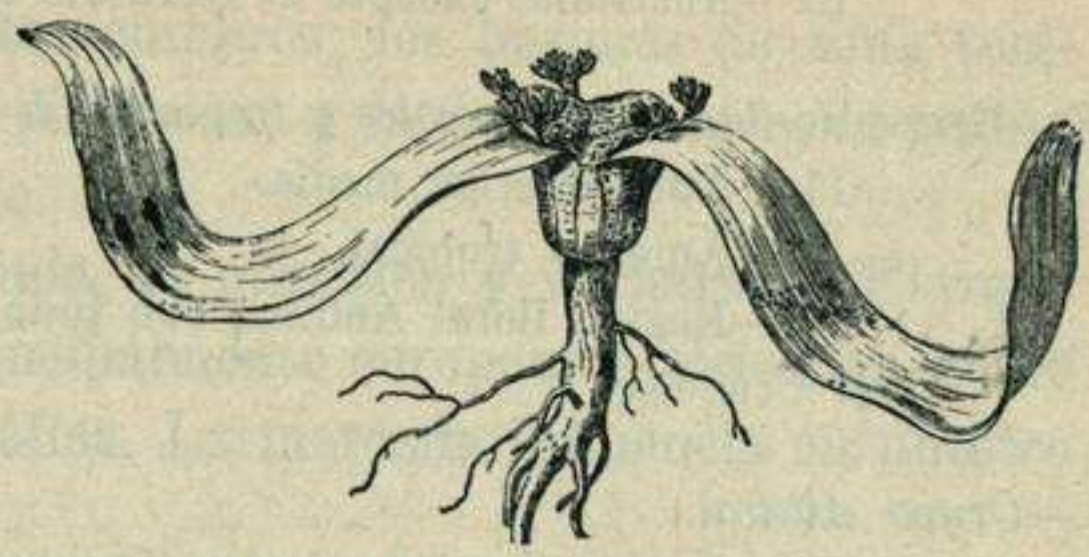


Fig. 1.114.—*Welwitschia mirabilis*, planta característica de la región oocidental del desierto de Sahara y cuyas enormes hojas se desgarran en lacinias cuando la planta es vieja.

Los de América del Norte recuerdan en parte a los desiertos tropicales por la presencia de las enormes Cactáceas y las Yucas arbóreas, y en parte a la zona de los climas intertropicales y templados, como la que se extiende en la región de las Montañas Rocosas, en la que predominan las formaciones herbáceas de gramíneas y sagebrush *(Artemisia tridentata)*. Los desiertos australianos ofrecen completamente caracteres de los tropicales y templados.

Regiones florales del globo.—Como antes dijimos, las regiones florales no tienen hoy en día la importancia que en otros tiempos se les concedió. No todos los autores están conformes en su delimitación, por lo que aquí nos limitamos a transcribir la de Drude y Neumayr, que establece VI grandes grupos y 14 regiones, y la de Engler, que coincide en gran parte con la anterior y que tiene en cuenta la historia geológica o paleogeografía de los actuales elementos continentales.

Regiones de Drude-Neumayr.

I.—Grupo de países que rodean el Polo Norte.

1.—Región floral del Norte, que comprende Europa media y nórdica, el Asia septentrional y la mitad septentrional de América, y las tierras árticas.

II.—Grupo de floras subtropicales y tropicales del Asia Occidental y África.

2.—Asia Central.
3.—Cuenca del Mediterráneo y Oriente.
4.—África tropical y Arabia meridional.
5.—Islas del Este de África.
6.—África austral.

III.—Grupo de floras subtropicales y tropicales del Sudoeste de Asia.

7.—Asia Oriental.
8.—India y Archipiélago de la Sonda.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

9.—Región floral melanesio-neozelandesa, incluyendo la flora tropical del Nordeste de Australia.

10.—Australia, excepto el Nordeste tropical.

IV.—Grupo de floras subtropicales y tropicales de América.

11.—Norteamérica media.

12.—América tropical.

13.—Región floral Andina, con toda la América austral, desde el Chaco y el Uruguay.

V.—Grupo Austral.

14.—Región floral Antártica (Patagonia, Malvinas, Kerguelen, Nueva Zelanda, etc.

VI.—Región floral oceánica.

Regiones de Engler

1.—Elemento arcto-terciario o reino holoártico.—Europa; Norte de África hasta el Sahara; Asia, excepto sus partes tropicales, y América del Norte hasta el Norte de Méjico.

2.—Elemento o reino paleotropical.—África y Asia intertropicales, Malasia, Melanesia y Norte y Noroeste de Australia.

3.—Elemento o reino neotropical.—América tropical hasta el Norte de Méjico, exceptuando las alturas Andina y parte de la Costa Pacífica.

4.—Elemento o reino Paleo-Oceánico.—América Austral y Andina (en su mayor parte). Cabo de Buena Esperanza y Australia, en el Norte y Noroeste.

Características de la flora ibérica.—Haremos aquí un resumen de las ideas expuestas sobre este particular por Dantín Cereceda en su *Resumen Fisiográfico de la Península Ibérica.*

Los elementos que intervienen en la flora de nuestro país son cuatro principales: la *flora subtropical* de tipo mediterráneo, la de los *bosques de zona templada*, la de *estepas de zona templada* e *islotes alpinos*, en las elevadas cordilleras que cruzan la Península.

Las estepas imprimen carácter a la flora de nuestro país. Se extienden por la meseta la parte meridional y levantina; toda la depresión del Ebro está ocupada por una extensa estepa. En el suelo de la estepa predominan las margas yesíferas, acompañadas frecuentemente por formaciones salinas que dan lugar a manantiales y lagunas de aguas que llevan en disolución sales diversas, especialmente sulfato magnésico. El clima es extremado y con escasas e irregulares lluvias.

Los árboles escasean y la vegetación herbácea queda reducida a va-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rias especies de *Quenopodiáceas*, algunas plantas crasas, gramíneas, como el esparto, Compuestas, Labiadas y algunas Leguminosas.

La flora ártica invade las altas cumbres: los bosques de zona templada, las regiones cantábrica y pirenaica; y la mediterránea, la región meridional y el litoral de levante.

La flora peninsular es, sin duda, la más rica y variada de Europa. Las relaciones de su flora son principalmente europeas y africanas, como corresponde a su situación geográfica. La marcada influencia en nuestro

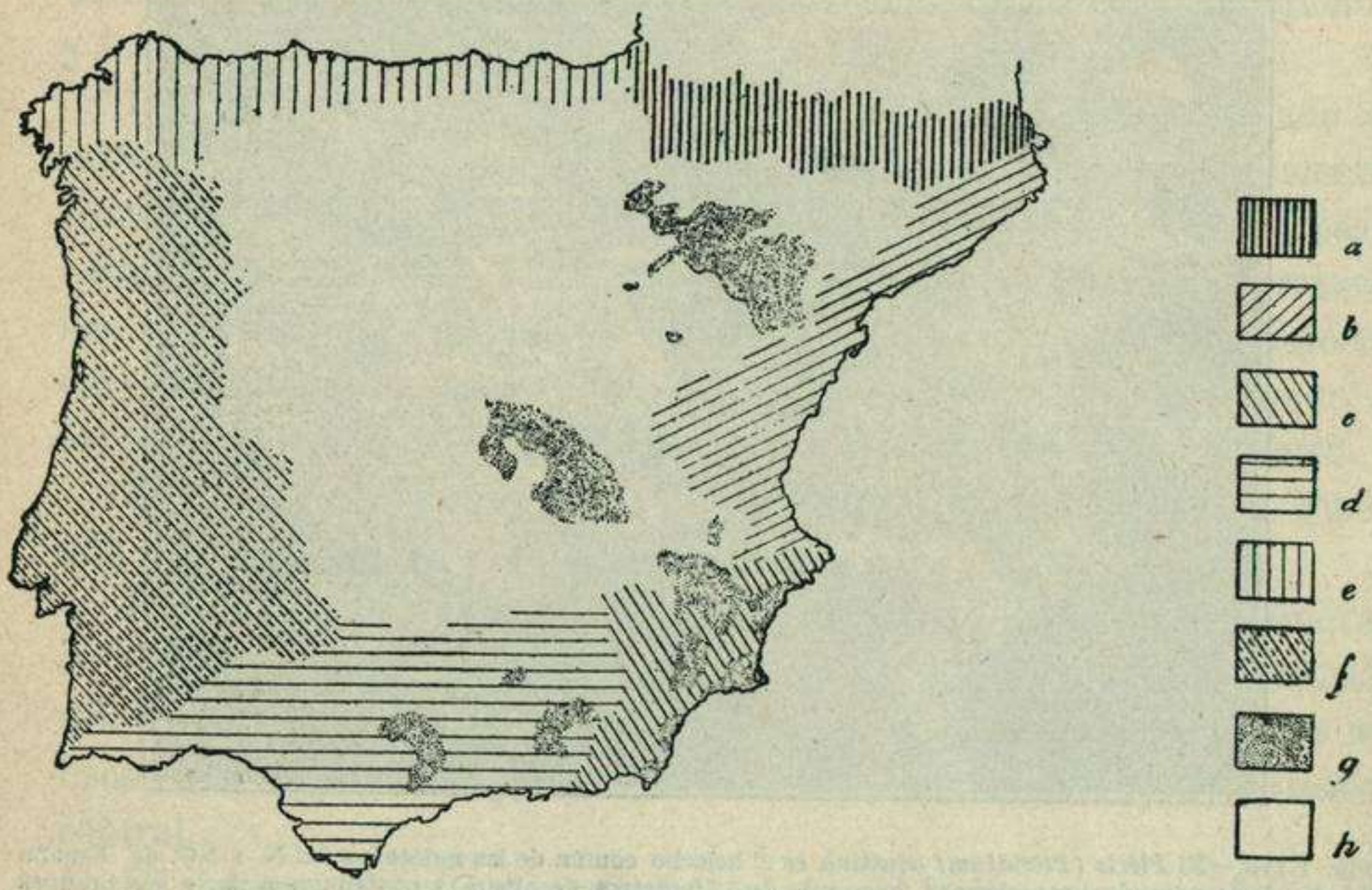


Fig. 1.115.—Mapa fitogeográfico de la Península Ibérica según Lázaro Ibiza (De Dantín).—*a*, Pirineos; *b*, región oriental; *c*, región sudoriental; *d*, región meridional; *e*, región septentrional cantábrica; *f*, región occidental; *g*, estepas; *h*, región central.

país de la flora africana es la que realmente le da carácter, así como la gran abundancia de arbustos y matas leñosas, que tanto contribuyen a la abundancia de matorral y monte bajo en nuestros llanos y en nuestras sierras.

Las zonas o regiones en que nuestra Península puede dividirse son las siguientes *(fig. 1.115)*: *Región Cantábrica* o *septentrional*; *Región Central*, la más típicamente Ibérica; *Región occidental* o *Atlántica*; *Región meridional*, que comprende casi toda la cuenca del Guadalquivir y la mayor

Instituto San Isidro de Madrid 2008

parte del sistema Penibético; *Región Sudoriental* y la *Oriental*, clásicamente mediterránea.

1) Región Cantábrica.—Esta región se extiende por la parte septentrional de la Península, comprendiendo el Pirineo, las montañas de la orla cantábrica y gran parte del macizo gallego.

Sus afinidades son claramente europeas, dominando en ella las formaciones del tipo de los bosques de clima templado; la flora alpina ocupa las elevadas cumbres de sus cordilleras.



Fig. 1.116.—El *Ptéris (Pteridium) aquilina* es el helecho común de las montañas del N. y NO. de España donde sus frondes alcanzan algunas veces más de 1,50 metros de altura y contribuye a dar a sus bosques el aspecto de un paisaje tropical. (Fot. O. Cendrero).

La vegetación arbórea, muy rica, está representada por árboles y arbustos de hoja caediza, predominando las hayas, los castaños, los robles, los avellanos, los olmos y los abedules y alisos; ciertos arbustos muy típicos, como los acebos, endrinos y majuelos; y matas, como los brezos y escajos *(Ulex)*.

Los valles están ocupados por extensas y alegres praderías de perpetuo verdor, en las que predominan las gramíneas. Los helechos constituyen extensas formaciones y adquieren a veces extraordinario desarrollo *(fig. 1.116)*.

Dentro de la región cantábrica, sus límites extremos, el Pirineo y el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

macizo gallego, destacan con marcada personalidad. El Pirineo toma una fisonomía europea cada vez más acentuada, y la flora del macizo gallego se confunde insensiblemente con la de la zona occidental.

2) Región central.—Es la más típicamente peninsular: comprende toda la meseta y la depresión del Ebro. Está atravesada por el Guadarrama y por Gredos, en cuyas más elevadas cumbres aparecen ya algunos retazos de la flora alpina.

En esta región establece su imperio la estepa, comprendiendo dos subregiones principales: la Central, que se extiende por una buena parte de Castilla la Nueva, hasta casi enlazarse con la de la región sudoriental; y la Aragonesa, que invade la mayor parte de la cuenca del Ebro.

Las praderas son escasas y de vida fugaz, dado lo extremado del estío. El matorral y el monte bajo son las formaciones más frecuentes. Abundan las formaciones de matas leñosas, de Labiadas, Cistáceas y Leguminosas; los tomillares, cantuesares, romerales, jarales y retamares, son asociaciones típicas de esta región. Las formaciones de matorral, en su límite norte están sustituídas por los brezales, y hacia el sur, en los límites de Sierra Morena, intercaladas con lentiscos y cornicabras.

3) Región occidental.—Comprende la mayor parte de Portugal, parte de Galicia y de Extremadura.

Esta región tiene influencias decididas de las regiones que la limitan: en el norte, que comprende parte del macizo gallego, existen formaciones de bosques de climas templados; la parte sur del Alentejo tiene una fisonomía meridional, y en el centro existen elementos de la meseta central.

El sistema central, que penetra en el país lusitano, marca dos subregiones: una norteña, con el pino negral *(Pinus pinaster)* y especies de *Quercus* de hojas caducas, y otra meridional, con pinos piñoneros *(Pinus pínea)* y *Quercus* de hojas persistentes.

El litoral tiene decidido carácter atlántico, existiendo algunas especies de Canarias, Azores y otros archipiélagos del Atlántico.

4) Región meridional.—Ocupa la depresión bética y se extiende hasta el Cabo San Vicente y la mayor parte del sistema penibético.

La flora de esta región está formada por flora esteparia mediterránea, y la alpina en las altas cumbres de Sierra Nevada, a más de importantísimos elementos africanos. Esto explica la riqueza y variedad de la vegetación de esta zona.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Abundan extraordinariamente las plantas de las zonas tropicales y aun ecuatoriales, lo que contribuye a que tenga una fisonomía subtropical típica que la aparta de todo tipo europeo.

5) REGIÓN SUDORIENTAL.—De clima seco y extremado; tiene su flora caracteres muy típicos; contribuyen a ello la flora esteparia y la mediterránea, que ofrece aquí un carácter africano, tal vez más acentuado aún que en la región meridional.

Las estepas en esta región se extienden desde muy cerca del litoral hasta continuarse casi con la de la Mancha.

6) REGIÓN ORIENTAL O MEDITERRÁNEA.—Esta zona, mal limitada, está determinada por la confluencia del sistema ibérico con el penibético.

Su flora está influenciada: por la del Pirineo, en la cadena costera catalana; por la sudoriental, en el sur, y por la central, en los límites con la meseta. A pesar de estos elementos extraños, su fisonomía especial es el predominio intenso de la flora mediterránea.

Por esta razón son muy frecuentes los arbustos y matas leñosos que dan lugar a típicos matorrales y monte bajo que recuerda a los de la meseta. Sus elementos integrantes son los laureles, mirtos, brezos, adelfas, lentiscos, cornicabras, acebuches, etc.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

BOTANICA ESPECIAL

CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS

Tipos en que se divide el Reino vegetal.—Los vegetales ofrecen caracteres muy diversos, que corresponden a grados distintos de complicación orgánica. En virtud del principio de la división del trabajo fisiológico (pág. 69), se puede fijar o medir el grado de evolución de una planta por el grado de diferenciación o complicación de su organismo, de modo que cuanto mayor sea el número de sus órganos distintos, tanto más evolucionada se la debe considerar.

Atendiendo a estas y a otras circunstancias, en el Reino vegetal se establecen varios Tipos de organización.

Las plantas más sencillas corresponden al *Tipo I*, *Protofitas*, cuyo aparato vegetativo es un talo en cuyas células no aparecen nunca plastos diferenciados y los núcleos de los cuales no aparecen todavía constituídos como tales; la membrana celular no está formada por celulosa, aunque sí por hidratos de carbono del grupo de los polisacáridos y próximos, químicamente, a esta sustancia. La reproducción normal es por bipartición o mediante *esporas* (pág. 527).

El *Tipo II*, *Talofitas*, está formado por plantas de aspecto muy diverso, pero siempre con aparato vegetativo taliforme *(fig. 1.117)*, y cuyas células tienen plastos y núcleos perfectamente constituídos. Su reproducción es ágama o sexual, pero en este caso sin alternancia de gametofito y esporofito, excepto en algunas formas superiores. Los gametos se originan en anteridios los masculinos y en oogonios los femeninos,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

sin que nunca se produzcan estos últimos en órganos que recuerden los arquegonios de los grupos siguientes.

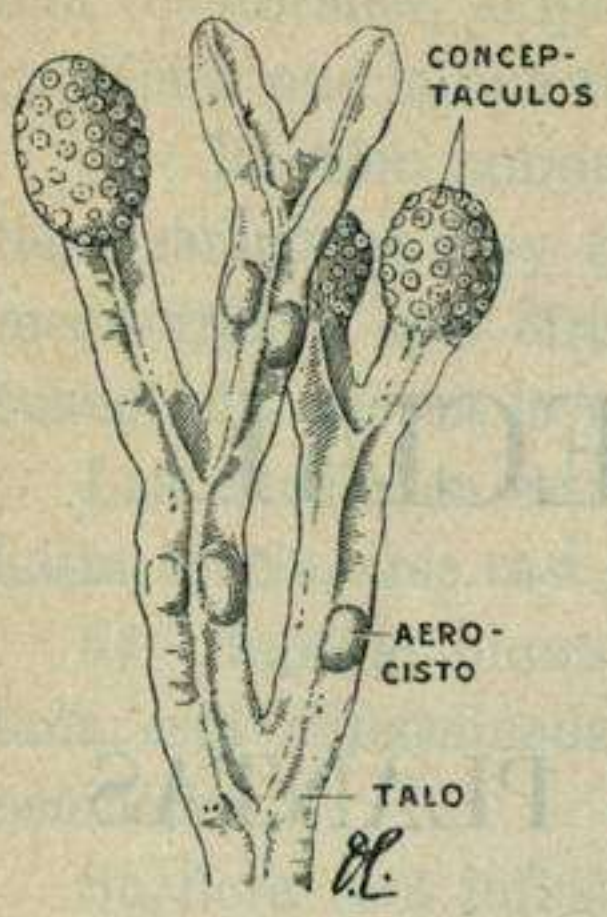


Fig. 1.117.—Talofita de talo muy diferenciado *(Fucus vesiculosum)*, Alga frecuente en nuestras costas.

El *Tipo III* son las *Muscíneas o Briofitas*, que son plantas talofíticas, es decir, con talo. Tienen alternancia de generaciones, o sea una fase sexual o gametofito que produce una asexual o esporofito. Los elementos reproductores se forman: los masculinos o anterozoides en los anteridios, y las oosferas o femeninos en los arquegonios (pág. 532).

El talo de los Musgos superiores, que está muy diferenciado, hasta el extremo que parece tener órganos en forma de hojitas y de tallos *(figura 1.118)*; pero, sin embargo, no tiene nunca raíces, y menos elementos vasculares y fibras.



Fig. 1.118. — En un musgo superior su talo se diferencia en hojas y en tallos teniendo pelos rizoides en sustitución de las raíces. Los esporangios representan el *esporofito* que se des-arrolla sobre el *gametofito*.

El *Tipo IV*, *Pteridofitas* o *Criptógamas fibrosovasculares*, tiene su aparato vegetativo en forma de *Cormus* (pág. 471), es decir, con raíz, tallo y hojas *(figura 1.119)*, en los tejidos de cuyos órganos existen fibras y elementos vasculares. Como las Briofitas, tienen un ciclo evolutivo con dos fases, gametofito y esporofito, y las oosferas se forman en arquegonios



Fig. 1.119.—El esporofito de un helecho (Pteridofita) tiene estuche cormofítico; es decir, tiene raíz, tallo y hojas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El *Tipo V* está constituído por las *Espermofitas*, *Espermafitas* o *Fanerógamas*, que son plantas cormofíticas, o sea con raíz, tallo y hojas *(figura 1.120)*. La reproducción se realiza mediante la alternancia de dos fases: una gametofítica o sexual y otra esporofítica o asexual, de un modo análogo a lo que sucede en las Muscíneas y Pteridofitas, aunque quizá en las Fanerógamas no son tan evidentes estas fases.



Fig. 1.120.—Esquema de una Fanerógama con la flor en su extremo superior. (Imit. Gerardin.)

Los órganos reproductores forman las *flores (fig. 1.120)*, partes vistosas y generalmente coloreadas que, sin embargo, en muchas Espermofitas son muy modestas y poco aparentes, hasta el extremo que el concepto de flor que tiene el botánico es muy diferente del que posee el vulgo. En los grupos anteriores, el huevo fecundado o zigoto se desarrolla directamente, y *sin interrupción*, hasta su término evolutivo; en las Fanerógamas, el huevo fecundado se transforma en un embrión que dará origen a lo que se llama una *plántula*, formada por su *raicilla* o *rejo*, un *tallito*, una *yema* y una o dos *hojas* que se llaman *cotiledones*, es decir, una planta en miniatura *(fig. 1.121)*. La plántula atraviesa un período de vida latente, envuelta en un conjunto de tejidos de reserva, que utilizará en su ulterior desarrollo, y en varias cubiertas protectoras. El conjunto de la plántula, los tejidos protectores y sus cubiertas, forma la *semilla*, la cual unas veces está al descubierto o imperfectamente protegida, que es lo que ocurre en la *Clase de las Gimnospermas (figura 1.122)*, o, por el contrario, se halla alojada y protegida en el interior de unas cavidades, llamadas *ovarios*, que en la madurez se transforman en *frutos*, como ocurre en la *Clase de las Angiospermas (figs. 1.123* y *1.124)*.

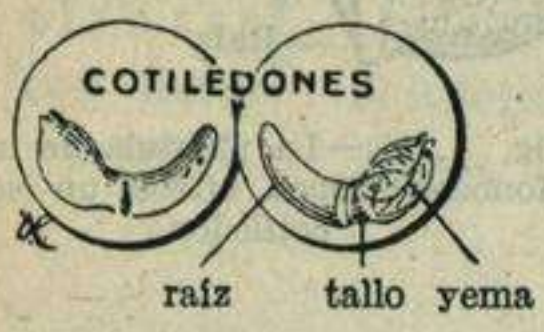


Fig. 1.121.—Esquema de la constitución de la semilla de una Espermofita dicotiledónea.



Fig. 1.122.—Semillas de una Gimnosperma que aparecen en los bordes de una hoja transformada llamada carpelar.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

En la Clase de las Angiospermas se establecen dos *subclases*, llamadas *Dicotiledóneas* y *Monocotiledóneas*. Las plántulas encerradas en las semillas de las primeras tienen dos cotiledones u hojuélas embrionarias *(fig. 1.123)*, y las de las segundas, sólo tienen una *(fig. 1.125)*.

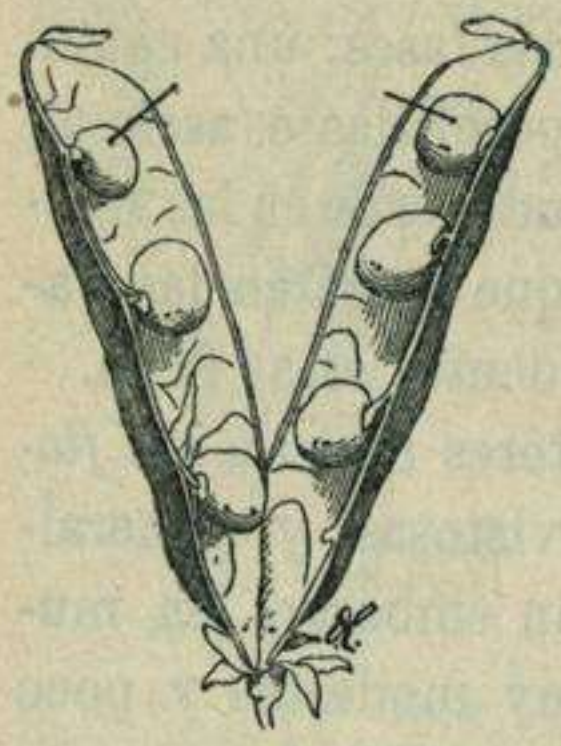


Fig. 1.123.

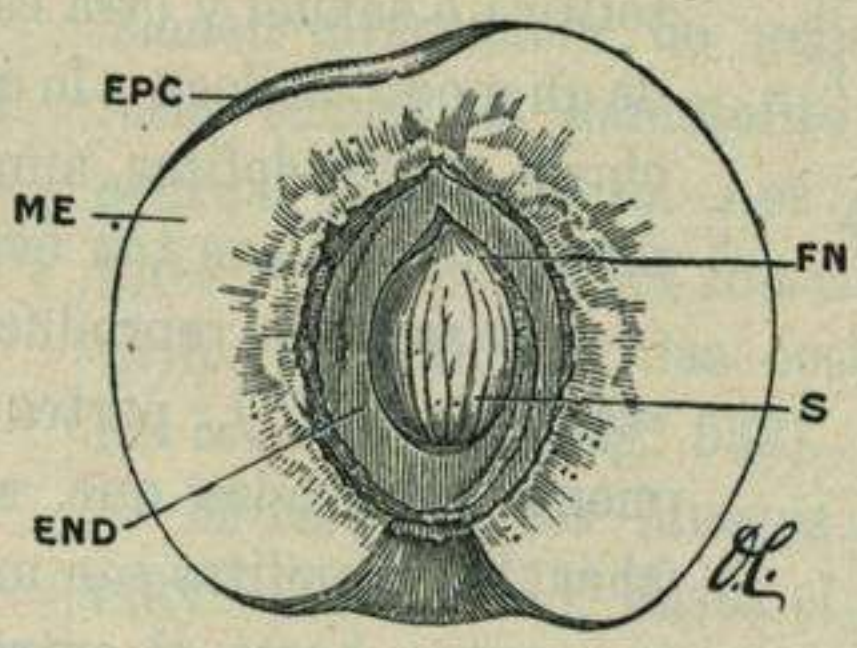


Fig. 1.124.

En las Angiospermas las semillas están dentro del fruto, como ocurre en el guisante de la *fig. 1.123* y en el melocotón de la *fig. 1.124*.

Desde la época de Linneo las Fanerógamas o plantas con flores se contraponen a todas las demás, que reciben el nombre de *Criptógamas*, palabra que quiere decir *plantas sin flores*. En estas últimas se distinguen dos grupos: las *Criptógamas celulares*, que son las que no tienen elementos fibrosos y vasculares diferenciados, y las *Criptógamas fibrosovasculares*, que deben su nombre al hecho de tenerlos constituídos. A todas las plantas con talo se las ha denominado *Arrizofitas* por carecer de raíces, a diferencia de las *Cormofitas*, que por poseer dicho órgano se las llama *Rizofitas*.

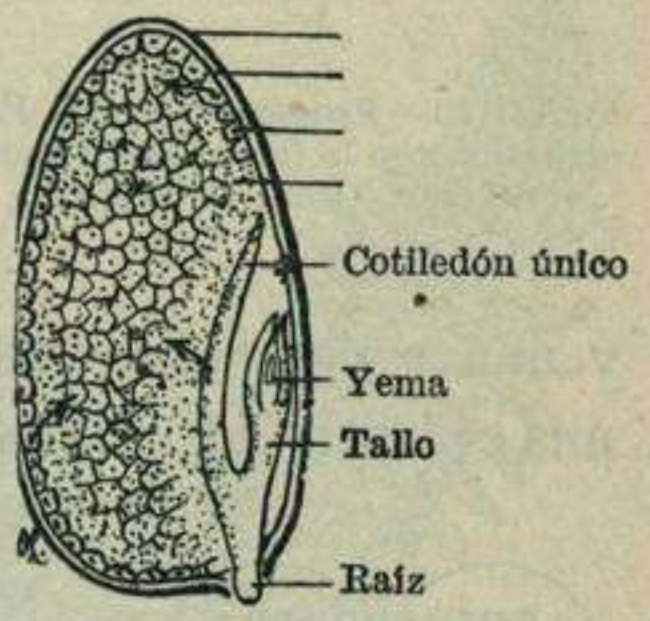


Fig. 1.125.—La plántula de una Monocotiledónea ofrece un solo cotiledón.

Botánicos hay que han querido hacer notar que las Briofitas y las Pteridofitas tienen analogías por poseer arquegonios, y por esto las han reunido en un grupo, al que denominan de las *Arquegoniadas*.

Las diversas afinidades de los Tipos de plantas se expresan en el cuadro siguiente:

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Criptógamas o plantas sin flores y sin semillas.	Tipos	Clases		
	Protofitas: taliformes, sin plastos y sin núcleos verdaderos.	Sin clorofila: *Bacteriáceas.*	*Criptógamas celulares*, sin fibras ni vasos; aparato vegetativo formado por un talo.	Sin raíces *(Arrizofitas).*
		Con clorofila: *Cianofíceas.*		
	Talofitas: taliformes, con plastos y núcleos. Con oogonios y sin arquegonios.	Con clorofila: *Algas.*		
		Sin clorofila: *Hongos.*		
		Reunión de algas y hongos: *Líquenes.*		
	Briofitas: taliformes y con arquegonios.		*Arquegoniadas.*	
	Pteridofitas o *Criptógamas fibroso vasculares:* Cormofitas con fibras y vasos y con arquegonios.			
Fanerógamas o Espermafitas, es decir, plantas con flores y semillas.	*Gimnopermas*, o con semillas al descubierto.	*Dicotiledóneas*, o sea que sus plántulas tienen dos cotiledones.	*Plantas cormofíticas*, con fibras y vasos *(Cormofitas)*, hojas, tallo y raíces.	Con raíces *(Rizofitas).*
	Angiospermas, o con semillas en el interior de los frutos.	*Monocotiledóneas*, o con plántulas provistas de un solo cotiledón.		

TIPO I. PROTOFITAS

Son también llamadas *Esquizofitas* por algunos autores. Son los vegetales más sencillos de todos los conocidos. Su talo está muy poco diferenciado, estando constituído por células aisladas o dispuestas en filas; rara vez forman una lámina o una masa.

El talo es, generalmente, incoloro, y cuando tiene alguna materia colo-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rante, no está localizada en plastos, ya que, como hemos dicho, no existen éstos como elementos diferenciados del protoplasma.

El núcleo no está diferenciado y la materia cromática está esparcida en el protoplasma o formando un seudonúcleo que carece de membrana *(fig. 17)*.

Se reproducen por división de su aparato vegetativo. En uno de los grupos de Protofitas, en las Bacteriáceas, cuando las circunstancias del ambiente son desfavorables, en el protoplasma de sus células se ve formarse un gránulo brillante que después se hace opaco por protegerse de una resistente membrana que se pone en libertad por destrucción de la célula que le dió origen. Estos gránulos se llaman *esporas* y son muy resistentes a los agentes exteriores *(figs. 1.036 y 1.037)*.

Las Protofitas se dividen en dos clases:

Clase I. Bacteriales o *Esquizomicetos:* Tienen el protoplasma incoloro por faltar constantemente la clorofila. En algunos casos poseen ciertos pigmentos, como el que les presta una tonalidad rosada, debida a uno denominado *bacteriopurpurina* que permite la asimilación del carbono.

Clase II. Cianoficales o *Esquizoficeas:* poseen un color verde azulado, debido a que la clorofila se encuentra acompañado de un pigmento azul llamado *ficocianina*.

CLASE I. BACTERIALES O BACTERIACEAS

Las *bacterias*, por carecer de clorofila, tienen que vivir a expensas de materia orgánica, ya muerta, *bacterias saprofitas*, ya viva, *bacterias parásitas* o *bacterias patógenas*, es decir, que producen enfermedades. Las bacterias son microscópicas y generalmente unicelulares: su forma es muy variada, pudiendo reducirse a tres tipos: 1.°, las de forma *redondeada*, denominadas *Cóccus* o *cocos (figura 1.126)*; 2.°, las de forma *alargada*, cilíndrica y recta, que reciben el nombre de *Bacillus* o *bacilos (figu-*

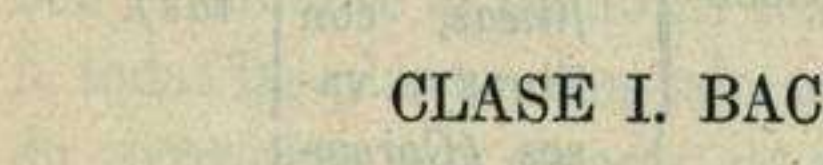


Fig. 1.126.—Diversas formas de *Cóccus*.

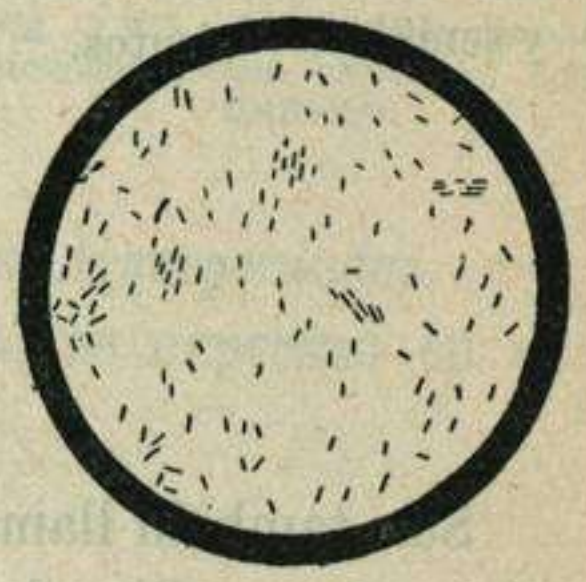


Fig. 1.127.—*Bacillus tuberculosis*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ra 1.127), y 3.°; las de forma alargada pero *encorvada*, en las que se distinguen los *Víbrio (fig. 1.123)*, formados por una sola célula, y los *Spirillum*, formados por varias células que constituyen un filamento enrollado en espiral (*). Como especies notables citaremos el *Bacillus amylobácter*, que ataca y disuelve la celulosa y es el agente principal de la fermentación butírica de los azúcares; el *B. tuberculósis (fig. 1.127);* el



Fig. 1.128.—*Vibrio Cholerœ.*

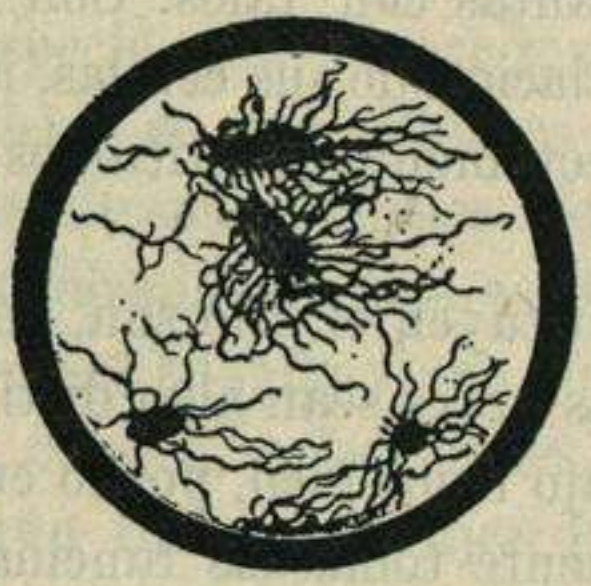


Fig. 1.129.—*Bacillus typhósus.*



Fig. 1.130.—*Bacillus diphteriæ*

B. typhósus (fig. 1.129) o de la fiebre tifoidea; el *B. cholerœ (fig. 1.128)*, el *B. diphteriæ* o de la difteria *(fig. 1.130)*. También corresponden a este grupo las *bacterias sulfurarias (Beggiatoa)*, que tienen la propiedad de reducir los sulfatos con desprendimiento de gas sulfhídrico, contribuyendo a la formación de las aguas *sulfurosas* o *sulfhídricas*.

CLASE II. CIANOFICALES O CIANOFÍCEAS

Las Cianofíceas abundan extraordinariamente en el mar, en las aguas dulces y en la tierra húmeda. Algunas entran a formar parte de ciertos Líquenes y muy pocas son parásitas de otras plantas.

Las más conocidas y fáciles de observar son las especies de los Géneros *Rivularia* y *Oscillaria*, que forman las manchas azulado-verdosas que con frecuencia se observan sobre los muros o en tierra húmeda.

Las del Género *Oscillaria* deben su nombre a que en el microscopio, los filamentos pluricelulares que constituyen su cuerpo se denuncian por

(*) Para más detalles sobre la morfología y biología de las bacterias, véase *Elementos de Higiene*, por O. Cendrero, 8.ª edic., pág. 12.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

un característico movimiento de oscilación de derecha a izquierda o de avance o retroceso, cuya causa se desconoce.

TIPO II. TALOFITAS

Las Talofitas son plantas con talos. Son superiores a las Protofitas por la más alta diferenciación de sus células, revelada por la posesión de plastos, de núcleos perfectamente constituídos, y, generalmente, de membrana celulósica.

Las células que constituyen el talo son, generalmente, análogas entre sí, y aun cuando algunas veces sean algo distintas, esta diferenciación no indica división del trabajo fisiológico, por lo cual todas las células pueden desempeñar indistintamente todas las funciones. No es raro que el talo se diferencie *exteriormente* simulando una planta con tallo y hojas *(figura 1.146);* pero aun en este caso, dicha diferenciación exterior no *se traduce en una diferenciación fisiológica o funcional.*

Se *reproducen* de maneras muy diversas, de un modo sexual o asexual, según se verá en particular en cada grupo.

Se dividen en dos *Clases:* la de las *Algas* o Talofitas provistas de clorofila, la cual puede estar enmascarada por otros pigmentos, y la de los *Hongos* o Talofitas sin clorofila. Además se agrega como apéndice el grupo de los *Líquenes*, que son Talofitas constituídas por la asociación de un alga y de un hongo.

CLASE ALGAS

Por el hecho de *poseer clorofila*, las algas son autotrofas. Muchas Algas carecen aparentemente de clorofila, porque ésta se encuentra enmascarada por sustancias colorantes que comunican al vegetal un color distinto al verde, el cual puede hacerse desaparecer, dejando al descubierto el color verde, porque dichos colores se disuelven en el *agua dulce*. Estas sustancias colorantes son: la *ficofeína*, que les da color pardo (gr. *phaion*, pardo); la *ficoxantina*, amarillo (gr. *xanthos*, amarillo), y la *ficoeritrina*, rojo (gr. *erytrós*, rojo).

Algunas algas viven en lugares húmedos, pero la mayor parte lo hacen

Instituto San Isidro de Madrid 2008

en el agua, tanto en la del mar como en la dulce, a profundidades variables, si bien por debajo de los 200 metros no puede vivir ninguna: la mayor parte se encuentran desde la superficie hasta los 40 metros.

La *reproducción* es muy variada, pero puede deducirse a dos formas: la *asexual* o por *esporas* y la *sexual* o por *huevos*. Ambos procedimientos pueden coexistir en la misma especie.

REPRODUCCIÓN SEXUAL.—Se lleva a cabo por medio de las *esporas*. Las esporas son muy variadas en su constitución, distinguiéndose dos clases principales: cuando la especie que las origina vive en tierra húmeda, consisten en una célula esferoidal provista de doble membrana celulósica, de las cuales la exterior está cutinizada; en este caso son inmóviles. Por el contrario, cuando viven en agua son *zoosporas (figs. 25, 26 y 27);* las cuales, después de haber nadado algún tiempo, se fijan y pasan a esporas inmóviles que originan un talo *(figs. 1.039 y 1.131)*.



Fig. 1.131.—Desarrollo de una zoospora de *Conférva*.

REPRODUCCIÓN ASEXUAL.—Puede verificarse por *isogamia* y por *heterogamia*. *La isogamia*, a su vez, puede hacerse por medio de gametos *inmóviles* o *cautivos* y por gametos *movibles* o *libres*. Ya vimos la formación del huevo en la *Spirogyra* (pág. 530 y *fig. 1.047)*. En algunas formas afines, como en el *Mesocarpus*, la isogamia es perfecta, ya que los dos gametos iguales recorren un camino análogo y se reúnen en el punto medio del puente que une los dos filamentos de algas *(fig. 1.132)*.

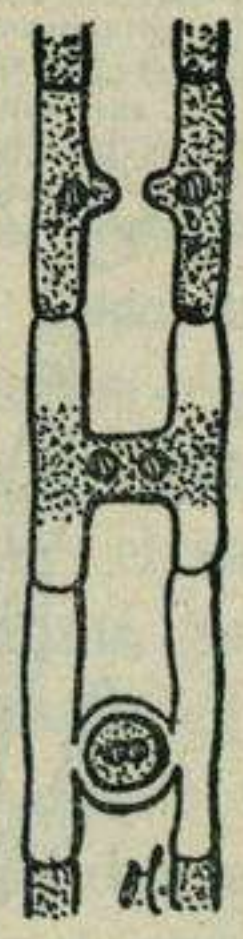


Fig. 1.132.—*Mesocárpus*, alga que presenta el caso más sencillo de reproducción sexual.

La isogamia por *gametos libres* se verifica en otras varias algas, en las cuales una de sus células se divide en 16 ó 32, cada una de las cuales se provee de dos pequeños flagelos: éstas salen al exterior por un orificio de la célula madre, y en cuanto se encuentran dos de ellas *(fig. 1.133)* se fusionan y originan el *huevo*. En todos los casos el huevo, dividiéndose multitud de veces, origina una nueva planta.

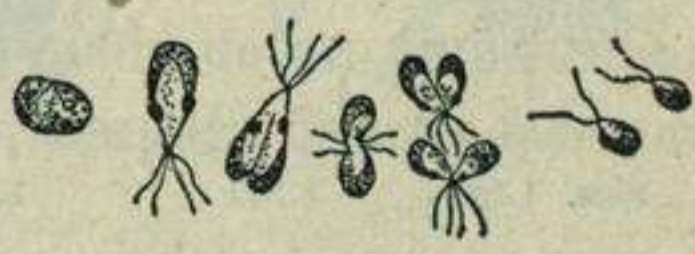


Fig. 1.133.—Isogamia por gametos libres.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

La reproducción *heterogánica* la presentan varias Algas, como las del género *Œdogonium*, ya estudiado (pág. 531 y *fig. 1.048)* y las algas pardas llamadas calocas o sargazos vejigosos *(Fúcus vesiculósus)*, tan abundantes en las costas. El talo de estas algas *(fig. 1.117)* está provisto de vesículas que le sirven de flotadores, y en sus extremos, libres y abulta-

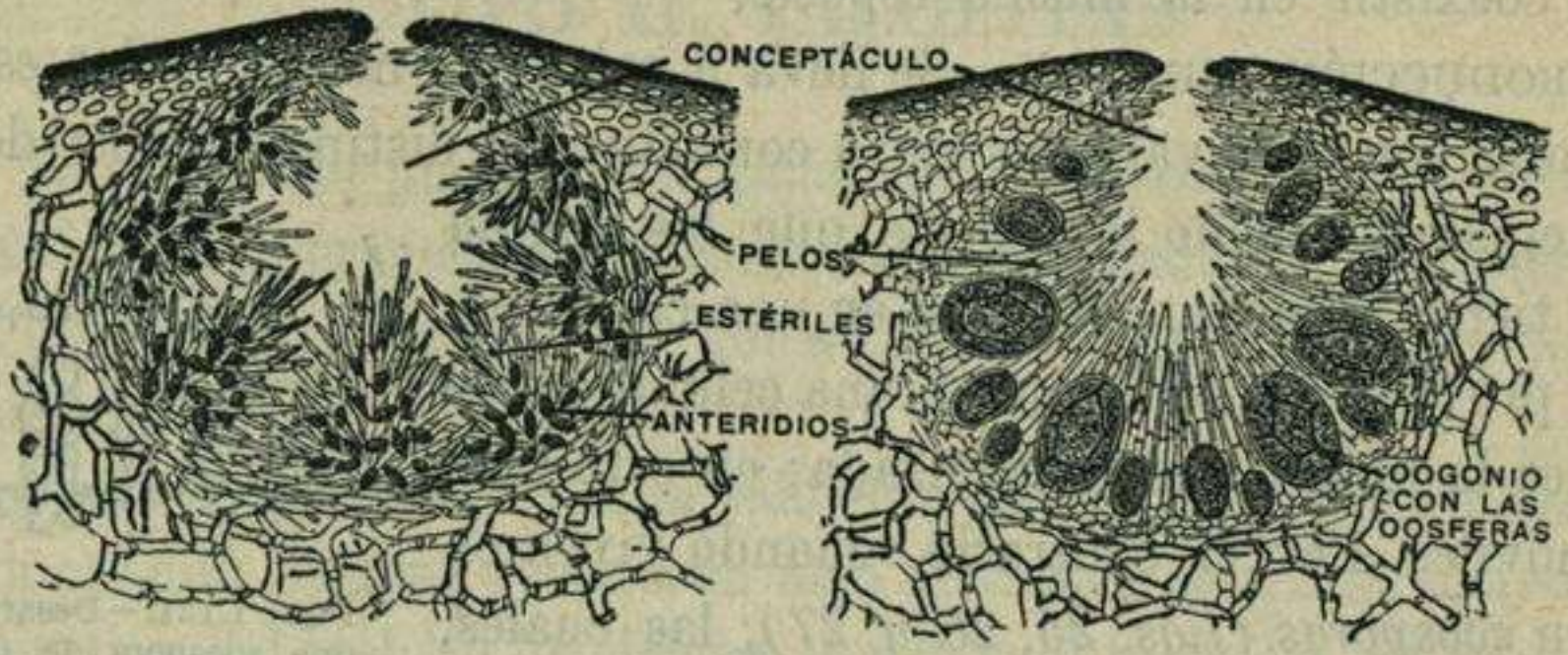


Fig. 1.134. Fig. 1.135.

Conceptáculo masculino (fig. 1.134) y femenino (fig. 1.135) de un *Fúcus*

dos, poseen numerosas cavidades o *conceptáculos* que comunican con el exterior por un pequeño orificio. Cada conceptáculo posee en su interior numerosos pelos, una porción de los cuales origina los *anteridios* u *órganos masculinos* en unos talos *(figura 1.134)* y los de otros talos distintos los *oogonios* u *órganos femeninos (fig. 1.135)*. Los *anteridios (figura 1.136)*, llenos de numerosos *anterozoides* o *elementos sexuales masculinos*, salen de los conceptáculos y dejan en libertad los anterozoides *(figura 1.137)*, que son movibles. Los *oogenios* dan lugar a varias *oosferas* o *elementos femeninos*, reunidas en grupos, las cuales en cuanto salen de los conceptáculos quedan en libertad *(figs. 1.138 y 60, A)* y es fecundada cada una por un anterozoide, constituyéndose el *huevo*, que origina un nuevo talo.



Figs. 1.136 1.137 1.138



Fig. 1.139.—*Nemálion* cuya reproducción se asemeja a la de las Muscíneas.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Finalmente, es notable la reproducción de los *Nemálion*, algas filamentosas y rojas de nuestros mares. En la terminación de algunos filamentos *(fig. 1.139)* se forman unas células pequeñas y esféricas que son los *anteridios;* cada uno de éstos origina, por la condensación de su protoplasma y núcleo, *un solo anterozoide* redondeado, que rompiendo la pared del anteridio sale al exterior y se dota de una delgada membrana celulósica. El *oogonio* consiste en la célula terminal de otro filamento cuya base se ensancha y aloja la *oosfera* constituída por el protoplasma y núcleo del oogonio: la porción terminal se prolonga en un tubo estrecho denominado *tricogino*, cuya punta se gelifica. Cuando un anterozoide se pone en contacto con el tricogino es retenido por éste, se rompe la membrana del primero y su contenido penetra a lo largo del tricogino hasta ponerse en contacto con la oosfera para formar el *huevo*. Este huevo *al desarrollarse da origen, no a un talo, sino a un esporogonio (fig. 1.140)*, es decir, a numerosos filamentos, en cada uno de los cuales su célula terminal se convierte en una *espora:* ésta, al germinar *(fig. 1.141)* tampoco origina el talo, sino un órgano filamentoso y transitorio denominado *protonema* (gr. *protos*, primero; *nema*, hilo, filamento), *sobre el cual se origina el talo definitivo (fig. 1.141)*. La reproducción del *Nemálion* es instructiva porque en ella aparece ya la alternancia del gemetofito y el esporofito, que tan claramente se dibuja en las Briofitas y Pteridofitas. Sobre el gametofito se producen los oogonios y anteridios que dan origen al zigoto; éste produce un esporofito rudimentario o esporogonio que vive sobre el gametofito al modo de un parásito. Las esporas del esporogonio originan, por último, después de una fase protonémica, el gametofito.



Fig. 1.140.

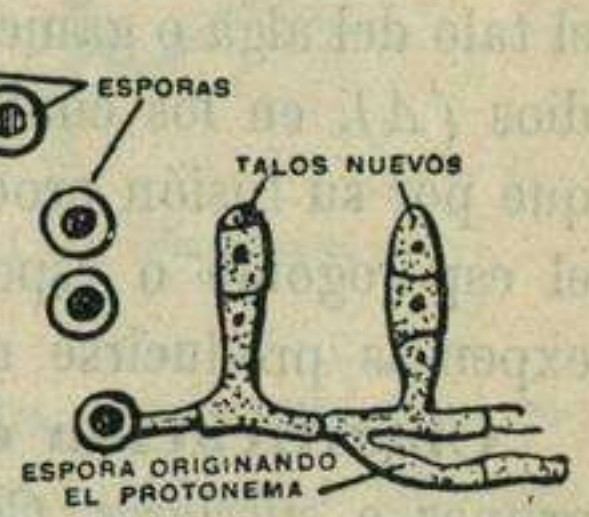


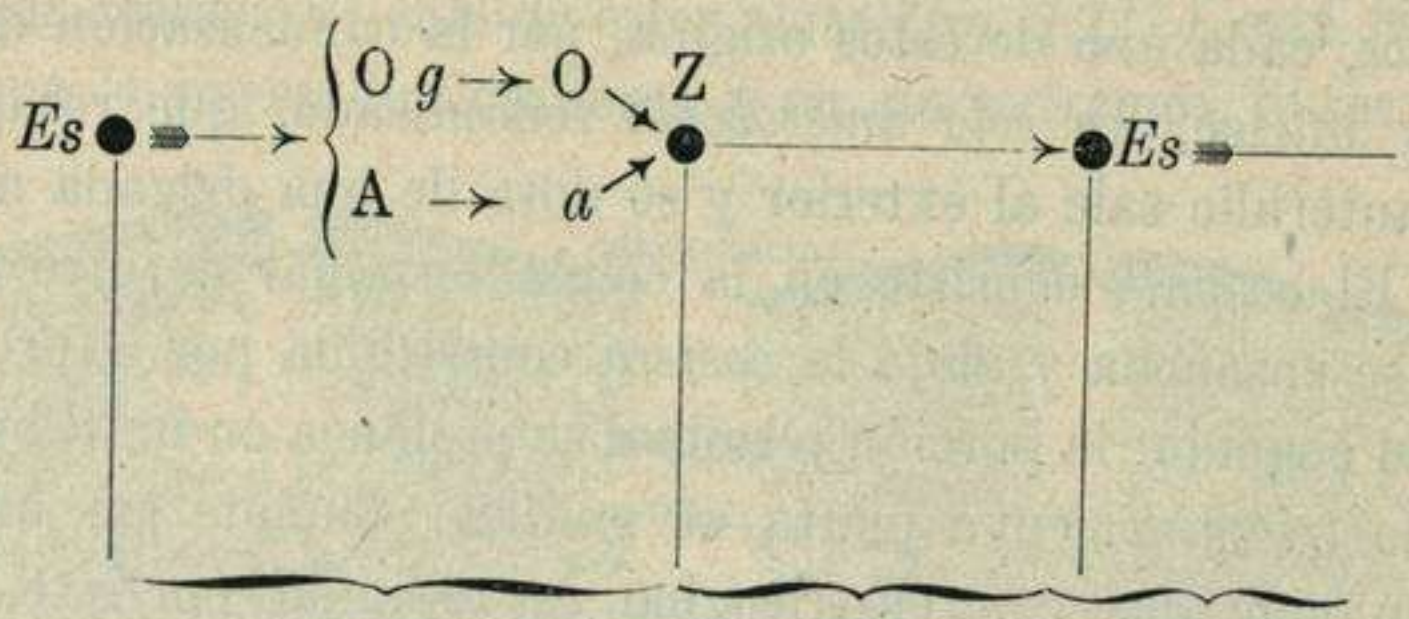
Fig. 1.141.

Evolución del huevo y de las esporas de *Nemálion*.

En el adjunto esquema sintetizamos la alternancia de estas fases de su ciclo vital.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Reproducción del Nemálion
(esquema)



Es, es la espora, la cual produce un protonema sobre el que se desarrolla el talo del alga o gametofito: en éste aparecen los oogonios *(Og)* y anteridios *(A)*, en los cuales se forman la oosfera *(O)* y el anterozoide *(a)*, que por su fusión producen el huevo o zigoto *(Z);* éste, a su vez, origina el esporogonio o esporofito, en el que se forma la espora *S*, para a sus expensas producirse un nuevo gametofito.

Clasificación de las Algas.—Las Algas se dividen en varios grupos o *subclases. Cloroficales, cloroficeas* o *algas verdes; Rodimeniales, Rodofíceas* o *algas rojas; Feoficales, Feofíceas* o *algas pardas; Diatomeas* o *algas silíceas*, y, por último, se agrega un apéndice en el que se incluyen las *Carales* o *Caráceas.*

Subclase Clorofíceas, Cloroficales o Algas verdes.—En ellas la clorofila no está enmascarada por ningún otro pigmento, por lo cual su color es verde. La mayor parte viven en agua dulce. Las más frecuentes son: el *Protocóccus víridis*, que es unicelular y habita principalmente en los troncos y muros azotados por la lluvia; las *Spirogyra, Conférva, Mesocárpus* y *Œdogónium* son filamentosas y viven en las aguas dulces, donde forman lo que el vulgo llama indistintamente *verdín, ovas* y *baburrina;* el *Rhizoclónium rivuláre*, constituído por largos filamentos, es una de las especies de verdín más abundantes; por último, la *Ulva lactúca*, cuyo talo semeja trozos de hoja de lechuga y es comunísima en las costas.

Subclase Feoficales, Feofíceas o Algas pardas.—Su color es debido a la *ficofeína* o a la *ficoxantina*. La mayor parte son marinas o de agua salobre. Entre las más conocidas citaremos las *Laminária (fi-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

guras 899 y 1.142), ricas en yodo; los *Fúcus*, de que antes se habló (página 590), también ricos en yodo; los *sargazos* o uvas de mar *(figura 1.143) (Sargássum vulgáre, baccíferum*, etc.), que tanto abun-



Fig. 1.142.—Las olas arrojan frecuentemente a las playas algas *Laminária* completas y de gran tamaño: las que figuran en este grabado tienen el talo muy dividido y miden más de un metro de altura. (Fot. O. Cendrero).



Fig. 1.143.—*Sargássum*.

dan en algunas regiones del Atlántico (mar de los *sargazos)*, y el gigantesco *Macrocystis pyrífera (fig. 1.144)*, que llega a alcanzar 200 metros de longitud.



Fig. 1.144.—*Macrocystis*.

Subclase Rodimeniales o Rodofíceas.—Son algas marinas de color rojo, debido a la *ficoeritrina*. Entre ellas se encuentran: el género *Nemálion:* la *Coralina officinális*, incrustada de carbonato cálcico y que semeja un coral *(fig. 872);* el *Lythophíllum expánsum*, también ca-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

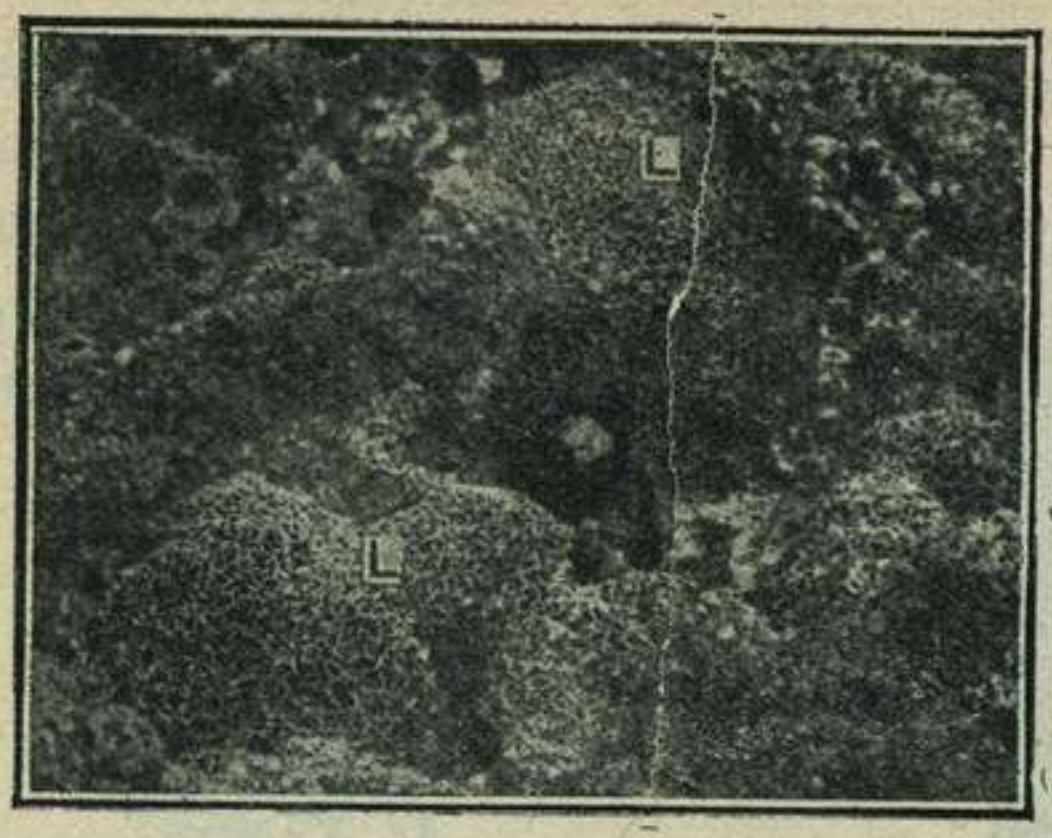


Fig. 1.145.—Roca recubierta en *L* por el alga caliza *Lythophillum expánsum*. (Fot. O. Cendrero.)

lizo y que forma costras en las rocas de las costas *(figura 1.145)*, y, finalmente,



Fig. 1.146.—*Delesséria.*

la *Delesséria sanguínea (fig. 1.146)*, que parece el tallo con hojas de una Fanerógama.

Subclase Diatomáceas o Bacilariales.—Comprenden únicamente las *Diatomeas* o *Bacilariáceas*. Son unicelulares y su membrana está silicificada (por lo que también se llaman *algas silíceas)* y provista de variados y bellos relieves *(figuras 1.147* y *1.148)*, forma dos valvas o *frústulas* que encajan una en otra como las partes de una fiambrera *(fig. 1.149)*; dicha membrana es de ópalo y constituye un verdadero esqueleto exterior o



Fig. 1.147.—La Diatomácea *Pleurosigma angulátum*, tiene forma alargada y es una de las especies más comunes. (Microfotografía comunicada por el Prof. P. Valderrábano, S. J.)

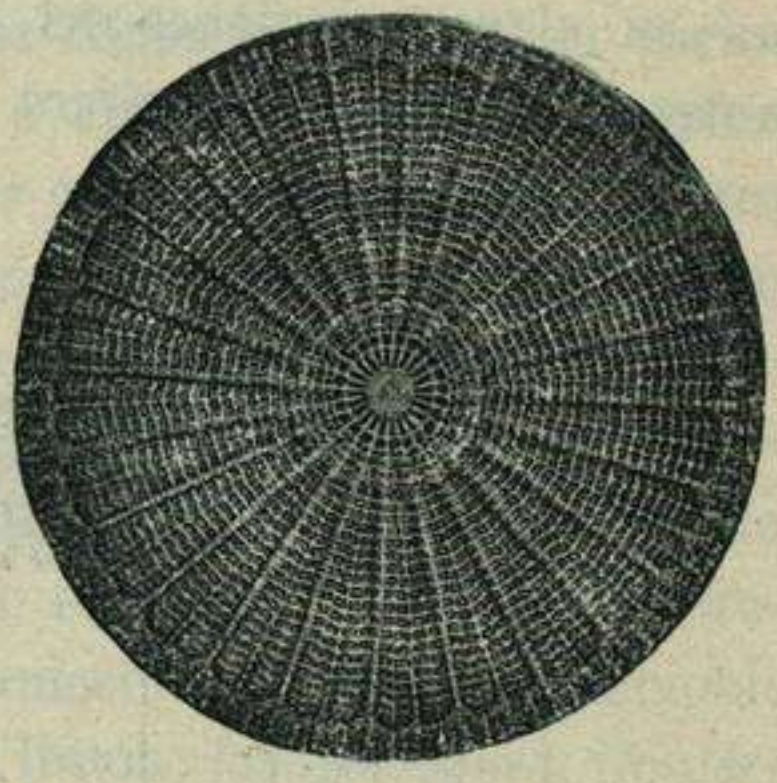


Fig. 1.148.—La Diatomácea *Arachnodiscus élegans*, tiene forma discoidea y es también especie común. (Microfotografía com. por el prof. P. Valderrábano, S. J.)

caparazón, cuya acumulación en los terrenos origina el *trípoli* o *harina fósil* (*); viven en cantidad enorme en las aguas de los mares y

(* Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª edic., págs. 86 y 151, y *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero, pág. 355.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

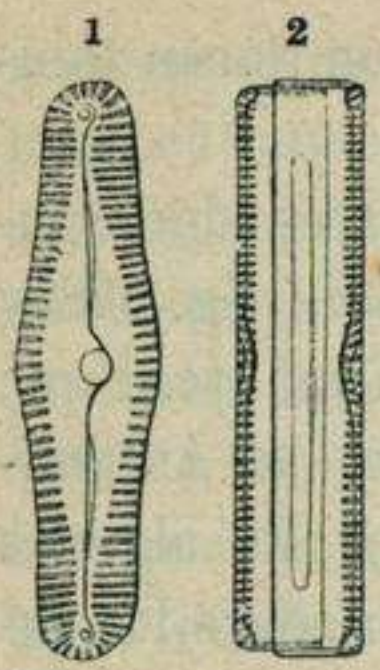


Fig. 1.149. — Diatomácea vista de frente, 1, y de perfil, 2.

dulces, sobre todo en los climas templados y fríos, y también se encuentran en tierra húmeda.

Apéndice a las algas.—**Carales, Caroficales, Caráceas o Carofitas.**—Constituyen un interesante grupo de posición sistemática mal definida, entre las que se incluyen varias especies de los géneros *Chára* y *Nitella*, que viven en las aguas dulces en nuestro país.



Fig. 1.150. — Extremo de un alga del genero *Chára*.

Las *Chára (fig. 1.150)* son muy notables por su ramificación *verticilada*, es decir, que las nuevas ramas nacen de una circunferencia del talo, y porque el huevo al germinar origina un *protonema* rudimentario. Según los estudios del naturalista español Dr. Arturo Caballero, parece que estos vegetales tienen una acción larvicida que destruye gran número de larvas de mosquitos transmisores del paludismo (*).

CLASE HONGOS

Se diferencia esta Clase de la de las Algas en que los vegetales que comprende *carecen de clorofila*. Como consecuencia de ello son heterotrofos. Si toman los compuestos orgánicos de vegetales o de animales muertos, entonces los hongos reciben el nombre de *saprofitos* o *humícolas*, mientras que si los toman de seres vivos, se denominan *hongos parásitos*. Es también una consecuencia natural de la carencia de clorofila el que estos vegetales puedan vivir en ausencia de la luz, ya que ésta no les es necesaria para el cumplimiento de ninguna función. El *talo* es muy variado, pero ordinariamente es filamentoso y ramificado, constituyendo el *micelio* o parte encargada de la nutrición, *el cual vive en el interior o en la superficie del medio nutritivo*. En este micelio se origina el aparato *reproductor*, *que generalmente se halla en el aire*, es decir, *fuera del medio nutritivo*, y unido a él por filamentos del micelio. En los Hongos la

(*) Para más detalles véase *Elementos de Higiene*, por O. Cendrero, 8.ª edic., pág. 90 y siguientes

Instituto San Isidro de Madrid 2008

reproducción es *asexual* o por *esporas*, habiendo algunos que tienen también la reproducción *sexual*.

REPRODUCCIÓN ASEXUAL.—Se realiza por diversas clases de esporas. Ya hemos estudiado la del *Mucor mucédo* o *moho común* (pág. 528 y *figura 1.038)*; la de los *hongos de sombrerillo o setas (Psalióta*, etc.), que se reproducen por *basidios* (pág. 529 y *fig. 1.040)*, y la de los dos Ascomicetos, que lo hacen por *ascosporas* (pág. 529 y *fig. 1.041)*. En algunos hongos acuáticos *(Saprolégnia Thuréti)*, que se desarrollan sobre los insectos y demás pequeños animales que caen al agua, y también en algunas otras especies no acuáticas *(Phytóphthora)*, las células terminales del talo originan numerosas zoosporas *(fig. 1.151)*.



Fig. 1.151.—1, insecto recubierto de filamentos de *Saprolégnia*. — 2, esporangio no maduro.— 3, ídem maduro.

REPRODUCCIÓN SEXUAL.—Puede ser por *isogamia* y por *heterogamia*. Ejemplo de *isogamia* tenemos en el *Múcor mucédo*, ya estudiado (pág. 530 y *figs. 1.045* y *1.046)*.

La *heterogamia* la presentan también algunas especies como la *Peronóspora vitícola*, que es la especie que origina el *mildew* o *tizón* de la vid y de la cual se habló ya (pág. 531 y *fig. 1.049)*. En algunos géneros *(Monoblépharis)* los *anteridios* producen verdaderos *anterozoides (fig. 1.152)*.



Fig. 1.152.—*Monoblépharis*.

Clasificación de los Hongos.—Los Hongos se dividen en las *subclases* siguientes: *Mixomicetos*, sin membrana celulósica en su fase vegetativa y con ella en la reproductora; *Sifonomicetos*, con el micelio no tabicado, es decir, formando un tubo o sifón continuo en cuyo interior existe una masa de protoplasma con muchos núcleos; *Basidiomicetos*, con el micelio tabicado, o sea integrado por células distintas y reproducción por *basidios*, tabicados o no, y *Ascomicetos*, con micelio tabicado y reproducción por *ascas*.

Subclase Mixomicetos.—Están formados por masas plasmodiales, reticuladas, muchas veces irregulares y capaces de emitir a modo de grandes seudópodos. Dichas masas están constituídas por la agregación de células amiboideas, independientes y mononucleadas. En los

Instituto San Isidro de Madrid 2008

momentos de la reproducción forman esporangios, protegidos por celulosa, en cuyo interior se forman esporas, las cuales originan las células amiboideas a que antes hemos aludido y que reciben el nombre de *mixamibas*.

Entre las formas más notables está la *Plasmodiophora Brassicæ*, que ataca a las raíces de la col, constituyendo la enfermedad denominada *hernia de la col;* la *flor del tanino (Æthalium septicum)*, que vive en las tinas donde se mantiene el tanino para curtir las pieles; y el *Stemonites*, que vive en los troncos viejos.

Subclase Sifonomicetos.—En ellos son muy evidentes los fenómenos de *reproducción sexual* por huevos, a lo que alude el nombre de *Oomicetos* con que también se les conoce. El carácter a que alude el nombre de *Sifonomicetos* es el que su micelio es continuo, es decir, que está formado por filamentos llenos de protoplasma con muchos núcleos. Además de la generación sexuada existe otra *asexuada* por intermedio de *esporas* llamadas *conidios*, que son las propagadoras de la especie.

Subclase Basidiomicetos.—Se reproducen por basidios, células que, como se vió (pág. 529), emiten unas prolongaciones o *esterigmatos* que sostienen una *basidiospora*.

Dentro de este grupo existen unos en los que los basidios son unicelulares y las basidiosporas producen filamentos que dan origen directamente a un nuevo individuo, en tanto que en otros los basidios son pluricelulares y las basidiosporas originan unos filamentos que producen esporas secundarias, las cuales serán las productoras del nuevo organismo. Los primeros se llaman *homobasidios* y los segundos *heterobasidios*.

a) Basidiomicetos Heterobasidios o Protobasidios.—Se dividen en dos Órdenes, denominados *Ustilagales* y *Uredales*.

Ustilagales.—Viven parásitos sobre diversas Fanerógamas, principalmente, invadiendo la planta durante la germinación de ésta y formando las esporas en la época de su fructificación. Las esporas de la *Tillétia cáries* constituyen la *caries* o *tizoncillo* de las espigas del trigo; las del *Ustilágo Trítici*, el *tizón* o *carbón* del trigo; las del *Ustilágo máydis*, el *carbón del maíz*, y están encerradas en unas bolsas llamadas *bolsas del maíz (fig. 1.153)*. Ninguna de estas especies se desarrolla sumergiendo durante doce a catorce horas en una disolución de sulfato de cobre al $^1/_2$ por 100 las semillas que hayan de sembrarse.

Uredales.—Son también parásitos sobre diversas Fanerógamas, en

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cuyas hojas aparecen en primavera y verano como manchas de color anaranjado o pardo que suelen recibir el nombre de *roya*, como la *roya de los cereales (Puccínia gráminis)* (pág. 549 y *figs. 1.075* a *1.077)*; la de las malvas *(P. Malvaceárum)*; etcétera. Con relación a la primera se creía hasta hace poco tiempo que era indispensable el concurso de las plantas denominadas agracejos *(Bérberis)* para que la enfermedad pudiera conservarse de un año a otro, pues las esporas de la *Puccínia*, al caer sobre las hojas del agracejo, originan en éste talos que, a su vez, producen esporas *(fig. 1.076)*, las que, llevadas por el viento a las hojas de las gramináceas, originan la enfermedad. Hoy está fuera de duda que si bien el agracejo *favorece* la propagación de la enfermedad, no es *indispensable*, porque las últimas esporas que produce la *Puccínia* se conservan perfectamente en tierra hasta la primavera siguiente, en la que se desarrollan, penetrando en la planta al poco tiempo de haber nacido ésta.



Fig. 1.153.—*Ustilágo Máydis.*

b) Basidiomicetos Homobasidios o Autobasidios.—Corresponden a este grupo la mayor parte de las especies llamadas vulgarmente *setas* y *hongos*, de las cuales hay algunas sumamente venenosas. Vulgarmente se llaman *setas* a todos los Basidiomicetos provistos de columnilla y sombrerillo. Las especies principales son: *Agáricus* o *Psalióta campéstris (fig. 1.154)*, que son los hongos corrientes y que como son muy estimados se cultivan sobre mantillo para prepararlos en conserva. El *Polyporus fomentárius* vive sobre los troncos viejos (y también las especies análogas *(fig. 104)*, y macerado en agua, machacado e impregnado de nitro constituye la yesca. El *Lycopérdon praténse*, de forma de peonza, es el llamado *cuesco de lobo*, etc.

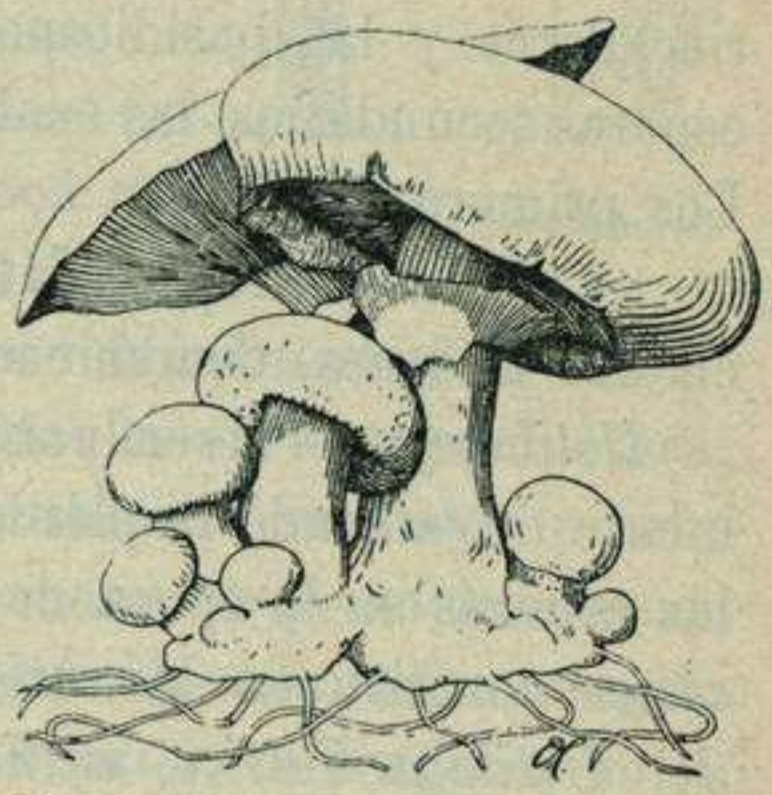


Fig. 1.154. — Hongo común (*Agaricus* o *Psaliota campestris*).

Subclase Ascomicetos.—Se reproducen por ascas, o sea células que dan origen a esporas endógenas en número de 4 ó de 8, según se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vió (pág. 529). Comprende las *levaduras*, cuyo talo está constituído por células ovoideas o esféricas que generalmente se disocian, y esto hace que parezca unicelular: todas las levaduras, fuera del contacto del aire, descomponen la glucosa en alcohol etílico y anhidrido carbónico, principalmente.

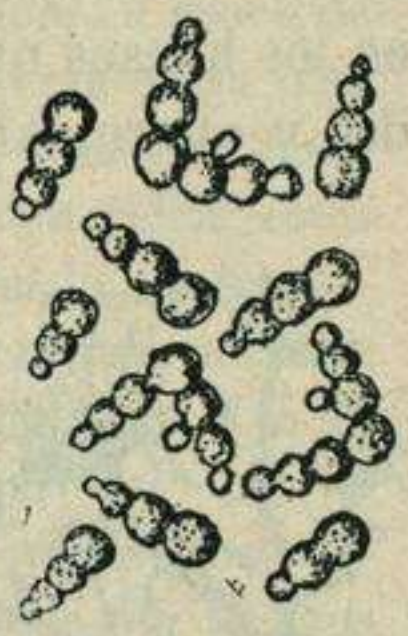


Fig. 1.155.—*Saccharomy cesminor.*

Como especies principales se encuentran: el *Saccharomyces cervisiæ* o levadura de la *cerveza;* el *S. mínor* o levadura del pan *(fig. 1.155);* el *S. ellipsóideus*, etcétera, del *vino;* etc. Los *Trichophyton tonsúrans* y otros viven parásitos sobre la piel y producen las tiñas. El *Erysiphe Túckeri* origina el *oidium* o *cenizo* en las hojas y frutos de la vid. La *Ascochyta Písi* produce la *rabia del garbanzo* y *guisante*, también llamada *quema*, *niebla* o *añublo*, *aguasol*, etc.: se evita sumergiendo durante cinco a diez minutos en una disolución débil de sulfato de cobre (50 gramos de éste en 10 litros de agua) las semillas que hayan de sembrarse: después se las pone a secar al sol. Los aparatos esporíferos del *Túber melanósporum* y otras especies constituyen las *trufas*, todas las cuales viven parásitas sobre raíces y pasan todas las fases de su desarrollo debajo de tierra. El talo del *Cláviceps purpúrea* vive parásito sobre los frutos del centeno, donde crece y constituye un órgano duro y en forma de cuerno, denominado *esclerocio* y vulgarmente *cornezuelo (fig. 1.156)*, el cual cae al suelo en otoño y permanece en él hasta que en la primavera siguiente origina los aparatos esporíferos que diseminan la enfermedad. Los esclerocios son muy venenosos por contener la *ergotina*, *ergotinina*, etc., y se utilizan para extraer dichas sustancias.



Fig. 1.156. — Espiga de centeno con dos esclerocios de *Clávicep*s.

APÉNDICE A LAS TALOFITAS: LÍQUENES

Son Talofitas formadas (según se vió en la pág. 542) por la *simbiosis* de un alga y de un hongo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Observando al microscopio un corte transversal de un liquen *(figura 1.063)*, se ve que está constituído, en esencia, por unos filamentos incoloros denominados *hifas*, que corresponden al micelio del hongo, y en los huesos que éstas dejan entre sí se hallan alojadas unas células verdes y esferoidales llamadas *gonidios*, que son las células del alga.



Fig. 1.157.—*Úsnea.*

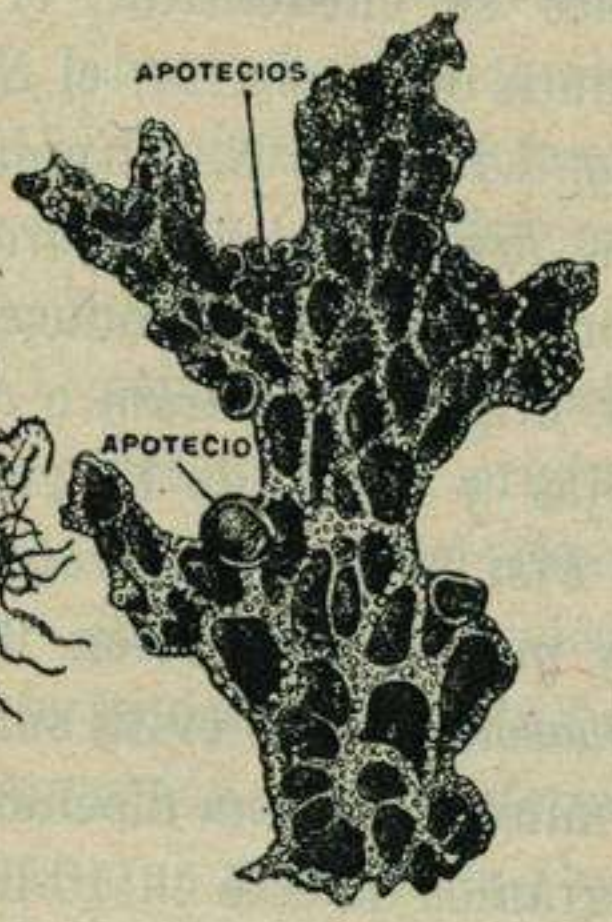


Fig. 1.158.—*Sticta.*

El *aparato reproductor* corresponde al hongo y consiste en tecas contenidas en unos órganos en forma de copa, denominados *apotecios*.

Las especies más conocidas son: la *Parmelia tiliácea (fig. 1.064)*, que vive sobre las rocas y los troncos de los árboles; la *Úsnea barbáta* o *barbas de árbol (fig. 1.157)*, que vive en los troncos y ramas de éstos; la *Stícta pulmonácea* o *pulmonaria de árbol (figura 1.158)*, que se utiliza en sustitución del lúpulo para dar el sabor amargo a la cerveza; etc.

TIPO MUSCÍNEAS O BRIOFITAS

Son plantas con su aparato vegetativo en forma de talo en las formas más inferiores, como en muchas Hepáticas; pero en la mayoría de los musgos *(fig. 900)* existen aparentes *tallos* y *hojas* y unos pelos llamados *rizoides* que parecen desempeñar el papel de las raíces. Estas plantas no ofrecen nunca ni fibras ni vasos.

Algunas especies son acuáticas, pero la mayor parte son terrestres, si bien ordinariamente necesitan vivir en lugares húmedos, o, por lo menos, al abrigo de la acción directa de los rayos solares, que los desecan rápidamente.

Su ciclo evolutivo consta de una fase gametofítica que alterna con una esporofítica, obedeciendo al esquema de la pág. 533. Veamos cómo se verifica dicho ciclo en un musgo corriente. El musgo que observamos, provisto de hojas, corresponde al gametofito, desarrollándose en el extremo de algunos de los tallos unos pequeños sacos ovoideos, denominados *anteridios* u *órganos masculinos (fig. 1.050)* y ya al lado de

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ellos, ya que en otros tallos distintos, otros órganos en forma de botella que son los *arquegonios* u *órganos femeninos (fig. 1.050)*, encontrándose entre todos ellos pelos estériles.

Los *anteridios* originan en su interior numerosas células, que son los *anterozoides* o *elementos sexuales masculinos*, los cuales están formados por una célula en forma de tirabuzón, provista de dos flagelos *(fig. 60, B)*. Los *arquegonios* encierran en su base una gruesa célula esferoidal que recibe el nombre de *oosfera* o *elemente sexual femenino (figura 60, B)*. Cuando una gota de lluvia o de rocío cae sobre los anteridios, éstos rompen sus paredes y dejan salir los anterozoides, que nadando por medio de sus flagelos llegan a ponerse en contacto con una sustancia gomosa que se encuentra en el orificio del arquegonio, penetra en el interior de éste y fusionando su núcleo con el de la oosfera se origina el *huevo* o *zigoto*.

Una vez constituído el huevo, se desarrolla en el mismo lugar donde se formó y origina, *no una nueva planta*, sino un delgado tallo o *pedicelo*, terminado por un saco ovoideo denominado *esporangio* porque en su interior se desarrollan las *esporas:* tam bién se le conoce con los nombres de *urna* y *cápsula (fig. 1.159)*. El conjunto formado por el *pedicelo* y el *esporangio* recibe el nombre de *esporogonio y se considera como el esporofito, el cual vive parásito sobre el gametofito.*

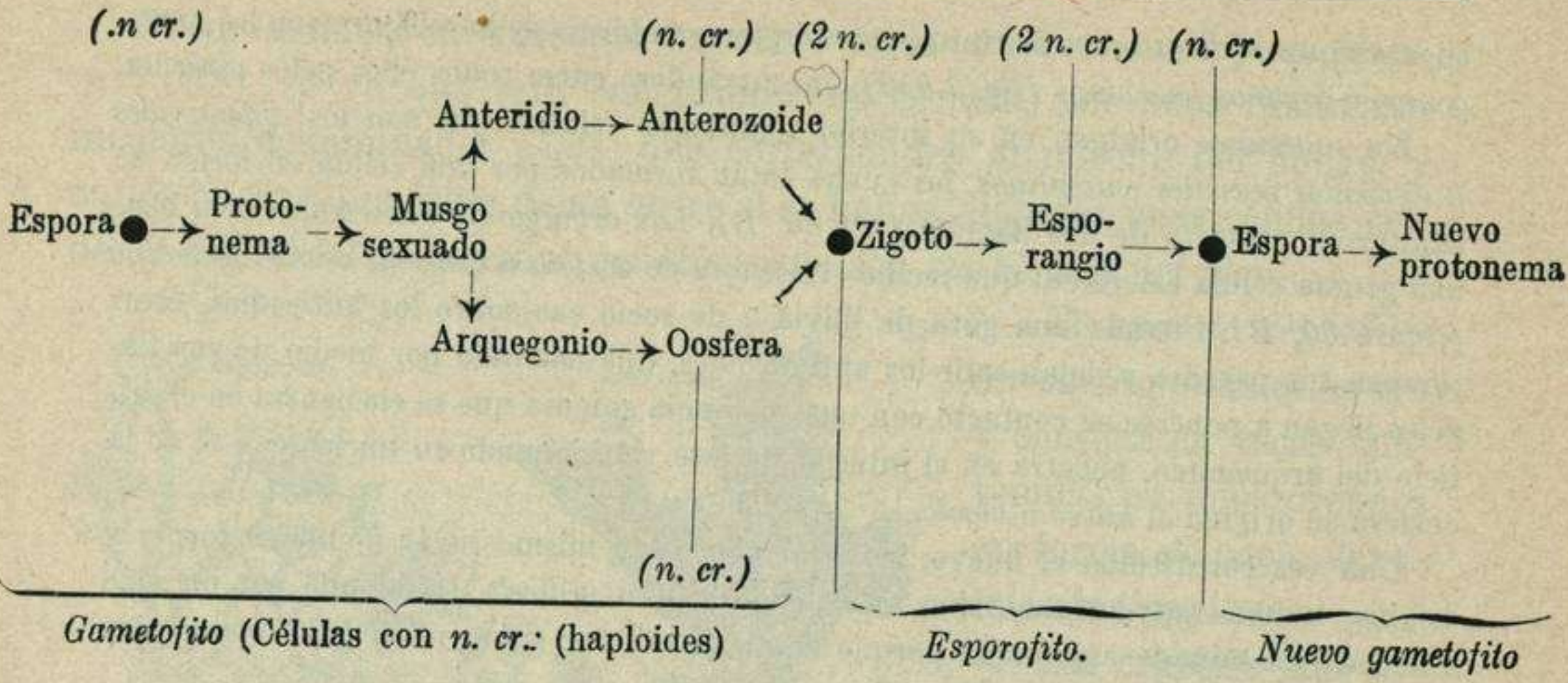


Fig. 1.159.—Conjunto esquemático del desarrollo de un musgo.

Cuando el esporangio está maduro se desprende la *cofia* o envoltura que le protege mientras dura su desarrollo, después de lo cual se abre la cápsula para dejar salir las esporas, a cuyo efecto se desprende una especie de tapa que recibe el nombre de *opérculo (fig. 1.159)*. Si estas esporas caen en un terreno suficientemente húmedo, originan, *no un nuevo musgo*, sino una forma *transitoria* denominada *protonema*, que consiste en un delgado filamento ramificado y verde, análogo al talo de un alga. Este protonema lleva ya una vida independiente, y cuando se desarrolla lo suficiente, algunas de sus células se dividen activamente y *originan un musgo* con *tallo*, *hojas* y *rizoides*, en el cual se formarán después los anteridios y arquegonios.

En el siguiente esquema (que corresponde en sus rasgos generales al de la página 533 y al particular del *Nemálion*, estudiado en la pág. 592) resumimos el ciclo evolutivo de una Muscínea:

Instituto San Isidro de Madrid 2008



La espora origina el protonema, el cual da origen al musgo con hojas, sexuado, y sin estomas, sobre el que se forman los anteridios y arquegonios, que dan origen, respectivamente, a los anterozoides y oosferas con *n* cromosomas *(n. cr.)*, los cuales al unirse originan el huevo o zigoto con *2n* cromosomas *(2 n. cr.)*, punto de partida del esporofito Células con *(2 n. cr.)* por proceder del huevo, el cual origina el esporangio, que vive parásito sobre el gametofito. El esporangio es asexuado, no tiene hojas y ofrece estomas. Asexualmente origina la espora, punto de partida de un nuevo gametofito.

Las Muscíneas se dividen en dos *Clases:* Hepáticas y *Musgos.*

Clase Hepáticas.—Comprende plantas de organización muy sencilla, generalmente taliformes y siempre provistas de rizoides: pueden faltar las hojas, si bien ordinariamente las poseen, aunque generalmente rudimentarias y reducidas a una sola capa de células. El esporogonio queda incluído en el arquegonio hasta que madura. Forman pequeños céspedes en los sitios húmedos y sombríos. Las especies principales son: la *Lunulária vulgáris (fig. 1.160)* y la *Marchántia polymórpha (fig. 1.161)*, especies ambas que se reproducen también *asexualmente* por medio de masas de células denominadas *propágulos*, que se forman en *conceptáculos* o cavidades especiales en forma de media luna y de copa, respectivamente.

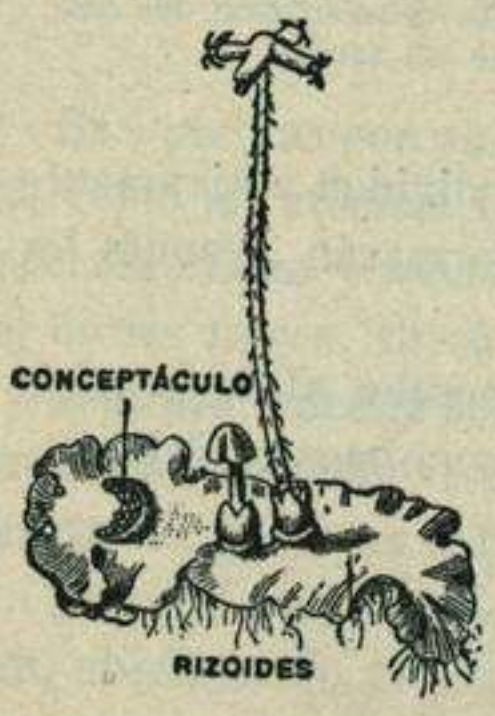


Fig. 1.160.—*Lunulária.*

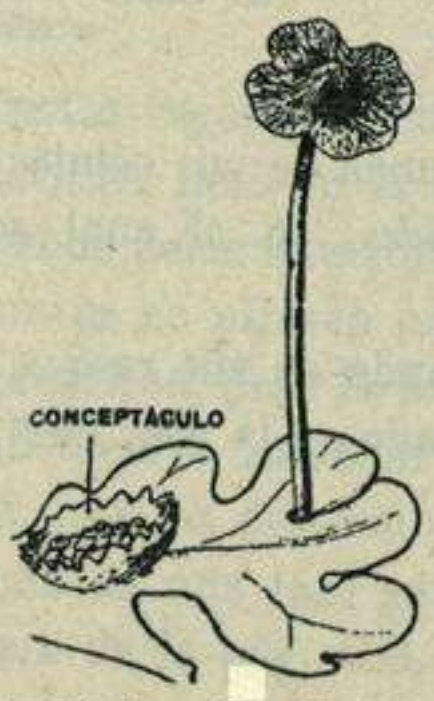


Fig. 1.161.—*Marchántia.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Clase Musgos.—Es la más numerosa: en ellos el esporogonio rompe el arquegonio al comenzar a desarrollarse. Los géneros principales son: el *Sphágnum (figura 1.162)*, cuyas especies son palustres y contribuyen a formar la *turba*, o sea el carbón vegetal más moderno (*); las especies de los géneros *Mnium (fig. 900)*, *Polytrichum (fig. 1.163)*, *Bryum (fig. 1.164)* e *Hypnum (fig. 1.165)*, son frecuentes en casi todos los países.



Fig. 1.162.
Sphágnum.



Fig. 1.163.
Polytrichum.



Fig. 1.164.
Bryum.



Fig. 1.164.
Hypnum.

TIPO PTERIDOFITAS O CRIPTÓGAMAS VASCULARES

Caracteres y reproducción.—Según se dijo (pág. 582, las plantas de este Tipo son cormofitas *que carecen de flores;* tienen raíces, tallo y hojas y poseen fibras y vasos. La morfología de estos órganos, así como la *reproducción*, varía en los distintos grupos.

Tomaremos un helecho *(Polypodium vulgare) (fig. 1.166)* como tipo de organiza-

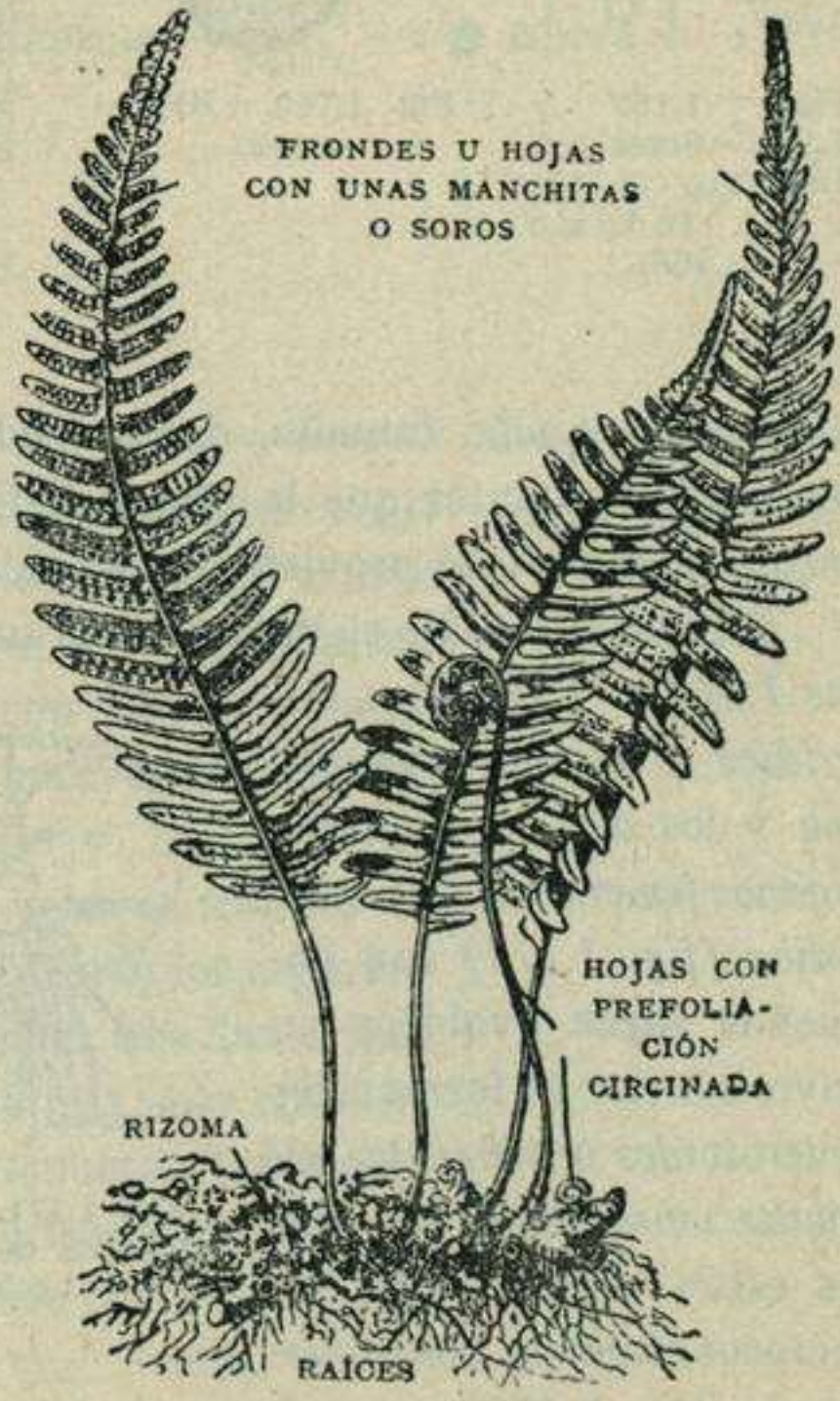


Fig. 1.166.—Una Filicínea completa *(Polypódium vulgáre).*

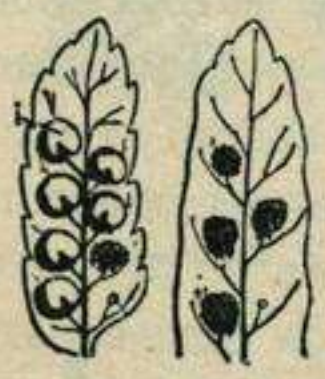
(*) Vease *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª edc. pág. 148.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ción. Un helecho está provisto de un *tallo subterráneo* o *rizoma*, que es horizontal: de éste nacen por la parte inferior y laterales numerosas *raíces*, y por su parte superior, las *hojas* o *frondes*, en cuya epidermis existen estomas.

Reproducción.—En el envés de las frondes del helecho, que representa el esporofito, existen, en determinadas épocas del año, pequeñas manchas rojizas denominadas *soros*. Cada uno de éstos está constituído por un conjunto de sacos pedicelados denominados *esporangios*, en cuyo interior se encuentran las *esporas*. Estos soros pueden estar cubiertos *(fig. 1.167)* o no *(fig. 1.168)* por una membrana denominada *indusio*.

Cuando los esporangios están maduros se desgarra su pared para dejar pasar a las esporas *(figs. 1.169 y 1.170), que son todas iguales* en la misma planta. Si estas esporas caen en un suelo húmedo, no producen el helecho o esporofito, sino el gametofito la-



Figs. 1.167 y 1.168.—Soros con indusio (1.167) sin indusio (1.168).



Fig. 1.169. Esporangio.

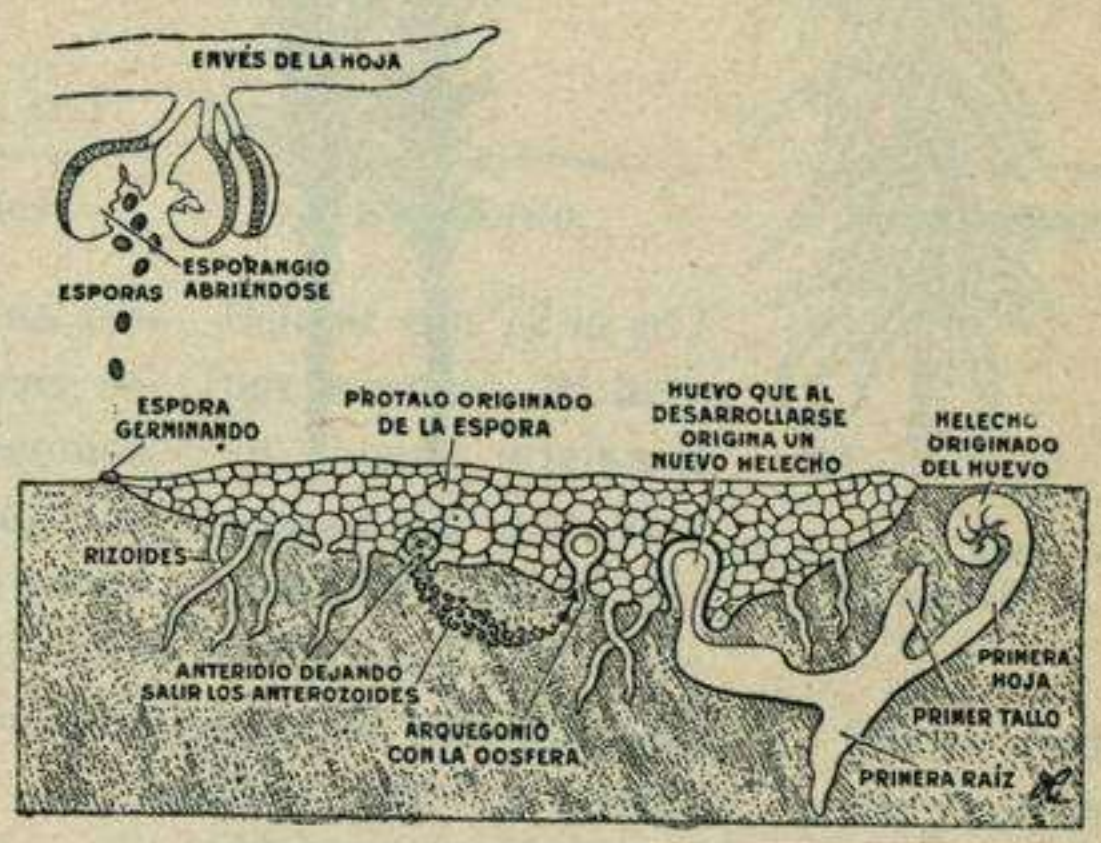


Fig. 1.170.—Esquema del ciclo evolutivo de un helecho.

minar de pequeño tamaño, denominado *protalo* (gr. *protos*, primero; *thallos*, retoño), por originarse antes que la planta definitiva. Dicho protalo lleva vida independiente porque siempre está provisto de clorofila y posee numerosos *rizoides* en su cara inferior.

Así que el protalo se desarrolla lo suficiente, se originan sobre su cara inferior *(figuras 1.170 y 1.171)* los *anteridios* u *órganos masculinos* y los *arquegonios* u *órganos femeninos*. Los *anteridios (fig. 1.172)* son pequeños sacos ovoideos en cuyo interior se forman los *anterozoides* o *elementos sexuales masculinos*, los cuales están provistos de numerosos flagelos. Los *arquegonios (fig. 1.173)* tienen forma de botella y en su interior se encuentra la *oosfera* o *elemento reproductor femenino*. Cuando el agua moja los anteridios, éstos se abren para dejar salir a los anterozoides, los que, desplazándose en el agua con sus flagelos, se ponen

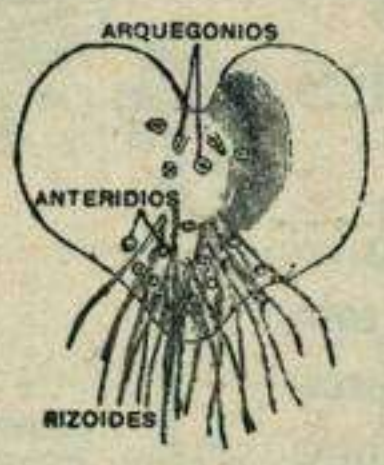


Fig. 1.171. — Cara inferior de un protalo.



Fig. 1.172.—Anteridio aislado.



Fig. 1.173. — Arquegonio aislado.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

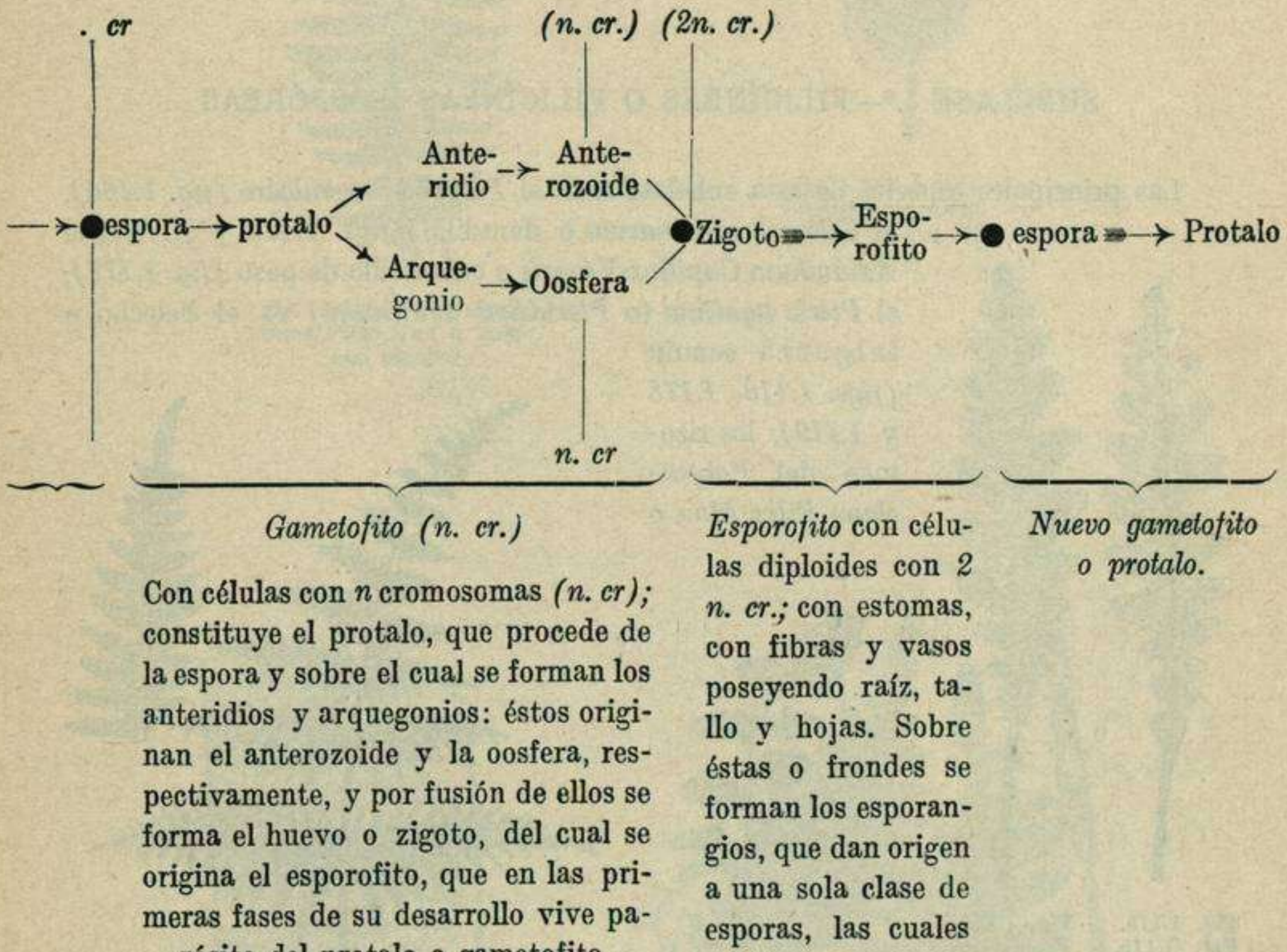
en contacto con el orificio de los arquegonios y penetran en ellos hasta fusionarse con la oosfera, originándose el huevo: *éste se desarrolla* en sus primeras fases de un modo parasitario *sobre el mismo protalo* y origina el nuevo helecho o esporofito *(figs. 1.170* y *1.174)*, en cuyas hojas se formarán las esporas.

Comparando el desarrollo de un musgo con el de un helecho, se aprecia pronto que en el helecho el gametofito (protalo) tiene relativamente poca importancia, en tanto que el esporofito es el que forma la planta cormofítica con raíz, tallo y hojas que de ordinario observamos. La presencia de clorofila en el esporofito hace que pueda vivir independiente; sin embargo, en las primeras fases de su desarrollo lleva una vida parásita sobre el gametofito (protalo) como de un modo permanente sucede en los musgos.



Fig. 1.174.— Protalo con la nueva planta.

En el adjunto esquema sintetizamos las diferentes fases del ciclo evolutivo de un helecho:



Gametofito (n. cr.)

Con células con *n* cromosomas *(n. cr);* constituye el protalo, que procede de la espora y sobre el cual se forman los anteridios y arquegonios: éstos originan el anterozoide y la oosfera, respectivamente, y por fusión de ellos se forma el huevo o zigoto, del cual se origina el esporofito, que en las primeras fases de su desarrollo vive parásito del protalo o gametofito.

Esporofito con células diploides con *2 n. cr.;* con estomas, con fibras y vasos poseyendo raíz, tallo y hojas. Sobre éstas o frondes se forman los esporangios, que dan origen a una sola clase de esporas, las cuales originan nuevos gametofitos o protalos.

Nuevo gametofito o protalo.

Clasificación de las Pteridofitas.—Cuatro son las *Clases* que en este Tipo se admiten: 1.ª, *Filicales*, con hojas (frondes) bien desarrolladas y ramificación

Instituto San Isidro de Madrid 2008

lateral. 2.ª, *Equisetales*, con hojas pequeñas y verticiladas; ramificación verticilada. 3.ª, *Licopodiales*, con hojas pequeñas, ramificación dicótoma.

CLASE I. FILICALES

Se divide en dos subclases: 1.ª, la de las *Filicíneas*, o también llamadas *Filicíneas isospóreas* porque no tienen más que una clase de esporas, es decir, que sus esporas son todas iguales; su ciclo biológico es análogo al del helecho que hemos tomado como tipo. 2.ª, la de las *Hidropteríneas* o las *Filicíneas heterospóreas*, nombre este último que alude a que poseen dos clases de esporas: las *microsporas* y las *macrosporas*: las primeras dan origen a *protalos masculinos*, o sea con *anteridios;* y las segundas a *protalos femeninos*, es decir, con *arquegonios.*

SUBCLASE 1.ª—FILICÍNEAS O FILICÍNEAS ISOSPÓREAS

Las principales especies de esta subclase son: el *Polypódium vulgáre (fig. 1.166)*, el *Céterach officinarum* o doradillo *(figs. 1.175* y *1.176)*; el *Adiánthum Capíllus-Véneris* o culantrillo de pozo *(fig. 1.177)*; el *Ptéris aquilína* (o *Pterídium aquilínum)* es el helecho o felguera común *(figs. 1.116, 1.178* y *1.179);* los rizomas del *Polystichum Fílix-Max* o helecho macho *(fig. 1.180)* se usan para expulsar la solitaria; el *Scolopéndrium officinále (fig. 1.181)* o lengua de ciervo o cervina, etc. etc.

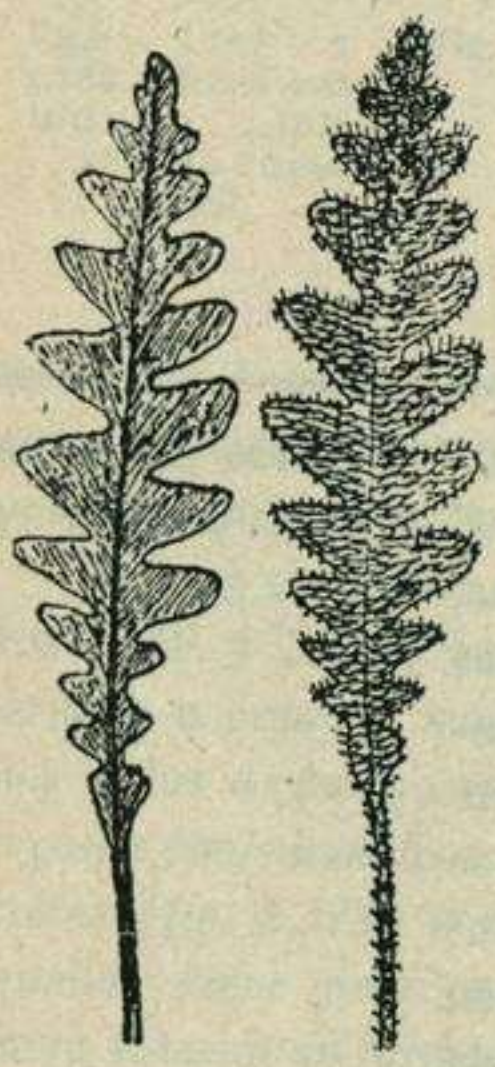
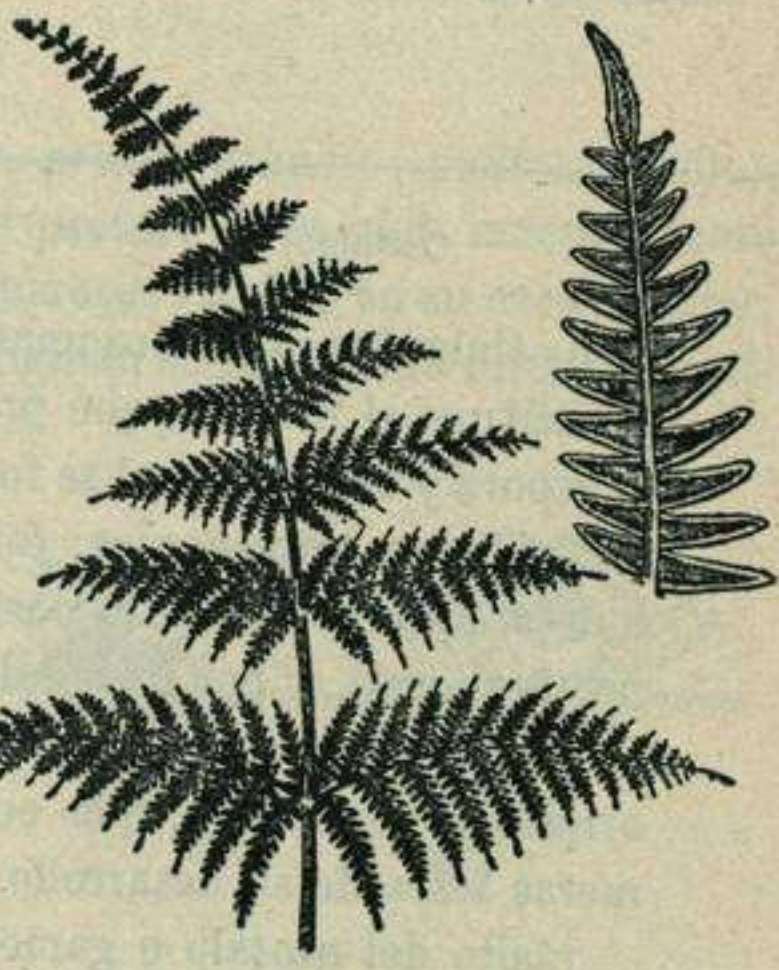


Fig. 1.175. Fig. 1.176. Fig. 1.175.— Fronde de doradillo *(Céterach officinárum)* vista por el haz. Fig. 1.176. — La misma, vista por el envés.



Fig. 1.177. *Adiánthum Capillus Véneris* o culantrillo de pozo.



Figs. .178 y 1.179.—Fronde de *Ptéris aquilína* o helecho común (hasta 1,50 m. de altura).—A la derecha, detalle del limbo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Algunas especies tropicales adquieren gran desarrollo, por lo que reciben el nombre de *helechos arborescentes (fig. 1.101).*

Existen numerosos géneros de *helechos fósiles*, que abundaron extraordinariamente durante el *Carbonífero* (*) *(figs. 1.182* y *1.183)*.

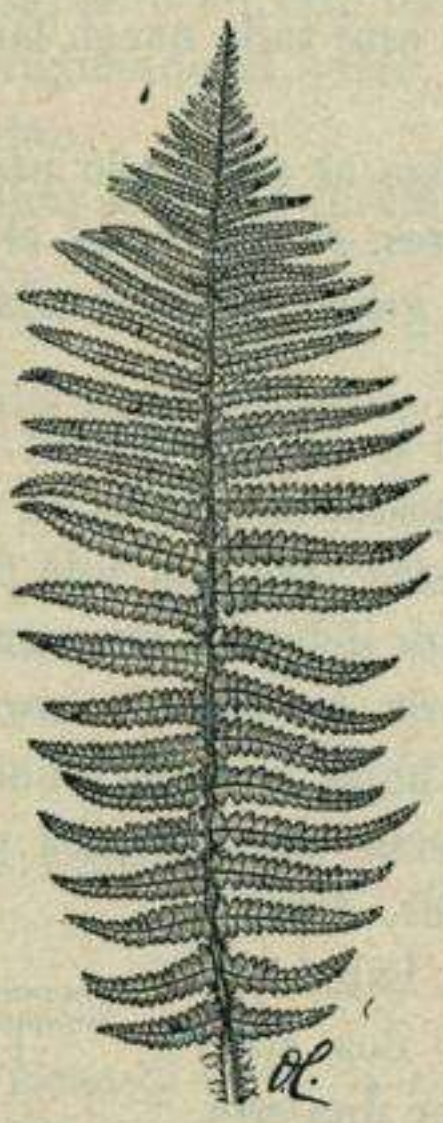


Fig. 1.180. — *Polystichum Filix-Max* o helecho macho.

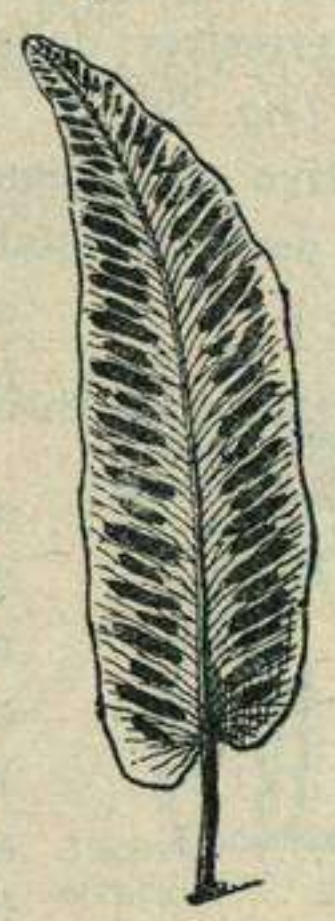


Fig. 1.181.— *Scolopéndrium officinále* o lengua de ciervo.



Fig. 1.182.—Helecho fósil: *Pecópteris.*

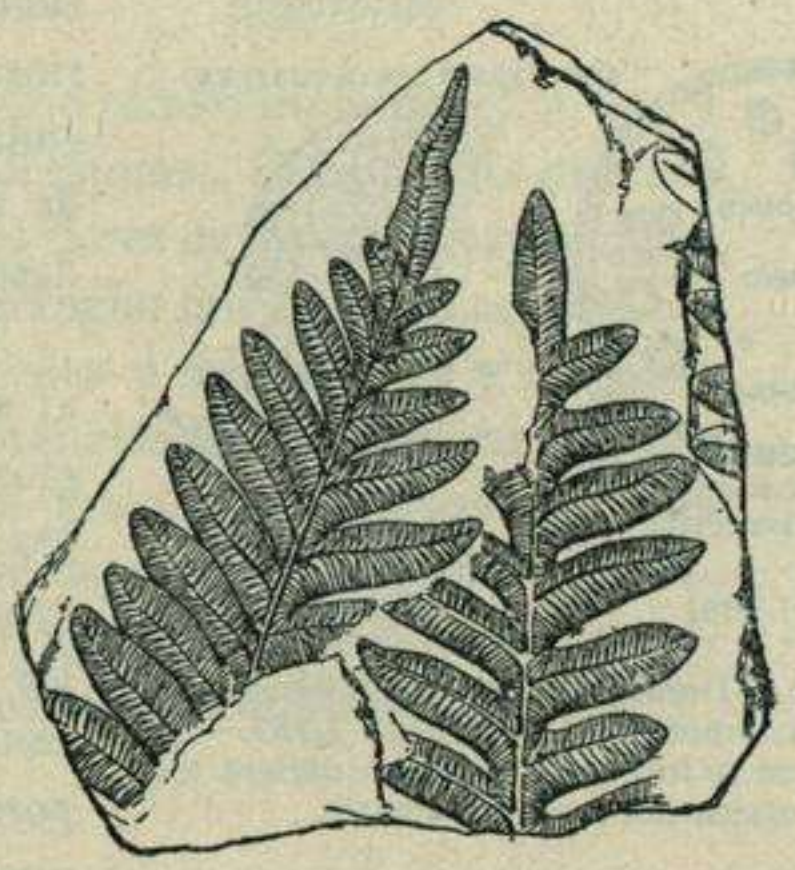


Fig. 1.183. — Helecho fósil: *Aletópteris*

(*) Véase *Geología*, por O. Cendrero, 5.ª edic., pág. 200.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SUBCLASE 2.ª—HIDROPTERÍNEAS O FILICÍNEAS HETEROSPÓREAS

Las plantas de este grupo tienen el tallo horizontal, ya se trate de especies acuáticas o de especies terrestres: de la parte superior de este tallo nacen las hojas, y de la inferior, las raíces *(fig. 297)*.

El ciclo evolutivo es, en líneas generales, análogo al estudiado para los helechos; pero como difiere de él en detalles muy importantes, resumiremos el de una planta acuática de este grupo denominada *Salvínia nátans (fig. 1.184)*.

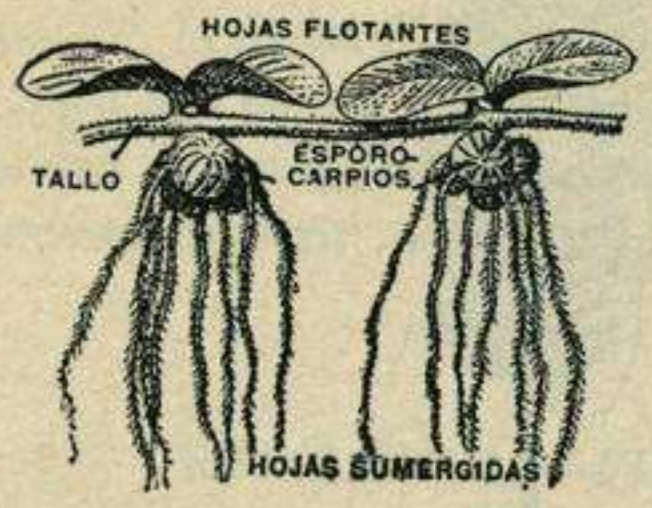


Fig. 1.184.—Planta completa de *Salvinia nátans*.

Esporofito.—De la parte superior de su tallo nacen las hojas dispuestas en grupos de dos; por debajo de cada grupo de éstas nace una hoja transformada en numerosos filamentos delgados que semejan raíces; es, en resumen, una hoja modificada para la absorción. En la base de las hojas se desarrollan unos órganos esféricos denominados *esporocarpios* porque semejan frutitos (gr. *karpós*, fruto) que llevan esporas. Estos *esporocarpios* son de dos clases: unos son puntiagudos y poseen en su interior una columnilla que soporta los *esporangios* llamados *microsporangios (fig. 1.185)* porque son pequeños y porque cada uno de ellos *contiene numerosas esporas pequeñísimas* denominadas *microsporas* (gr. *mikrós*, pequeño) que al desarrollarse originan *protalos masculinos*. Otros esporocarpios son achatados *(fig. 1.185)* y contienen también *esporangios* que son de mayor tamaño que los anteriores, por lo que se llaman *macrosporangios:* cada uno de éstos *contiene una sola espora grande* o *macrospora* (gr. *makrós*, grande) que al desarrollarse origina un *protalo femenino*.



Fig. 1.185. — Esporocarpios de *Salvínia* cortados transversalmente.

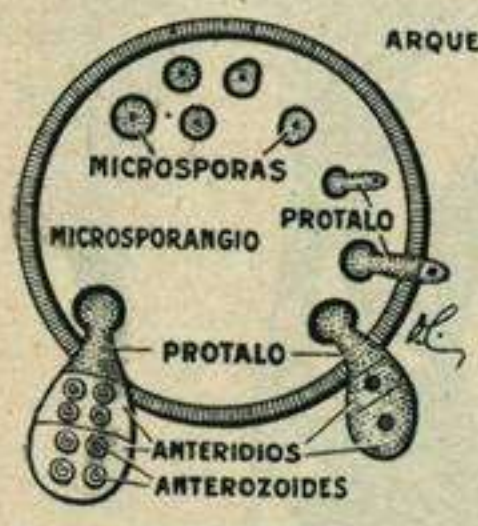


Fig. 1.186.



Fig. 1.187.

Fig. 1.186.—Desarrollo de las microsporas en el microsporangio. — Fig. 1.187.—El embrión que se forma en el huevo digiere los tejidos del macrosporangio.

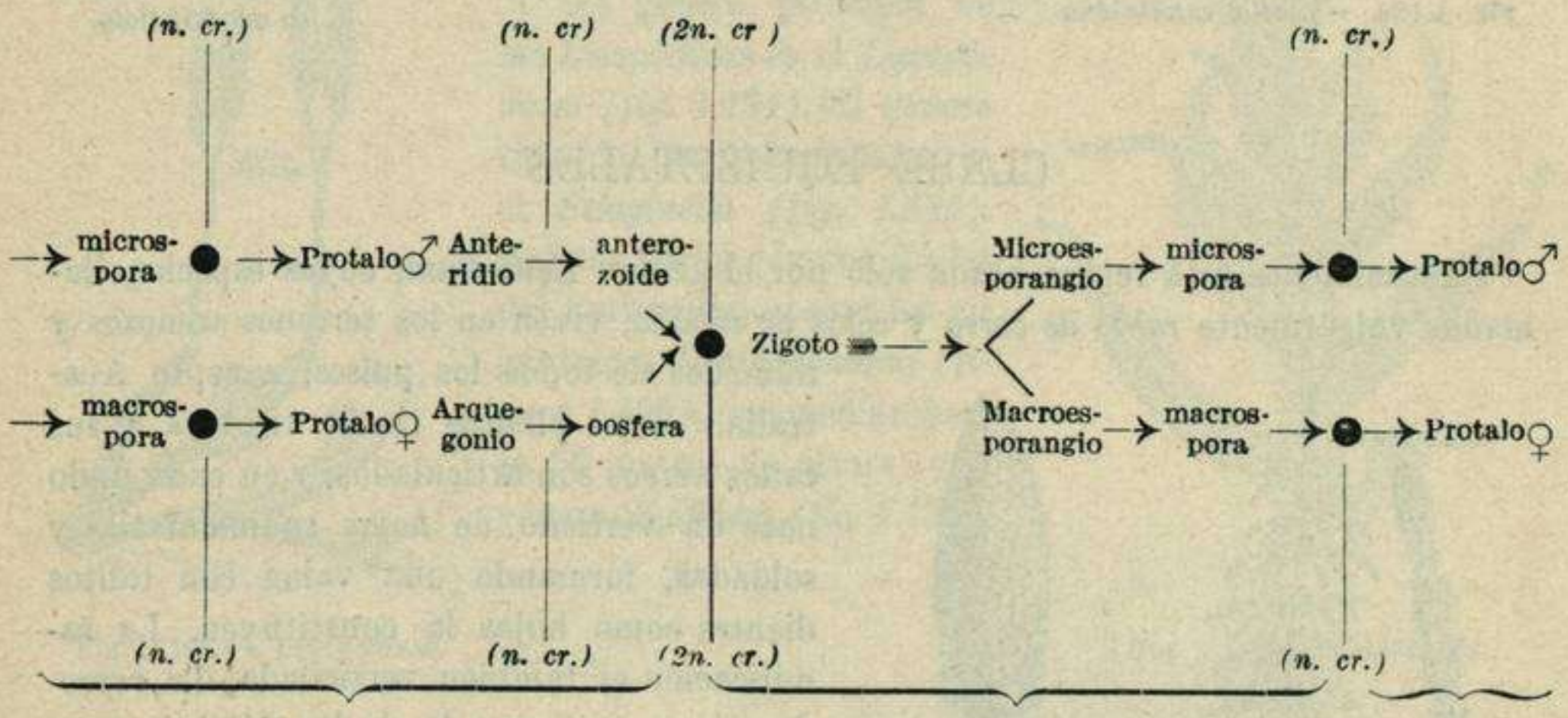
Gametofito.—Cuando los esporocarpios caen al agua, sus paredes se pudren y los esporangios quedan en libertad: en el interior de éstos *se desarrollan las esporas sin salir del esporangio*, es decir, sin que se rompan o pudran las paredes de éstos. Dentro de los *microsporangios (fig. 1.186)* se desarrollan las *microsporas*, de cada una de las cuales emerge un pequeño tubo que perforando la pared del microsporangio sale al exterior; este *tubo se considera como un protalo masculino rudimentario* porque el núcleo y el protoplasma que lleva en su extremo se divide en dos

Instituto San Isidro de Madrid 2008

células, cada una de las cuales *origina cuatro anterozoides* espirales con flagelos, por cuya razón las células madres se consideran como *anteridios* muy simplificados. Las *macrosporas* a su vez originan una pequeña prolongación que sale también al exterior perforando la pared del macrosporangio y forma una lámina verde o *protalo femenino* que da origen a un *arquegonio* con su *oosfera (fig. 1.187)* o a un pequeño número de ellas; pero en este caso, de todas éstas sólo una es fecundada por un anterozoide, originando el *huevo*, el cual se desarrolla sobre el protalo para formar la planta adulta.

En el adjunto esquema resumimos los datos anteriores.

Esquema del ciclo evolutivo de una *Filicinea heterospórea:*



Gametofito (n. cr.)

Con células haploides, con *n.* cromosomas *(n. cr.):* sin estomas. El protalo masculino, procedente de la microspora, produce un anteridio rudimentario en el que se produce un anterozoide; el protalo femenino originado por la macrospora, da lugar a un arquegonio en el que se forma una oosfera. Por fusión del anterozoide y la oosfera se produce el zigoto con *2n.* cromosomas *(2n. cr.)*, punto de partida del esporofito.

Esporofito

Con células diploides *(2 n. cr.)* y con estomas. El esporofito produce dos clases de esporangios: microesporangios que originan esporas pequeñas o microsporas, y macroesporangios que dan lugar a esporas grandes o macrosporas. Las microsporas, al germinar, producen un protalo masculino y las macrosporas un protalo femenino.

Nuevo gametofito

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Si comparamos este esquema con el de un helecho veremos que en sus rasgos generales obedece al mismo tipo; pero aquí la sexualidad afecta también al esporofito, como lo prueba la existencia de unas esporas pequeñas o microsporas, origen de los elementos de estirpe masculina del gametofito, y una macrospora, de mayor tamaño, origen de los elementos de estirpe femenina del gametofito.

Las principales especies, aparte de la citada, son: la *Azólla caroliniána (fig. 1.188)*, y la *Marsílea quadrifoliáta (figura 1.189)*.

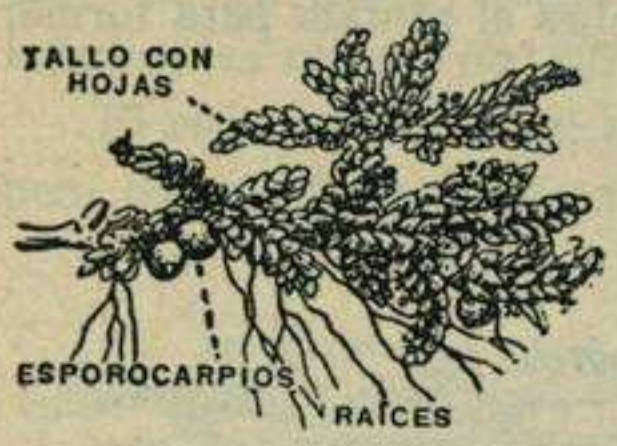


Fig. 1.188. — *Azólia caroliniána*.



Fig. 1.189. — *Marsilea quadrifoliáta*.

CLASE EQUISETALES

Actualmente está representada sólo por el género *Equisétum*, cuyas especies, llamadas vulgarmente *rabos de zorro* y *colas de caballo*, viven en los terrenos arenosos y húmedos de todos los países, excepto Australia. Estas plantas tienen rizomas, y sus tallos aéreos son articulados, y en cada nudo nace un verticilo de *hojas* rudimentarias y soldadas, formando una vaina con tantos dientes como hojas la constituyen. La ramificación es también verticilada. La *reproducción* es análoga a la de las *Salvínia*, aunque las *esporas son todas iguales*



Fig. 1.190. — Planta completa de *Equisétum*.



Fig. 1.191. — Extremo de un tallo fértil de *Equisétum*.

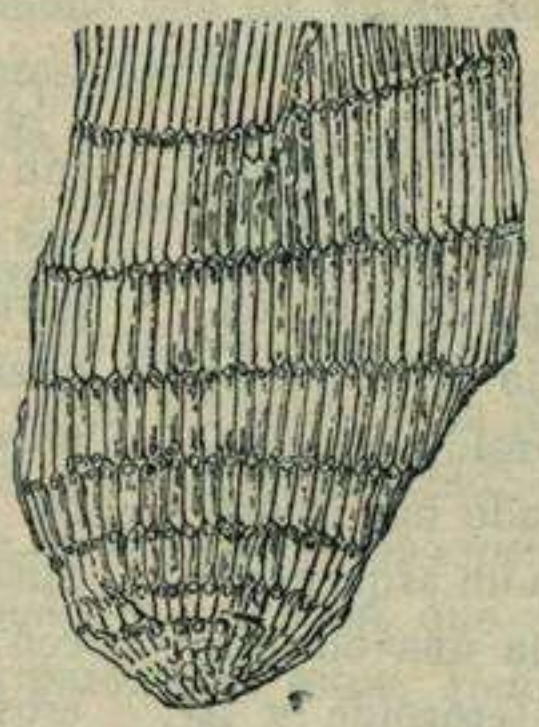


Fig. 1.192. — Extremo de una raíz de *Calamites*.



Fig. 1.193. — *Annularia*.

Dichas esporas se originan en esporangios existentes en el extremo de algunos pies de planta que se abultan y forman una especie de maza o espiga *(fig. 1.191)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Se conocen varias especies de *Equisétum (fig. 1.190)*. Entre las formas fósiles citaremos los géneros *Calamites (fig. 1.192)*, *Annulária (fig. 1.193)*, etc., del Carbonífero.

CLASE LICOPODIALES

Se distinguen fácilmente de todas las demás en que sus tallos y raíces tienen ramificación dicótoma *(fig. 1.194)*. Se dividen en dos Órdenes: *Licopódidas* y *Selaginélidas*. Las primeras son *isospóreas* y su evolución ontogénica análoga a la de las *Filicíneas*. Las segundas son *heterospóreas* y su evolución parecida a la de las *Hidropteríneas*.



Fig. 1.194.— *Lycopódium.*

El género principal de las *Licopódidas* es el *Lycopódium (fig. 1.194)*. El género tipo de las *Selaginélidas* es el *Selaginélla (fig. 1.195)*. Existen varios géneros fósiles del Carbonífero, como los gigantescos *Lepidodéndron (figura 1.196)*, que medían hasta 30 metros de altura, y el género *Sigillária (fig. 1.197)*.



Fig. 1.195.—*Selaginélla.*

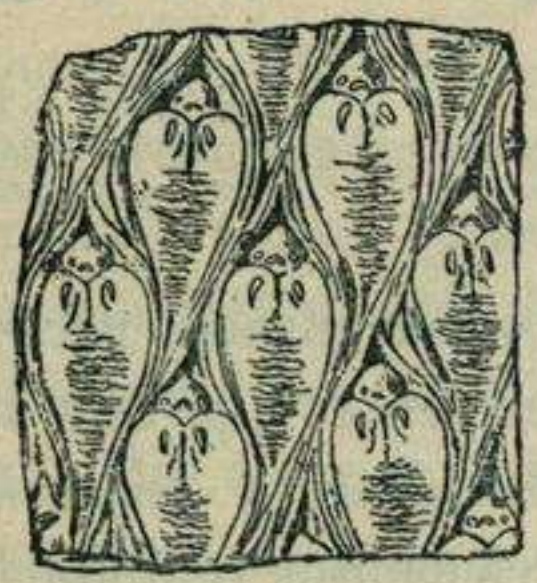


Fig. 1.196.—Trozo de un tronco de *Lepidodéndron.*

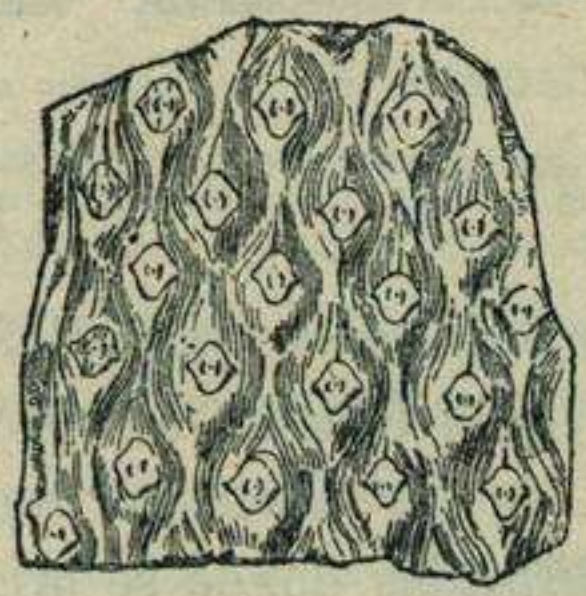


Fig. 1.197.—Trozo de corteza de *Sigillária.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TIPO FANERÓGAMAS O ESPERMOFITAS

Ya se sabe (pág. 583) que en este Tipo están incluídas las plantas cormofíticas que, como tales, poseen raíz, tallo y hojas, órganos todos con fibras y vasos, y que, además, *tienen flores* y producen semillas. Como ya se han estudiado los *órganos de nutrición*, o sea la raíz, tallo y hojas, resta sólo tratar de los *órganos de reproducción*, o sea las flores.

ÓRGANOS DE LA REPRODUCCIÓN

Flor: generalidades.—Los *órganos de reproducción* de las plantas Fanerógamas son las *flores*. Éstas están constituídas por un conjunto

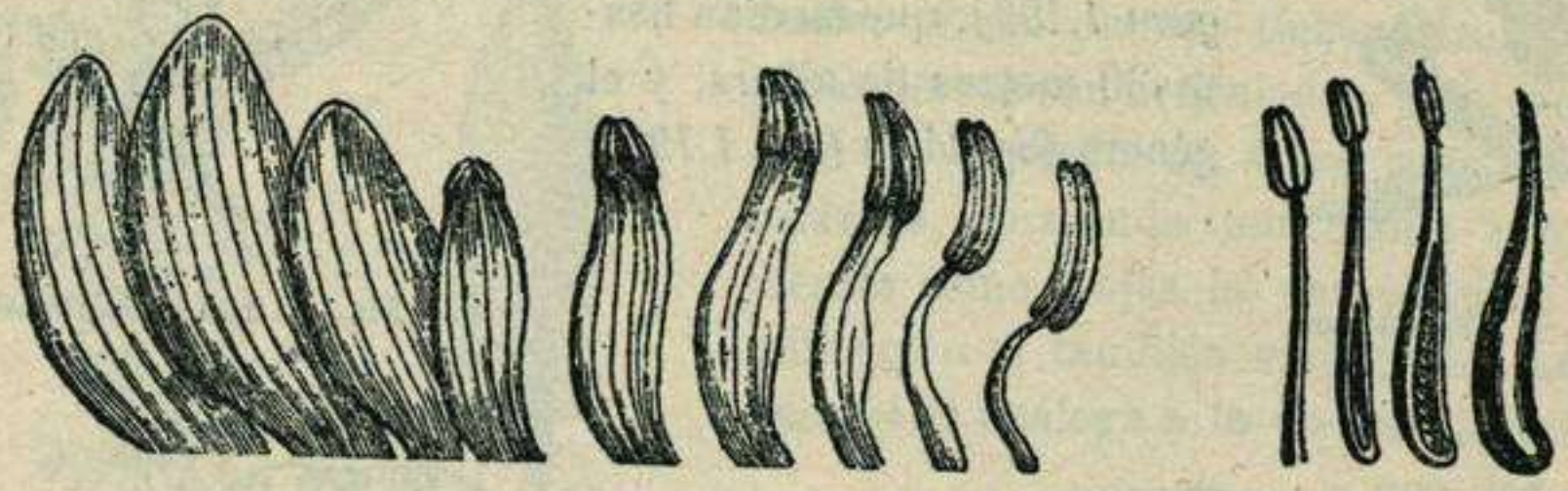


Fig. 1.198.—Paso gradual del os pétalos, que aún poseen forma de hoja, a los estambres, que carecen de ella.

Fig. 1.199. — Paso de los estambres a carpelos.

de *hojas modificadas (figs. 1.198* y *1.199)* y especializadas para el cumplimiento de la función que tienen que desempeñar, que consiste en la formación de *los elementos reproductores masculinos* y *femeninos*. Las hojas modificadas donde se originan dichos elementos reproductores reciben el nombre de *órganos sexuales* y son las que en realidad constituyen la flor. *Protegiendo* a los órganos sexuales se encuentran otras hojas también modificadas y que ordinariamente se presentan *coloreadas;* estos órganos *protectores* son los únicos que para el vulgo constituyen las flores,y por esto para él carecen de flores muchas plantas que en realidad las poseen.

Se deduce de lo que antecede que en las flores existen *órganos esen-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ciales, es decir, órganos sin cuya existencia tampoco existe la flor, y *órganos accesorios*, o sea órganos que aunque falten no por ello deja de existir la flor, siempre que posea los primeros.

Las flores que poseen tanto los órganos esenciales como los accesorios, reciben el nombre de *flores completas*, denominándose *incompletas* aquellas en que faltan los órganos accesorios.

Una flor *completa (figs. 1.120* y *1.200* a *1.202)* consta de cuatro verticilos de hojas modificadas situados generalmente en el extremo de una ramita llamada *pedúnculo floral*, cuya parte superior es ordinariamente más ancha y recibe el nombre de *receptáculo (fig. 1.202)*. Cuando falta el pedúnculo, la flor se denomina *sentada*.

Estos verticilos florales reciben nombres especiales que, procediendo de fuera a dentro, son *(figs. 1.200* a *1.202)*: 1.°, el *cáliz*, constituído por

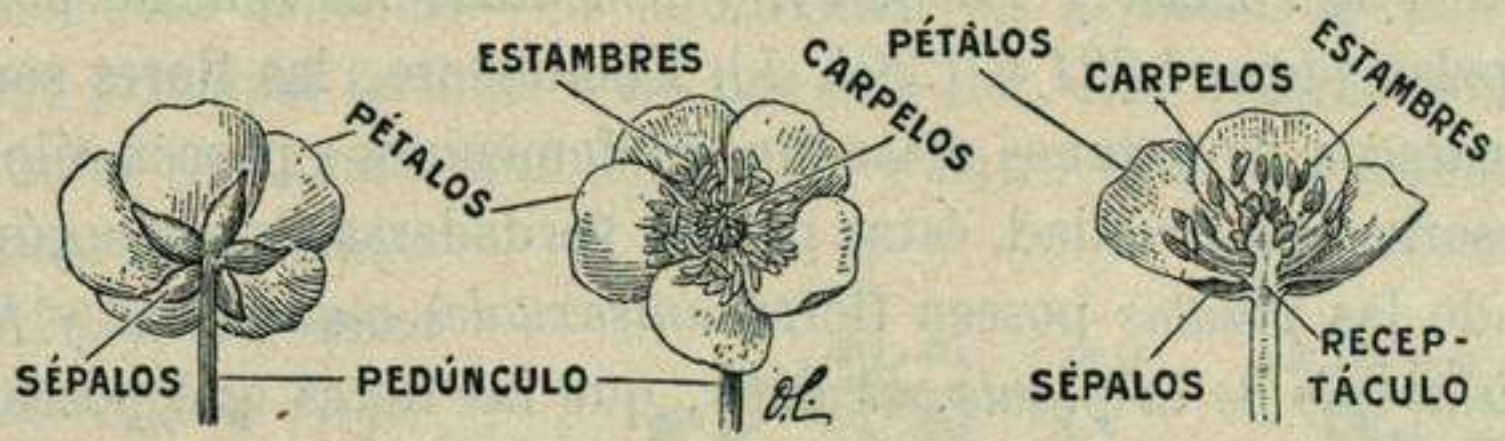


Fig. 1.200. Fig. 1.201. Fig. 1.202.

Fig. 1.200 y 1.201.—Verticilos de una flor completa.

Fig. 1.202.—La misma, cortada longitudinalmente.

piezas generalmente verdes denominadas *sépalos;* 2.°, la *corola*, formada por piezas ordinariamente colorcadas de distinto color que el verde, llamadas *pétalos;* ambos verticilos constituyen los *órganos accesorios;* 3.°, el *androceo*, constituído por los órganos masculinos o *estambres*, y 4.°, el *ginecco*, formado por los órganos femeninos, denominados *carpelos* o *pistilos*. Estos dos últimos verticilos son los *órganos esenciales*.

El conjunto de cáliz y corola recibe el nombre de *envolturas florales*, y también los de *periantio* y *perigonio* (gr. *peri*, alrededor; *anthos*, flor; *gonos*, semilla). Dicho periantio se dice que es *doble* cuando posee ambos verticilos y *sencillo* cuando falta uno de ellos, que es siempre la *corola*, por lo cual estas plantas se llaman *apétalas* y también *monoclamídeas* (gr. *monos*, uno; *klamys*, clámide o manto) *(fig. 1.203)*. Cuando la flor carece de cáliz y corola se denomina *desnuda (figs. 1.204* y *1.205)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Si las flores poseen órganos sexuales masculinos y femeninos, se llaman *hermafroditas (figs. 1.201, 1.202* y *1.203)*, y cuando en *cada flor* sólo existen estambres o carpelos, se denominan *unisexuales*, pudiendo ser en este caso: *masculinas* las flores que sólo tienen estambres *(figs. 1.204* y *1.205, 2)*, y *femeninas* las que no poseen más que carpelos *(figs. 1.204* y *1.205, 1)*. Finalmente, las flores son *neutras* cuando carecen de órganos masculinos y femeninos y poseen sólo los órganos accesorios: en realidad, éstas no son verdaderas flores, según se dijo.



Fig. 1.203.—Flor apétala hermafrodita.

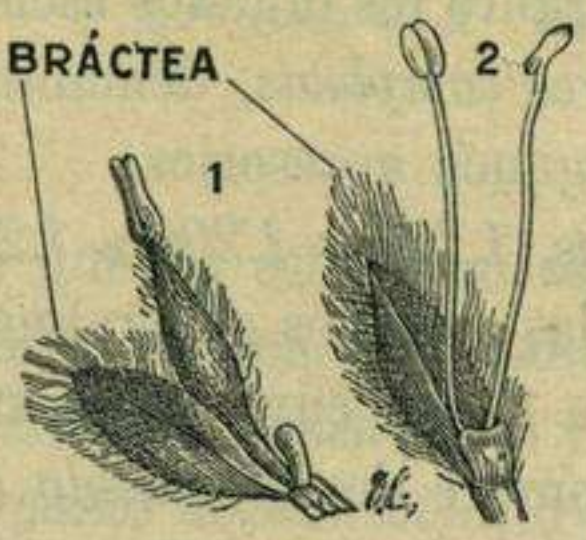


Fig. 1.204.—Flores desnudas — 1, unisexual femenina; 2, unisexual masculina.



Fig. 1.205.—Flores desnudas.—1, unisexual femenina; 2, ídem masculina.

Cuando las *plantas* poseen flores *unisexuales masculinas* y *femeninas en el mismo pie de la planta*, es decir, que las flores que poseen estambres están separadas de las que tienen carpelos, aunque reunidas *en la misma planta*, se



Fig. 1.206.—Extremo superior de una planta de maíz, como ejemplo de planta monoica.



Fig. 1.207.—Amento femenino de un sauce.



Fig. 1.208.—Amento masculino de ídem.

Como ambos amentos nacen en dos plantas distintas, el sauce es vegetal dioico.

denominan *monoicas* (gr. *monos*, uno; *oikia*, casa) *(fig. 1.206);* si las flores masculinas están en una *planta* y las femeninas en otra distinta, se

Instituto San Isidro de Madrid 2008

llaman *dioicas* (gr. *dis*, dos) *(figs. 1.207* y *1.208)*, y, por último, se llaman *polígamas* (gr. *polys*, mucho; *gamos*, boda) cuando en el mismo pie de planta hay flores unisexuales y hermafroditas.

Simetría de la flor.—Las piezas florales pueden estar dispuestas alrededor de un eje como los radios de una rueda, o a un lado y otro de un plano vertical que divide a la flor en dos mitades simétricas. Las primeras se llaman *regulares* o *actinomorfas* y las segundas *irregulares* o *cigomorfas*.

INFLORESCENCIA.—Con este nombre se conoce la disposición que las flores adoptan en la planta. Si las flores se encuentran aisladas, se denominan *flores solitarias*, y en este caso pueden ser: *terminales*, si se hallan en el extremo de una rama o tallo, y *axilares*, cuando nacen en la axila de las hojas. Las inflorescencias pueden ser *sencillas* y *compuestas*, o sea constituídas por la agrupación de inflorescencias sencillas.

Inflorescencias sencillas.—Se subdividen en *definidas* e *indefinidas*, según el eje principal termine o no por una flor. Las inflorescencias sencillas definidas se llaman también *cimas*, y entre ellas se encuentran: la *cima unípara escorpioidea* *(figura 1.209)*; la *cima unípara helicoidea (figura 1.210)*, *cima bípara* o *dicótoma (fig. 1.211)*.

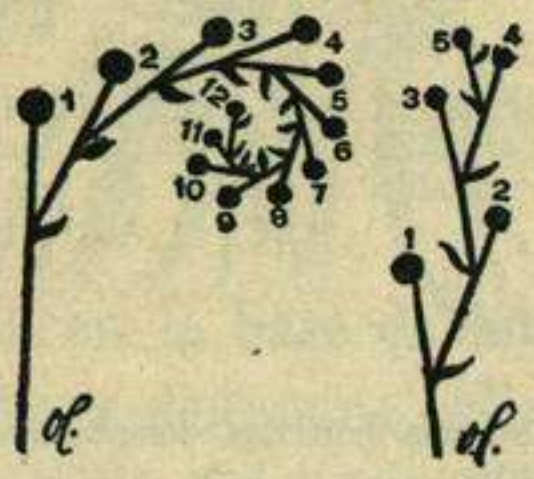


Fig. 1.209. Cima escorpioidea.

Fig. 1.210. Cima helicoidea.



Fig. 1.211. Cima dicótoma

En las *inflorescencias sencillas indefinidas* se distinguen dos grupos: 1.° Con flores sentadas o con el pedúnculo corto; 2.° con flores pedunculadas. En el primer grupo se encuentran: el *amento*, constituído por un eje a lo largo del cual se insertan *flores unisexuales* (sauce, *figs. 1.207* y *1.208;* nogal, *fig. 1.212;* avellano, *fig. 1.213); espiga*, si las flores son *hermafroditas* (llantén, verbena) *(figs. 921* y *1.214); cabezuela*, cuando las flores están insertas en la terminación del pedúnculo, o receptáculo ensanchado y rodeado de brácteas (cardos, margarita) *(figs. 980* y *1.215)*. En el segundo grupo se hallan: la *umbela (fig. 1.216)*, cuyos pedunculillos (radios) nacen del extremo del pedúnculo primario y terminan próximamente a igual altura (guindo); *corimbo (fig. 1.217)*, cuando naciendo los

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 1.212.—Amento masculino del nogal.



Fig. 1.213.—Amentos masculinos del avellano. (Fot. O. Cendrero).



Fig. 1.214.—Espiga de verbena.

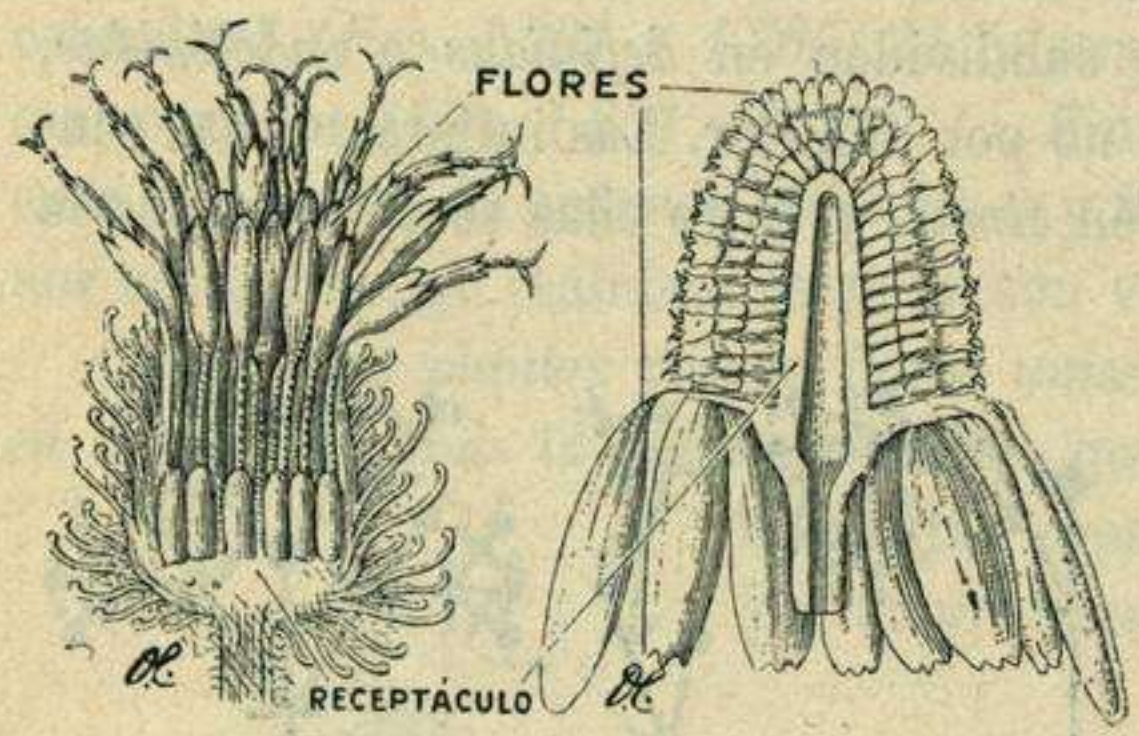


Fig. 1.215.—Dos tipos de cabezuela cortadas longitudinalmente.

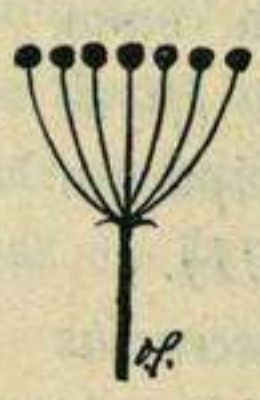


Fig. 1.216 Umbela.



Fig. 1.217 Corimbo.



Fig. 1.218 Racimo.

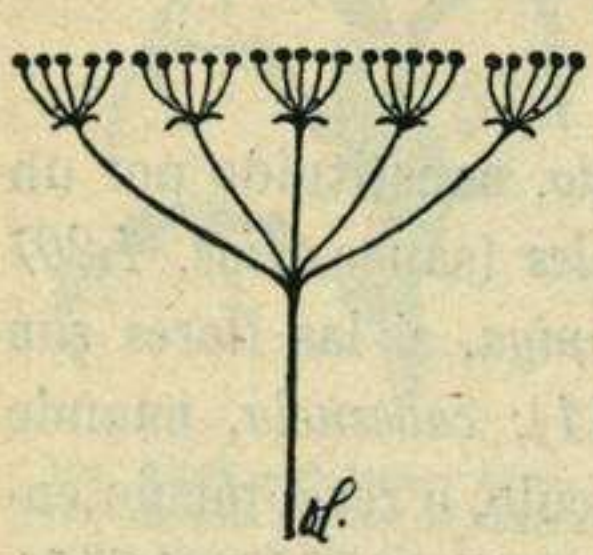


Fig. 1.219.—Umbela de umbelas.



Fig. 1.220.—Racimo de racimos.

pedunculillos a distinto nivel del primario terminan a igual altura (peral); *racimo (fig. 1.218);* etcétera.

Inflorescencias compuestas.—Son numerosísimas, puesto que están constituídas por la reunión de varias sencillas *(figs. 1.219* y *1.220).*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ESTUDIO DE LOS VERTICILOS FLORALES

Cáliz.—Es el verticilo exterior de la flor y en la yema cubre y protege a todos los demás: aunque ordinariamente es verde, puede ser también coloreado (hortensia, begonia, etc.). Los *sépalos* o piezas que le constituyen son generalmente sentados y pueden estar *libres* entre sí, constituyendo el *cáliz dialisépalo (fig. 1.203)*, o *soldados* en uno, formando el cáliz *gamosépalo (fig. 1.225)*.

Los cálices gamosépalos son muy variados en su forma y atendiendo a ella se los denomina *vejigosos* o *inflados (fig. 1.225)*, *gibosos*, *espolonados (fig. 1.224)*, *labiados (fig. 1.223)*, etc. Sea *dialisépalo* o *gamosépalo*, el cáliz puede ser, como la flor (pág. 615), *regular* o *actinomorfo (figura 1.225)* e *irregular* o *cigomorfo (figs. 1.223* y *1.224)*. Cuando se cae al abrirse la flor se denomina *caduco (fig. 1.222)*. Algunas veces las *brácteas* próximas al cáliz se agrupan en la base de éste, simulando un cáliz: el conjunto de dichas brácteas se denomina *calículo (fig. 1.221)*.



Fig. 1.221 Calículo. Fig. 1.222 Cáliz caduco. Fig. 1.223 Cáliz labiado. Fig. 1.224. Cáliz espolonado. Fig. 1.225 Cáliz vejigoso.

Corola.—Es el segundo verticilo del periantio y está situado por dentro del cáliz. Sus piezas o *pétalos* están generalmente coloreados, por más que alguna vez pueden ser verdes. Cada pétalo consta ordinariamente: de una porción basilar estrecha denominada *uña*, que es el equivalente del pecíolo de la hoja, y de una porción terminal ancha llamada *limbo*, que representa el limbo. Las corolas pueden ser *dialipétalas* y *gamopétalas*, según tengan los pétalos *libres* o *soldados*.

Corolas dialipétalas.—I.—*Regulares* o *actinomorfas: cruciforme*, con cuatro pétalos de uña larga colocados en forma de cruz (alhelí *(figura 1.226)* y todas las Crucíferas); *aclavelada*, con cinco pétalos de uña larga (clavel); *rosácea*, ordinariamente con cinco pétalos de uña corta (rosa silvestre *(fig. 1.227)*, fresa); *liliácea (figs. 1.228* y *1.229)*, con tres sépalos y tres pétalos igualmente coloreados (azucena, tulipán).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

II.—*Irregulares* o *Cigomorfas: amariposada* o *papilionácea (figuras 1.230* y *1.231)*, constituída por cinco pétalos, de los cuales el medio superior recibe el nombre de *estandarte;* los laterales libres reciben el nombre de *alas*, y los soldados entre sí o muy aproximados, el de *quilla* (judía y todas las Papilionáceas).

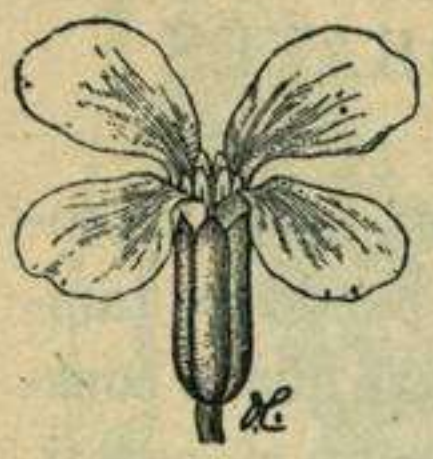


Fig. 1.226
Corola cruciforme.



Fig. 1.227
Corola rosácea.

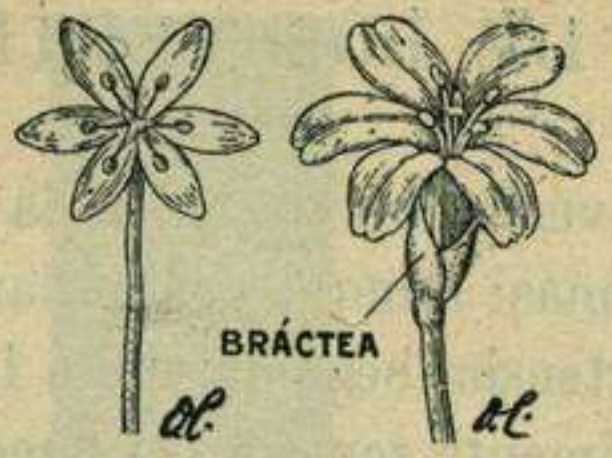


Fig. 1.228 Fig. 1.229
Dos tipos de corola liliácea.



Fig. 1.230. Fig. 1.231.
Corola amariposada.

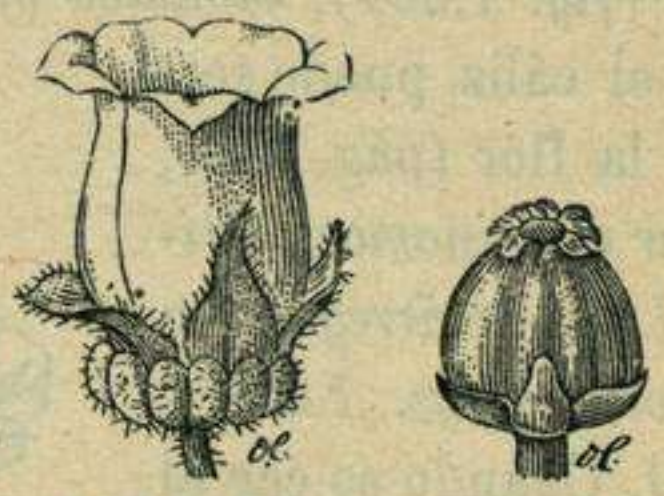
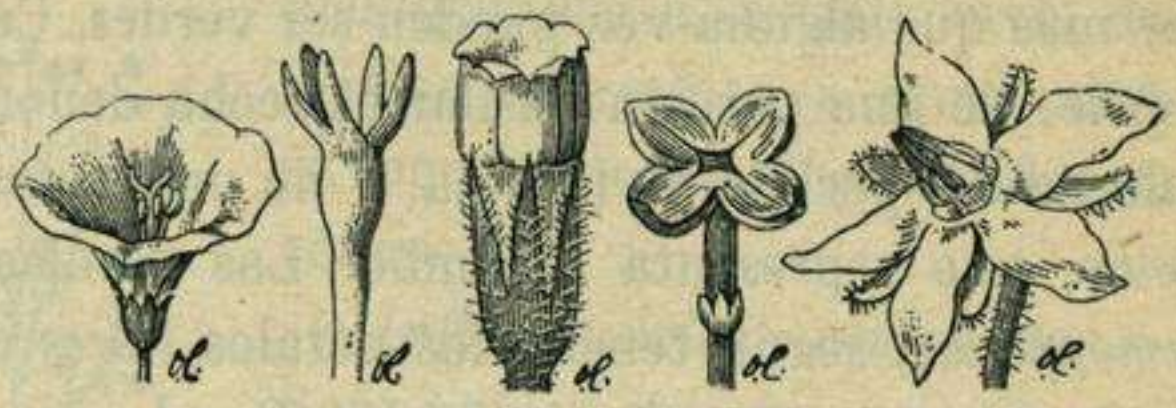


Fig. 1.232. Fig. 1.233.
Acampanada. Urceolada.

COROLAS GAMOPÉTALAS.—I.—*Regulares: acampanada (fig. 1.232); urceolada* o en forma de orza (brezo) *(fig. 1.233); infundibuliforme* o *embudada* (tabaco) *(fig. 1.234); cónico-acampanada*, la embudada sin tubo (correhuela) *(fig. 1.235); flosculosa (fig. 1.236)*, la que teniendo forma de tubo está inserta en una cabezuela (flores del centro o disco de la marga-



Fig. 1.234.—Embudada.
(De Gerardin).



Figs. 1.235. 1.236. 1.237 1.238. 1.239.

Cónico-caampanada (1.235). — Flosculosa (1.236). — Tubuloso-acampanada (1.237). — Asalvillada (1.238). — Enrodada (1.239).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

rita); *tubuloso-acampanada* (sínfito) *(fig. 1.237); asalvillada*, con el tubo cilíndrico y largo y limbo ancho perpendicular a él (lila) *(fig. 1.238); enrodada*, la asalvillada de tubo reducido a un anillo (borraja) *(fig. 1.239).*

II.—*Irregulares: ligulada* o *semiflosculosa:* consiste en un tubo corto provisto de un solo limbo lateral con tres o cinco dientes (flores de la periferia de la margarita) *(fig. 1.240); labiada*, con dos partes o labios (salvia y todas las Labiadas) *(figura 1.241); personada*, la labiada con los labios muy aproximados, formando un repliegue llamado *paladar* (boca de dragón) *(fig. 1.242).*



Fig. 1.240. — Ligulada.



Fig. 1.241. Labiada.



Fig. 1.242. Personada.

NECTARIOS.—Ordinariamente se da esta denominación a pequeñas glándulas existentes en la base de los pétalos de algunas flores y que segregan un líquido azucarado llamado néctar. Pueden también encontrarse en los demás verticilos y en el receptáculo; pero donde más abundan es en los pétalos.

Androceo.—Es el más externo de los verticilos sexuales en las flores hermafroditas y está constituído por los *estambres* u órganos masculinos que, según la nueva nomenclatura, fundada en la analogía de la reproducción (véase más adelante, pág. 642) con las Filicíneas Heterospóreas (véase pág. 609), habría que denominarles *microesporangios.* Cada estambre consta *(figs. 1.243* y *1.244)* de una porción delgada, denominada *filamento*, que representa el pecíolo de la hoja, y de una porción terminal ensanchada que recibe el nombre de *antera* y equivale al limbo. En la *antera* se originan los *granos de polen* o *microsporas.* Cuando el filamento falta, se dice que la antera es *sentada*, y cuando existe sólo el filamento, por no desarrollarse la antera, el estambre se denomina *estaminodio.*



Fig. 1.243.



Fig. 1.244.

Fig. 1.243.—Estambres didínamos. — Fig. 1.244. — Idem tetradínamos.

Con arreglo al número de estambres, Linneo estableció distintos grupos de plantas, a las que aplicó los nombres de *monandria, diandria, triandria, tetrandria, pentandria, exandria, eptandria, octandria, eneandria*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

dria y *decandria*, según posean 1, 2, 3... 10 estambres; *dodecandria*, cuando poseen de 11 a 19; *poliandria* e *icosandria*, si el número es mayor de 20; pero reservando el primer nombre para cuando están insertos en el receptáculo y el segundo para cuando lo están en el cáliz.

Los estambres pueden ser desiguales: si habiendo cuatro dos son más largos que los otros dos, se dice que son *didínamos* (gr. *dis*, dos; *dynamis*, fuerza, es decir, dos más largos) *(fig. 1.243)*, y si habiendo seis, cuatro son más largos que los otros dos, se dice que son *tetradínamos* (gr. *tetra*, cuatro) *(fig. 1.244)*.

Los estambres pueden *soldarse entre sí*, dando origen a disposiciones que reciben nombres particulares. Si están *soldados por los filamentos* se llaman *monadelfos* cuando forman un solo haz *(fig. 1.245)*; *diadelfos*, si forman dos *(fig. 1.246)*, y *poliadelfos* si tres o más. Si están *soldados por las anteras* se denominan *singenésicos (fig. 1.247)*, y si por los *filamentos* y las *anteras*, *sinfisandrios*.



Fig. 1.245. Monadelfos. Fig. 1.246. Diadelfos.

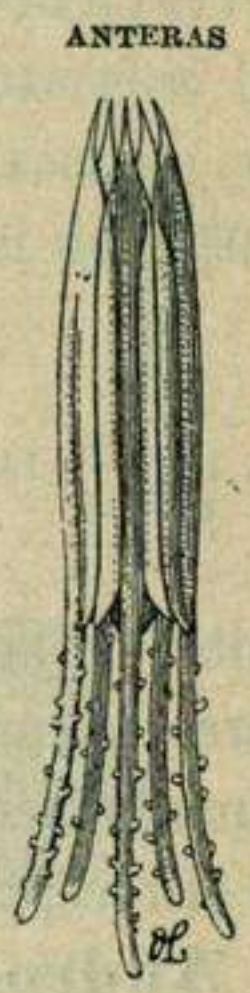


Fig. 1.247. —Singenésicos.

Cuando el número de estambres es igual al de sépalos, o al de pétalos, *las flores* se llaman *isostémonas (figuras. 1.203* y *1.248)*; *diplostémonas* si es doble; *polistémonas* si es tres o más veces mayor *(fig. 1.247)*, y *meristémonas* cuando en cualquiera de los casos anteriores los estambres se ramifiquen *(figuras 1.249* y *1.250)*.

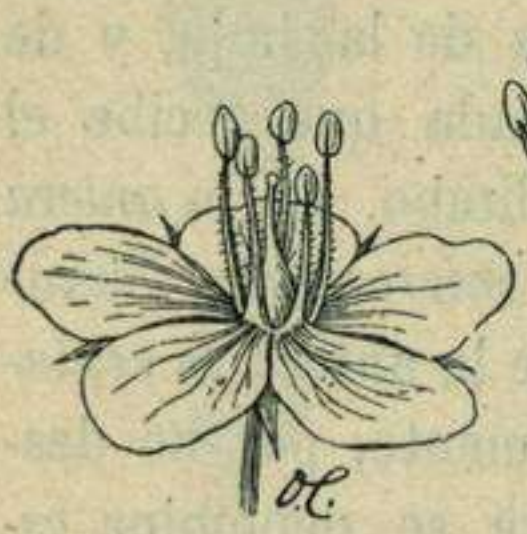


Fig. 1.248.—Flor isostémona.

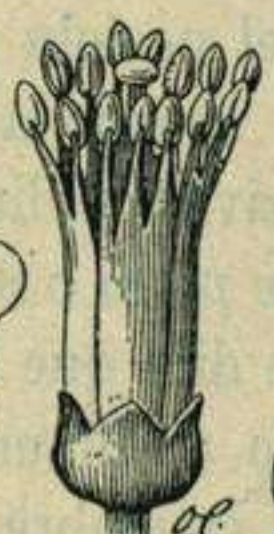


Fig. 1.249.—.



Fig. 1.250 Flores meristémonas.

ESTRUCTURA DE LA ANTERA O PARTE FÉRTIL DEL MICROESPORANGIO Y FORMACIÓN DEL POLEN O MICROSPORA.—Una *antera joven (fig. 1.251)* está dividida en dos mitades simétricas, una a la derecha y otra a la izquierda del *conectivo* o tejido que las une. Cada una de dichas mitades posee a su vez dos cavidades denominadas *sacos polínicos*,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

que están llenos de unas células grandes llamadas *células madres del polen*, cada una de las cuales da origen a cuatro *granos de polen* o *microsporas*.

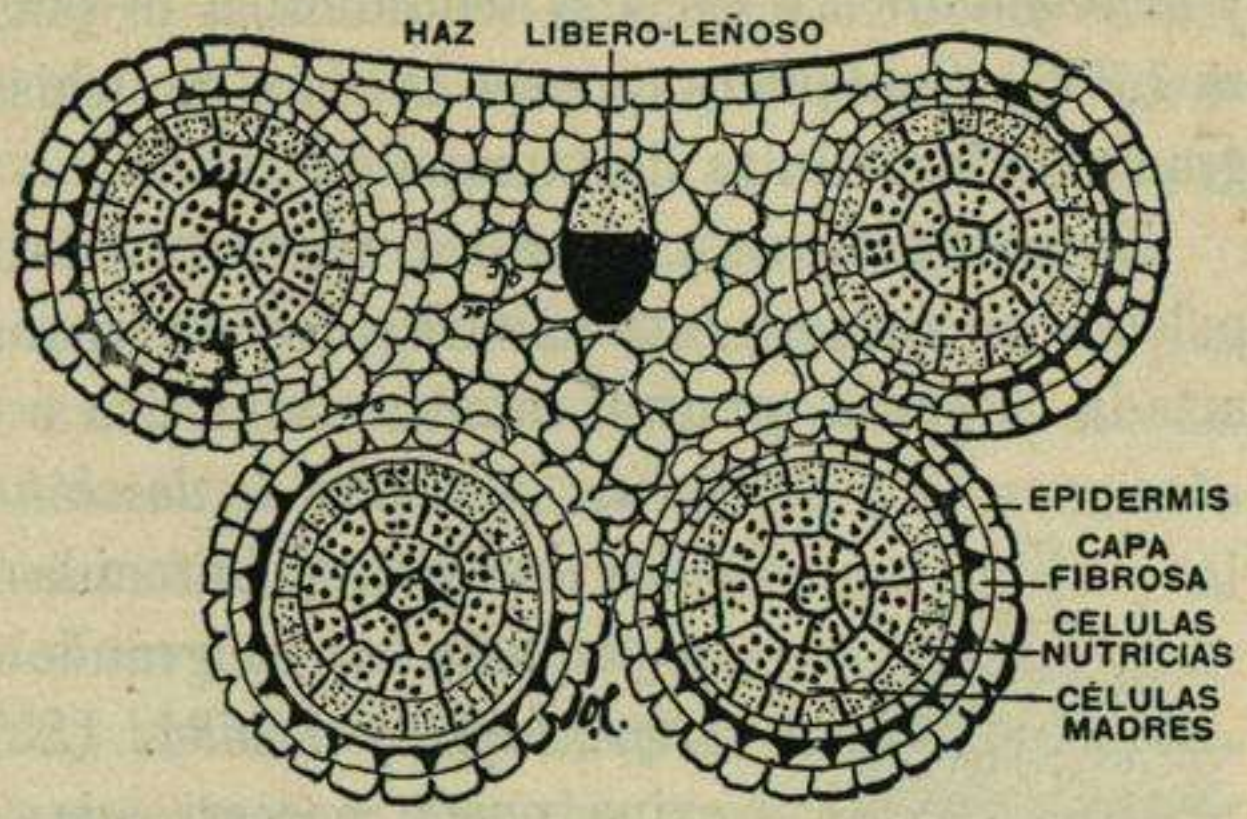


Fig. 1.251.—Corte transversal esquemático de una antera joven con sus cuatro sacos polínicos.

Rodeando a las células madres del polen se encuentran varias capas de células que, procediendo de dentro a fuera, son: 1.°, las dos *capas nutricias*, de las cuales la interior está formada por células muy voluminosas y ambas con un protoplasma muy rico en almidón y grasas: el nombre de estas capas alude a que ulteriormente servirán de alimento a los granos de polen para permitir su crecimiento; 2.°, la *capa fibrosa*, cuyas células tienen la membrana lignificada en líneas espirales o en forma de V con las ramas hacia fuera. Esta capa determina el desgarramiento de la pared de la antera para dar salida al polen; 3.°, la *epidermis* con algunos estomas.

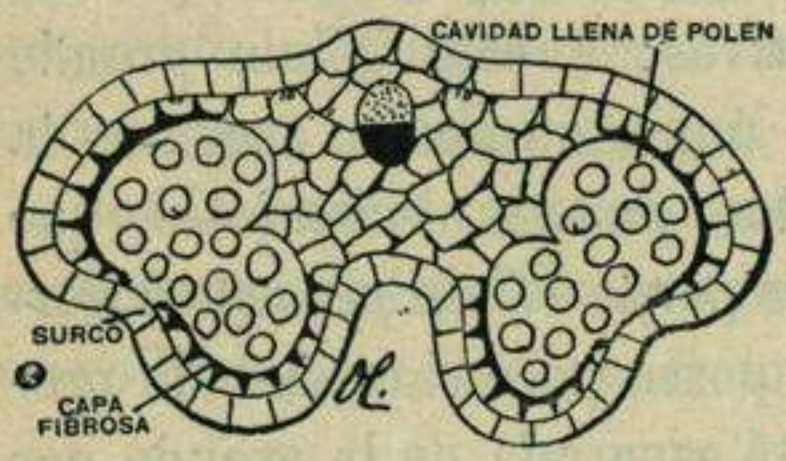
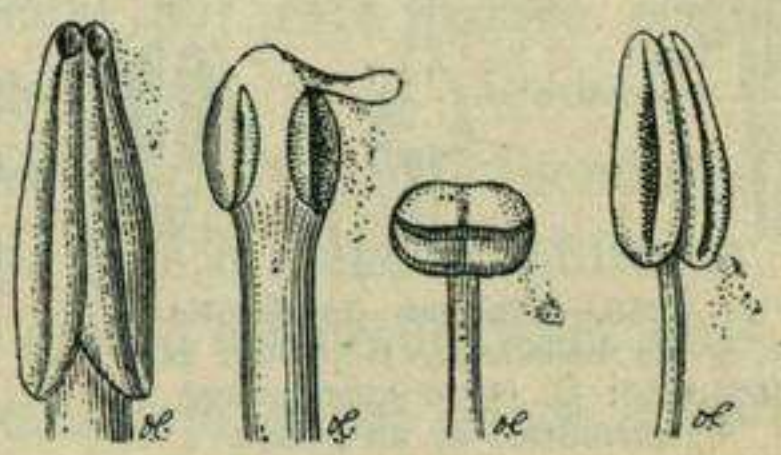


Fig. 1.252.—Corte transversal esquemático de una antera madura.

En la *antena madura (fig. 1.252)* los granos de polen o microsporas se encuentran ya libres y rellenan toda su cavidad; por último, los dos sacos polínicos de cada lado comunican entre sí, por lo que cada mitad de la antera no posee más que un gran espacio lleno de polen.

Dehiscencia de la antera.—Con esta denominación se conoce la manera de abrirse la pared de la antera para dar salida al polen. Ésta puede reducirse a cuatro tipos principales: la *poricida* o por dos pequeños orificios *(fig. 1.253)*; la *valvicida* o por valvas que se abren hacia fuera *(fig. 1.254)*; la *transversal* o



Figs. 1.253. 1.254. 1.255. 1.256.

Tipos de dehiscencia de la antera.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

por un plano perpendicular a la línea de unión de las anteras *(fig. 1.255)*, y la *longitudinal* o por una hendidura a lo largo de toda la antera *(figura 1.256)*. Cualquiera que sea la clase de dehiscencia, se verifica siempre gracias a las células de la capa *fibrosa*.

ESTRUCTURA DEL GRANO DE POLEN O MICROSPORA.—Un grano de polen o microspora está envuelto por dos membranas: una exterior cutinizada o *exina* y otra interna celulósica o *intina*, y consta *de dos células desiguales*, contenida la pequeña en la grande *(figs. 1.257* y *1.258)*. La exina puede poseer, además, *poros* destinados a que penetre el agua exterior; a estos poros corresponden pequeños espesamientos celulósicos de la intina.



Fig. 1.257.—Aspecto exterior de un grano de polen.

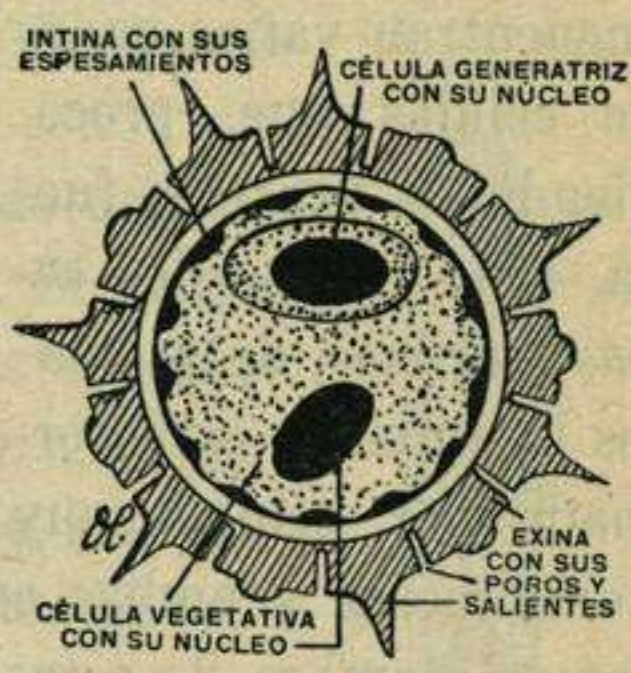


Fig. 1.258.—Esquema de la estructura de un grano de polen.

De las dos células contenidas dentro de esta membrana, la *mayor* es la que posee también un núcleo más voluminoso y su protoplasma es más denso y rico en sustancias nutritivas; a esta célula grande se la denomina *célula vegetativa*, porque su única misión es asegurar la nutrición de los *gametos masculinos*, que serán formados por la *célula pequeña* o germinativa, que posee poca cantidad de protoplasma y está separada de la grande por una delgada membrana albuminoidea.

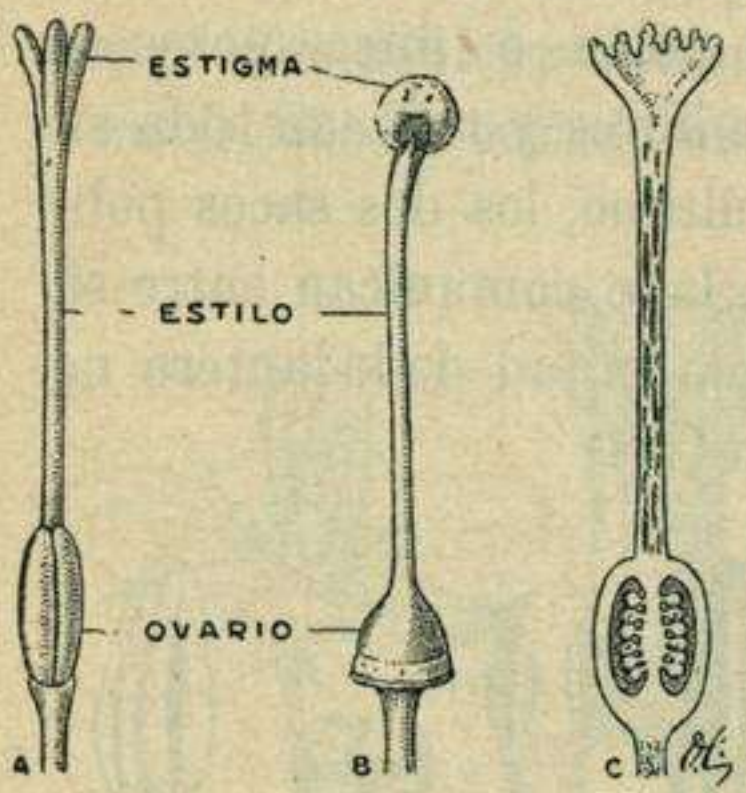


Fig. 1.259.—Gineceos de *Fritillaria*, A, y de belladona, B, vistos exteriormente; C, corte longitudinal esquemático de un pistilo.

Ginecco.—Es el más interno de los verticilos sexuales en las flores hermafroditas y está constituído por los *carpelos* o *pistios*, que son los órganos femeninos. Cada pistilo de las Angiospermas consta *(figura 1.259)*: de una porción inferior denominada *ovario*, que es la parte más esencial, puesto que en su interior es donde se encuentran los elementos femeninos, denominados *óvulos* o *macrosporangios;* de una columnita hueca o espon-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

josa interiormente, denominada *estilo*, y de una porción más o menos ensanchada, llamada *estigma*, situada en la terminación del estilo; dicho estigma está bañado por un líquido viscoso y provisto de elevaciones o papilas. El *estilo* puede faltar, y cuando esto ocurre se dice que el estigma es *sentado*: interiormente posee una sustancia mucilaginosa.

El *número* de carpelos varía de unas plantas a otras: Linneo dió los nombres de *monoginas*, *diginas*, etc., a las flores de un carpelo, dos, etc. La variación que más importancia tiene es la que se refiere a lo avanzada que se encuentre la *transformación* de la hoja carpelar en pistilo y al grado de *concrescencia* o *soldadura* de éstos entre sí; en efecto, en las plantas *Gimnospermas (fig. 1.122)* las hojas carpelares se encuentran *abiertas* y *sin soldarse unas a otras;* esta hoja carpelar se dice que es *abierta* y libre. En las plantas *Angiospermas* dicha transformación es grande: si existe *un solo carpelo* plegado a lo largo del nervio medio y con sus bordes soldados, o sea *cerrado*, se dice que el gineceo es *sencillo* o *unicarpelar (figs. 1.263, 1.123* y *1.293)*, y si existen *varios* el gineceo se llama *policarpelar*. Sin embargo, este último nombre suele reservarse exclusivamente para designar al gineceo que consta de *varios pistilos cerrados* y *libres (fig. 1.260)*, aplicando el de gineceo *compuesto*, también llamado *pistilo compuesto*, al *formado* por varios carpelos abiertos o cerrados, *pero soldados entre sí (figs. 1.264* a *1.266)*.



Fig. 1.260. — Gineceo policarpelar.

Por la *posición* que el ovario ocupa con relación a los restantes verticilos florales recibe los nombres de *ovario súpero* o *libre (fig. 1.261)* cuando se encuentra aislado en medio de la flor y encima de los demás verticilos, e *ínfero* o *adherente (fig. 1.262)* cuando se encuentra soldado a todos los verticilos más exteriores, que no quedan libres hasta encima del ovario, el cual por esto parece originarse debajo de ellos.

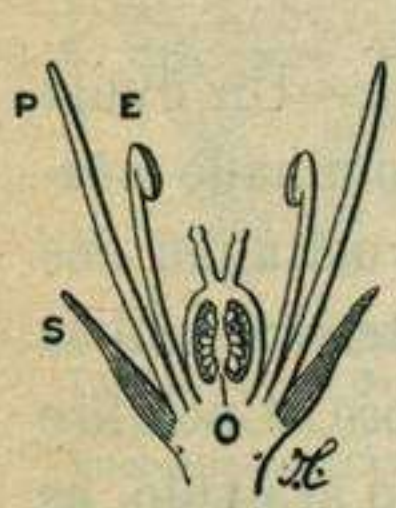


Fig. 1.261.—Ovario súpero.

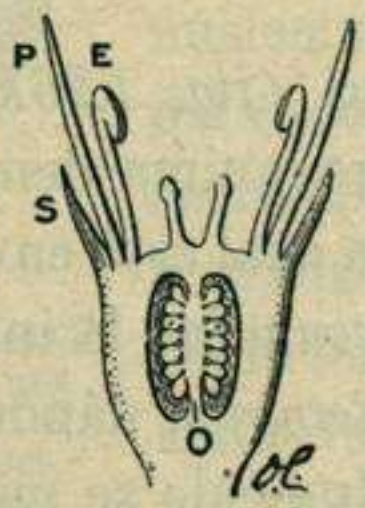


Fig. 1.262.—Ovario ínfero.

Estructura del ovario.—Siendo el ovario una hoja más o menos modificada, se comprende que su estructura será análoga a la de una hoja, y así puede apreciarse, en efecto, dando un corte transversal al ovario de una alubia, por ejemplo; se verá entonces *(fig. 1.263)* que las paredes del ovario

Instituto San Isidro de Madrid 2008

constan de dos epidermis, una interior y otra exterior, y entre ellas el parenquima clorofílico con los hacecillos líbero-leñosos correspondentes a los nervios. De estos nervios el medio es más grueso y a lo largo de él se verifica el plegamiento de la hoja.

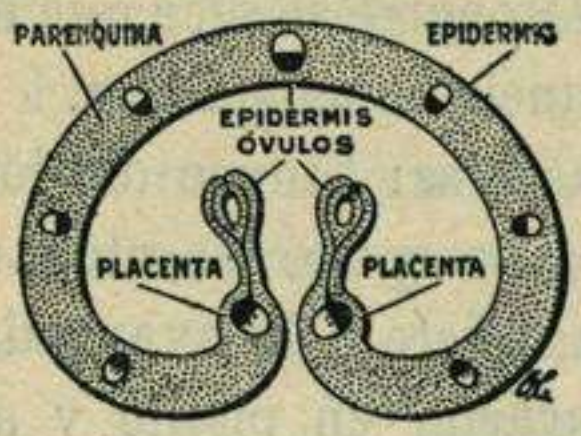


Fig. 1.263.—Esquema de la estructura de un ovario cortado transversalmente.

PLACENTACIÓN.—Los óvulos o macrosporangios se encuentran insertos, por medio de un delgado cordón, denominado *funículo*, en los bordes de la hoja carpelar, que generalmente se abultan y constituyen gruesos cordones denominados *placentas*, en cuyo interior existe el *nervio marginal* del carpelo *(fig. 1.263)*.

La disposición de las placentas en el ovario o *placentación*, y, por consiguiente, la de los óvulos, es muy variada, pero puede reducirse a los principales tipos siguientes: 1.° La placentación se llama *parietal* cuando las placentas se encuentran situadas en las paredes del ovario *(figs. 1.263* y *1.264)*. 2.° Si el ovario está formado por varios *carpelos cerrados y soldados (fig. 1.265)*, como los bordes de todos ellos se reúnen en el centro del ovario constituyendo un *eje* que se extiende de un centro a otro del ovario, la plantación se denomina *axilar*. 3.° Cuando en un ovario de placentación axilar se reabsorben los tabiques de separación de los carpelos y queda sólo el eje constituído por las placentas, la placentación se denomina *central (fig. 1.266)*.

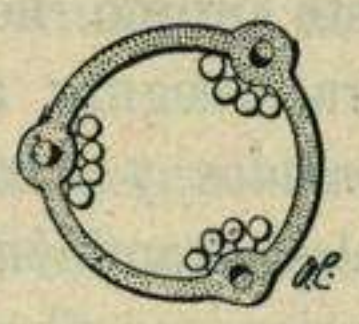


Fig. 1.264.— Placentación parietal.



Fig. 1.265.— Placentación axilar.

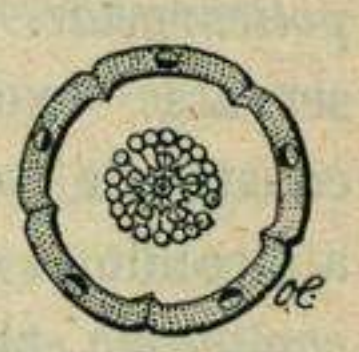


Fig. 1.266.— Placentación central.

ESTRUCTURA DEL ÓVULO MACROSPORANGIO *(fig. 1.267)*.—Un óvulo o macrosporangio está constituído por un parenquima denominado *nuececilla* porque en conjunto tiene dicha forma, la cual está envuelta por dos membranas llamadas: *primina* la exterior y *secundina* la interior. Ambas membranas poseen un orificio denominado *micropilo*, dándose el nombre de *hilo* u *ombligo* al plano o punto en que el funículo se une al óvulo, es decir, a la primina, y el de *chalaza* al de unión de la nuececilla con la secundina. La *nuececilla* es la parte más importante del óvulo o macrosporangio, puesto que en su parenquima primitivamente homogéneo se diferencia una célula que crece y origina la *macrospora* o *célula madre del*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

saco embrionario, la cual *sin salir del macrosporangio* origina un *protalo femenino rudimentario* que recibe el nombre particular de *saco embrionario;* en este protalo femenino se originarán los *gametos femeninos* u *oosferas*.

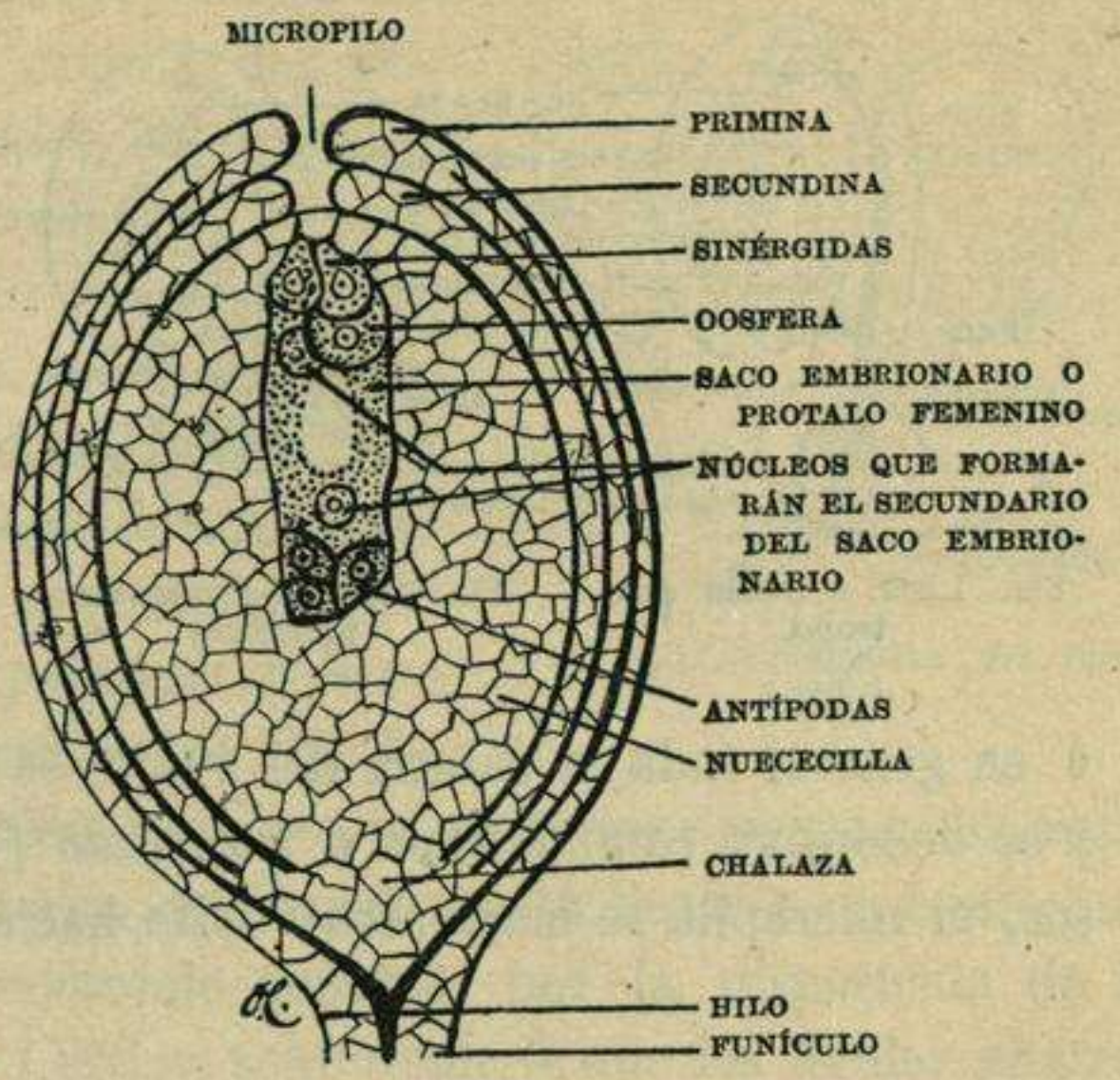


Fig. 1.267.—Esquema de la estructura del óvulo de una Angiosperma.

Formación de la oosfera *(fig. 1.267)*.—El núcleo del *saco embrionario* se divide en dos que se dirigen a los extremos de éste, donde cada uno sufre una doble división que da por resultado la formación de cuatro núcleos en cada polo del saco embrionario. *Tres* de los *núcleos* del polo próximo al micropilo se proveen de protoplasma, pero *no forman membrana celulósica*, y originan células que quedan unas junto otras, constituyendo las *oosferas*, de las cuales no suele ser fecundada más que una, que es la verdadera oosfera y se distingue de las otras dos por su mayor tamaño: éstas se llaman *sinérgidas*. *Tres* de los núcleos inferiores se proveen de protoplasma y membrana celulósica y originan las *células antípodas*. Por último, *un* núcleo superior y *otro* inferior se reúnen en el centro del saco embrionario y constituyen el llamado *núcleo secundario del saco embrionario*, que después de la fecundación se divide en varias células que sirven, como las antípodas y sinérgidas, para la nutrición del embrión (pág. 629).

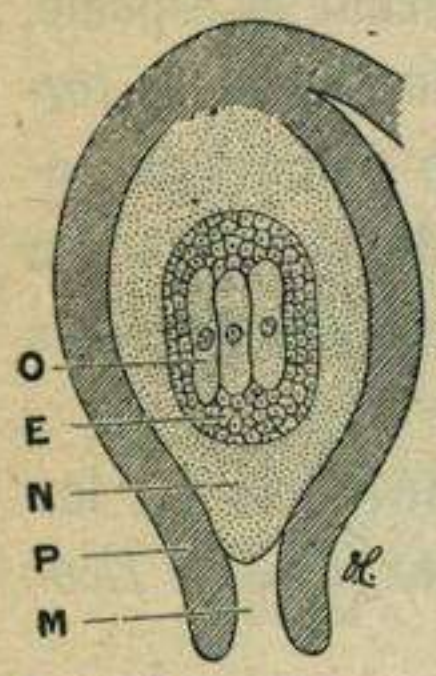


Fig. 1.268.— Estructura del óvulo de una Gimnosperma. — *m*, micropilo; *p*, primina; *n*, nuececilla; *e*, endospermo, saco embrionario o protalo femenino que contiene tres arquegonios, *o*, con sus oosferas.

El *óvulo de las Gimnospermas (fig. 1.268)* difiere del de las Angiospermas que acaba de describirse, pues no posee más que la *primina*, y el *saco embrionario*, aquí llamado *endospermo*, está formado por muchas células en las cuales se destacan algunas de gran tamaño.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Clases de óvulos.—Si el funiculo y el saco embrionario se encuentran en el mismo plano vertical, el óvulo se llama *recto, erguido* u *ortotropo (fig. 1.267);* si el saco embrionario se encuentra en un plano paralelo al del funículo, por efecto de haberse doblado el óvulo por el punto correspondiente a la chalaza, el óvulo se denomina *anatropo* o *invertido (figura 1.269);* finalmente, cuando el saco embrionario, o en general toda la cabeza del óvulo, se encuentra encorvado, el óvulo se denomina *campilotropo* o *encorvado (fig. 1.270).* En estos dos casos, el micropilo se encuentra vuelto hacia la placenta.

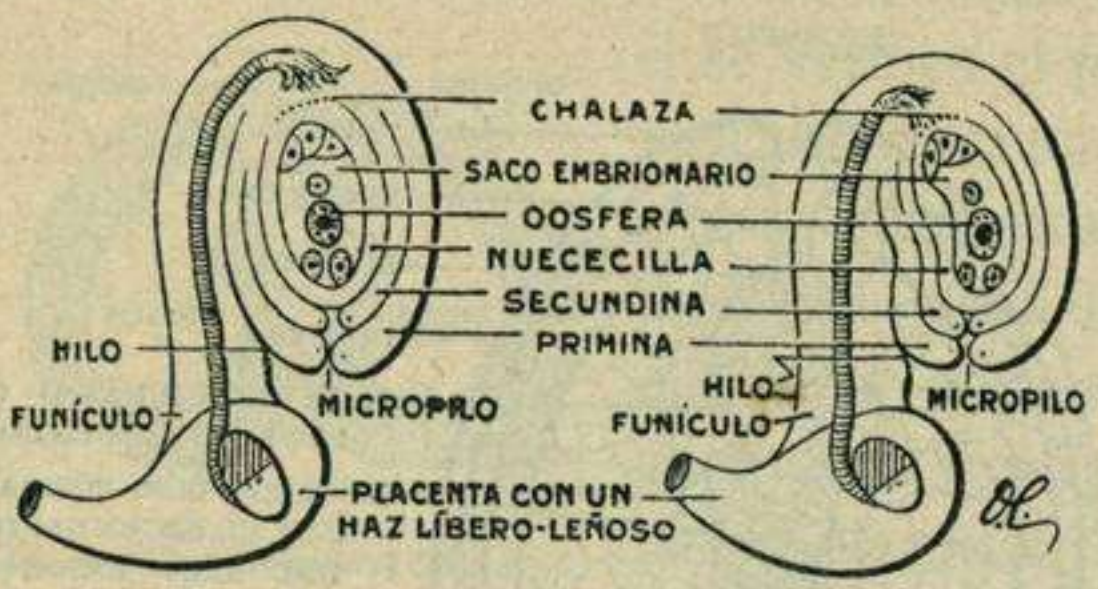


Fig. 1.269. — Óvulo anatropo.

Fig. 1.270. — Óvulo campilotropo.

FUNCIONES DE LOS ÓRGANOS DE REPRODUCCIÓN

Las funciones de reproducción tienen por objeto perpetuar la especie, y por esto la función a que tienden todos los verticilos florales es la *formación del huevo* o *zigoto*, huevo que a su vez es el punto de partida necesario para que se originen nuevas plantas. Para llegar a dicha formación es menester que se verifique una serie de actos que reciben los nombres de *polinización, fecundación* y *formación del huevo.*

Polinización.—Con este nombre se conoce el transporte de los granos de polen hasta ponerse en contacto con los estigmas. (Véase *Ecología vegetal*, págs. 551 y siguientes).

Germinación del grano de polen o microspora.—En cuanto los granos de polen caen en el estigma, el líquido que baña éste va penetrando por los poros de la exina y el grano de polen se hincha gradualmente hasta que por efecto de la presión interior se rompe la *exina* o se destapa uno de sus agujeros y por el orificio sale el denominado *tubo polínico (fig. 1.272)*, que no es más que la *intina* protegiendo al núcleo de la *célula vegetativa* que sale en el extremo

Instituto San Isidro de Madrid 2008

de dicho tubo: este núcleo se fragmenta poco después y desaparece. El núcleo de la *célula generatriz* se traslada también hacia el extremo del tubo polínico, se divide, y, proveyéndose de protoplasma y membrana, origina dos *gametos masculinos* o *anterozoides, cuyo núcleo contiene sólo la mitad de la cromatina de una célula ordinaria.* La longitud del tubo polínico varía de unas plantas a otras. Para estudiarle al microscopio puede hacerse formar experimentalmente colocando un grano de polen maduro en agua azucarada.

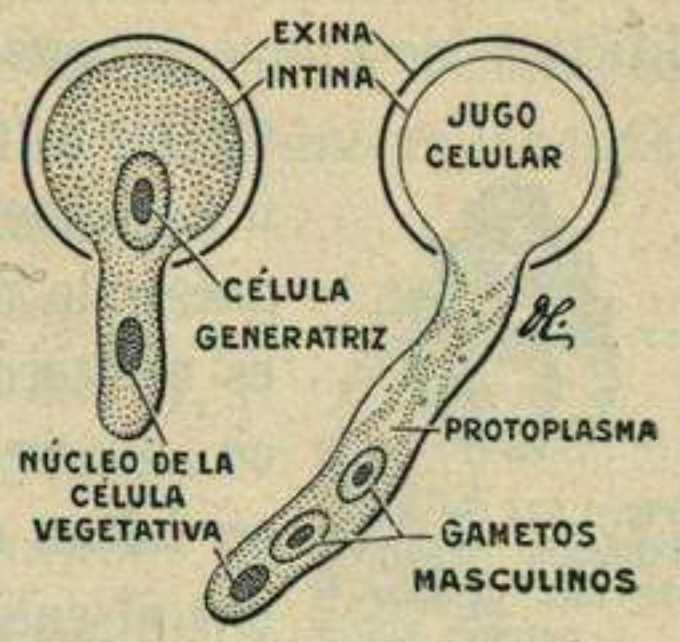


Fig. 1.271.—Formación del tubo polínico.

A medida que el tubo polínico va creciendo a expensas de las sustancias que le suministra la célula vegetativa, pasa por la parte mucilaginosa del estilo y continúa por la pared interna del ovario hasta llegar a un óvulo, por cuyo micropilo penetra: por la disposición de la *figura 1.272* se comprenderá que los óvulos anatropos y campilotropos serán fecundados más fácilmente que los ortotropos.

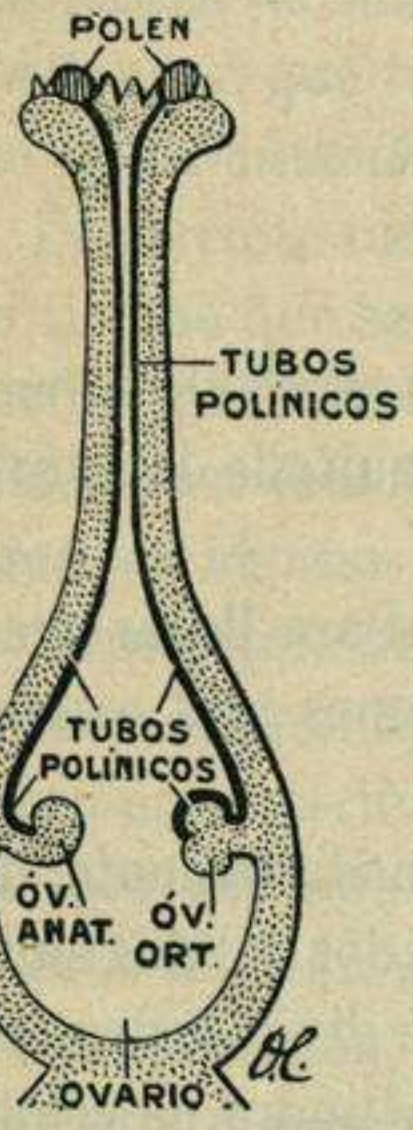


Fig. 1.272. — Esquema del camino que recorre el tubo polínico hasta el micropilo de un óvulo ortotropo y otro anatropo, que se suponen reunidos en el mismo ovario.

Fecundación.—Así que el tubo polínico llega al micropilo, gelifica las células de la nuececilla hasta ponerse en contacto con el saco embrionario, cuya membrana, así como la del tubo polínico, es también gelificada en dicho punto. Entonces, de los dos gametos sólo el *inferior se reúne con la oosfera*, cuyos protoplasmas y núcleos se fusionan *(fig. 1.273)*; después se forma una membrana para impedir la penetración de otros gametos y se origina así un *huevo*, el que a su vez dará origen al *embrión*. En esta

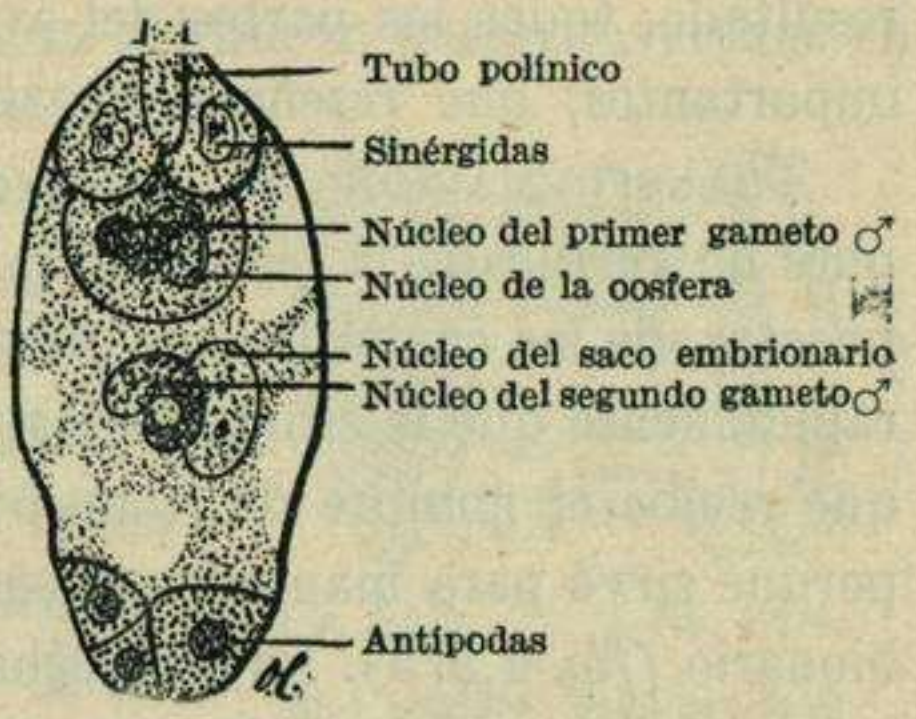


Fig. 1.273. — Esquema de la fecundación.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

fusión íntima de los gametos masculino y femenino es en lo que consiste la *fecundación*. El *gameto superior fusiona su núcleo con el núcleo secundario del saco embrionario*, originándose otra célula que no puede calificarse de huevo porque no se convertirá en embrión, sino que dará origen a un conjunto de células denominado *albumen*, que ulteriormente sirve para la nutrición del embrión por cargarse de reservas nutritivas. Se ve que el tubo polínico es un verdadero protalo transitorio, cuya misión es producir, nutrir y transportar los gametos masculinos, a los que no faltan más que las pestañas vibrátiles para poderles dar el calificativo de *anterozoides*.



Fig. 1.274. — Anterozoide ciliado de una Gimnosperma.

En las Gimnospermas se verifican análogos hechos que en las Angiospermas. Algunas de ellas, como los *Ginkos* (pág. 644), son notables porque sus gametos son ciliados como los anterozoides *(figura 1.274)*, y, como éstos, pueden moverse en el agua.

FORMACIÓN DEL FRUTO

Una vez efectuada la fecundación, se verifican en el óvulo y en el ovario un conjunto de modificaciones que dan por resultado la conversión del *óvulo en semilla* y del *ovario en fruto*.

Transformación del óvulo en semilla.—Para llegar a este resultado, todas las partes del óvulo sufren modificaciones más o menos importantes, que reseñaremos sucesivamente.

TRANSFORMACIÓN DEL HUEVO EN EMBRIÓN.—Inmediatamente después de verificada la fecundación, el *huevo se divide* en dos células superpuestas, de las cuales la más próxima al micropilo sigue dividiéndose más rápidamente que la situada lejos y origina un delgado cilindro de células, que recibe el nombre de *filamento suspensor*, o sencillamente *suspensor*, porque sirve para mantener el embrión adherido a la pared del saco embionario *(fig. 1.275)*. La otra célula de las dos en que se divide el huevo se multiplica multitud de veces y es la que origina el *embrión*, en el cual se dibujan poco a poco todos los órganos de nutrición de una planta adulta. En efecto *(fig. 1.275)*, éste aparece constituído por la *radícula*, *rejo* o representación de la *raíz*, que está situada a continuación del fila-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mento suspensor; el *tallito*, *plúmula* o representación del *tallo*, a continuación de la radícula; este tallito termina por la *yema*, y a los lados lleva la representación de las hojas, que reciben el nombre particular de *cotiledones*, de los cuales existe *uno* en las plantas, por eso llamadas *Monocotiledóneas* (trigo, etc.) *(fig. 1.276)*, y *dos* en las *Dicotiledóneas* (garbanzos, alubias, etc.) *(figuras 1.121, 1.277* y *1.278)*. Una vez terminado el desarrollo del embrión, éste constituye una planta en miniatura o *plántula*, la cual pasa por un estado de *vida latente* en el que todas sus funciones se atenúan y que no abandona hasta que la *germinación* comienza.

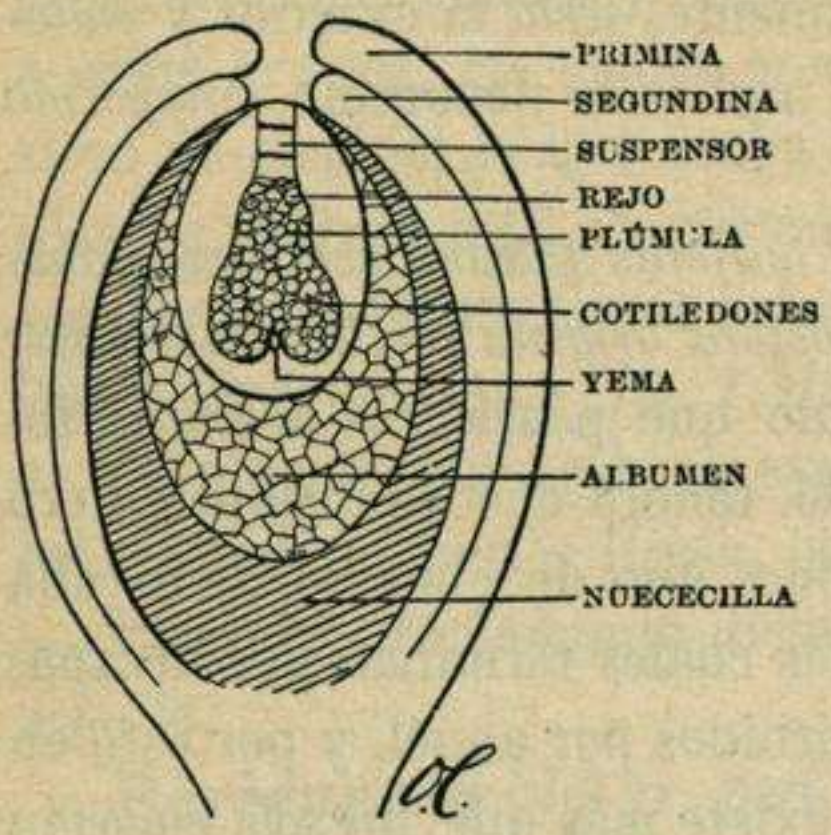


Fig. 1.275.—Esquema de la transformación del óvulo en semilla.

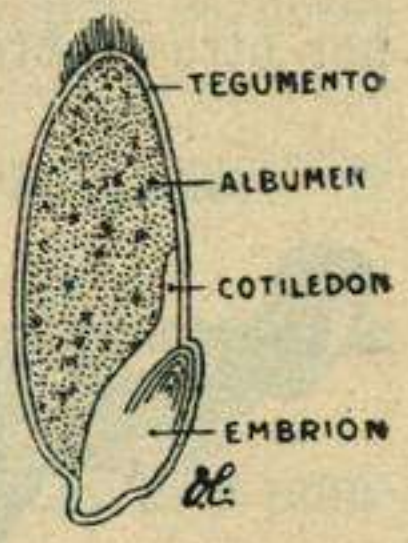


Fig. 1.276.—Corte de un grano de rigo.

DIGESTIÓN DE LAS SINÉRGIDAS, ANTÍPODAS Y NUECECILIA.—Al mismo tiempo que se forma el embrión van desapareciendo las sinérgidas, antípodas y células de la nuececilla, que son digeridas por el embrión y asimiladas por él a medida que las va necesitando para su desarrollo. Sin embargo, en algunos casos no son digeridas todas las células de la nuececilla.

EVOLUCIÓN DEL NÚCLEO SECUNDARIO DEL SACO EMBRIONARIO EN ALBUMEN.—Simultáneamente con la división del huevo para convertirse en embrión, se verifica la del núcleo secundario del saco embrionario: las células resultantes de esta división se cargan de sustancias nutritivas (almidón, grasas, etc.), y forman un conjunto denominado *albumen* contenido en el saco embrionario. El albumen, que rodea el embrión, está destinado a servir de alimento, el cual le utiliza, *ya antes de pasar al estado de vida latente*, es decir, antes de madurar la semilla, ya en el *momento de la germinación;* en el primer caso la semilla *madura* carece de albumen y en el segundo le posee *(figs. 1.275* a *1.278)*.

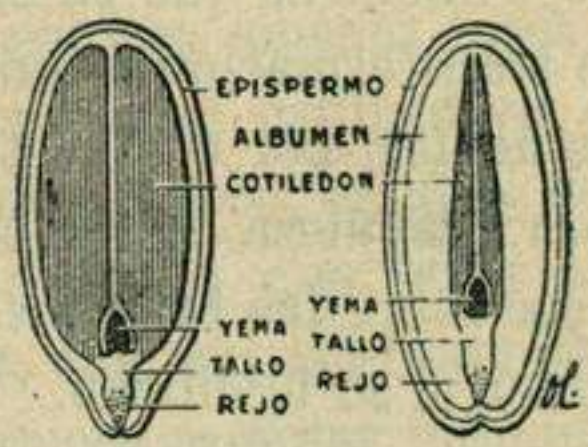


Fig. 1.277. Fig. 1.278.

Dos semillas maduras: la de la 1.277 carece de albumen: la de la 1.278 la posee.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

TRANSFORMACIÓN DE LAS CUBIERTAS DEL ÓVULO EN LAS DE LA SEMILLA. —Por último, la primina y la secundina se convierten en las dos membranas de la semilla llamadas, respectivamente, *testa* la exterior y *endopleura* o *tegmen* la interior; el conjunto de ambas se denomina *epispermo (figuras 1.277* y *1.278)*.

En las plantas *Gimnospermas todas las oosferas pueden ser fecundadas* por otros tantos tubos polínicos y *cada oosfera origina cuatro embriones;* de modo que el óvulo que posea tres oosferas fecundadas, por ejemplo, tendrá doce embriones. Pero de todos estos embriones uno de ellos se desarrolla más que los demás, los cuales terminan por desaparecer digeridos y absorbidos por aquél, y por esto en la *semilla madura* no existe más que *un solo embrión* como en las Angiospermas, el cual no se diferencia del de éstas más que por poseer numerosos cotiledones *(fig. 1.279)*.



Fig. 1.279.—Plantita de pino piñonero con sus numerosos cotiledones saliendo de la semilla.

Transformación del ovario en fruto.—Paralelamente a estos cambios experimentados por el óvulo para convertirse en semilla, se verifican los de la pared del ovario para convertirse en la pared del fruto, a la que se denomina *pericarpio* (gr. *peri*, alrededor). El cambio principal consiste en un aumento de tamaño, debido al rápido crecmiento de las células: una vez terminado el crecimiento comienza la *maduración* del pericarpio, que en unos frutos consiste en que sus células se desecan y llenan de aire *(frutos secos)*, mientras que en otros crecen y en su interior se verifican una serie de transformaciones químicas que dan por resultado el que desaparezcan los ácidos, por combustión lenta, y el almidón, por transformarse en glucosa y levulosa *(frutos carnosos)*. En las *Gimnospermas* la transformación recae sobre las brácteas que suelen proteger las semillas, cuyas brácteas crecen y se lignifican.

FRUTO

Después de expuesto lo que antecede, puede definirse sintéticamente el fruto diciendo que es el *ovario fecundado y maduro*. Sin embargo, esta

Instituto San Isidro de Madrid 2008

definición no puede considerarse como absolutamente exacta porque en muchas plantas se da también el nombre de fruto, no exclusivamente a los ovarios fecundados y maduros, sino también a las brácteas que rodean a estos ovarios, las cuales crecen después de verificada la fecundación: sirva de ejemplo lo que acaba de decirse de las Gimnospermas. En otras plantas el fruto está constituído por la reunión de los frutitos procedentes de varias flores, cuyas brácteas, cáliz, etc., se hacen también carnosos (mora de árbol, etc.) *(fig. 1.312)*. Por último, en otras se denomina fruto al receptáculo que se hace carnoso y en el cual están como incrustados los verdaderos frutos (fresa, etc.) *(fig. 1.300)*.

El fruto propiamente dicho consta de dos partes: el *pericarpio* y la *semilla*.

Pericarpio (del gr. *peri*, alrededor; *karpós*, fruto).—Con este nombre se conoce la parte exterior del fruto que envuelve y protege las semillas. Está constituído, según se dijo, por las paredes del ovario transformadas. En el caso de mayor complicación se distinguen en el pericarpio tres capas, que procediendo de fuera a dentro son: el *epicarpio*, el *mesocarpio* y el *endocarpio*. En el melocotón de la *fig. 1.280*, el epicarpio *(epc)*, es la piel; el mesocarpio *(me)*, la parte comestible, que por ser carnosa recibe también el nombre de *sarcocarpio* (gr. *sarkós*, carne), y el endocarpio *(end)*, la porción leñosa denominada hueso. En el ejemplo citado y otros análogos, el fruto se llama *carnoso*, pero en muchos casos el pericarpio no es carnoso, y entonces los frutos reciben el calificativo de *secos*. Ocurre a veces que el *pericarpio*, además de ser seco, es muy delgado y se suelda íntimamente a la semilla, pareciendo que éstas son desnudas: esto es lo que ocurre con el trigo, maíz, etc., cuyos granos son, por tanto, verdaderos frutos *(fig. 1.276)*. Las únicas semillas desnudas son las de las Gimnospermas (pino, etc.).

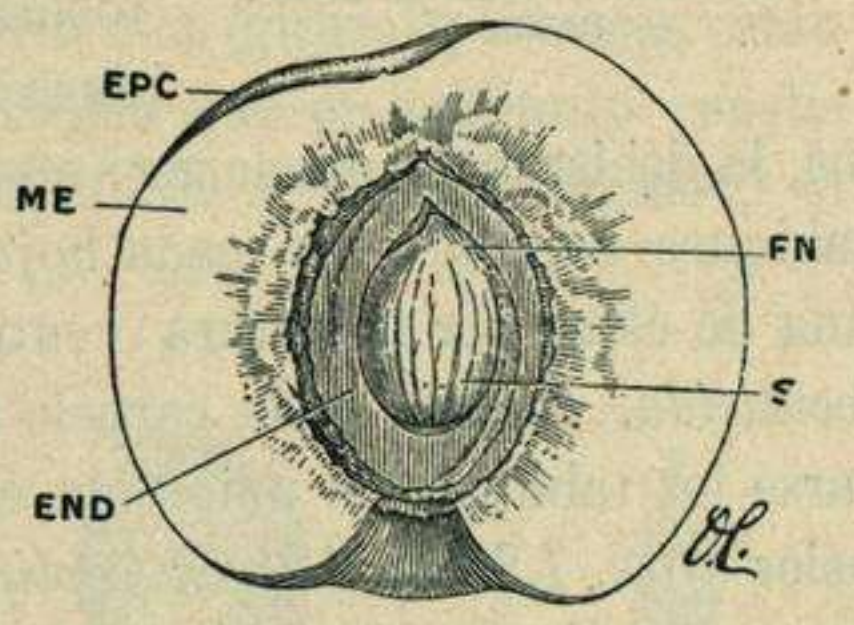


Fig. 1.280.

Dehiscencia de los frutos.—Con este nombre se conoce la manera de abrirse el pericarpio de los frutos maduros, para dejar salir las semillas. Existen muchos frutos, sin embargo, en que dicha apertura no se verifica, y entonces se califican de *indehiscentes*, como ocurre con casi todos los carnosos.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

El modo de abrirse los frutos *dehiscentes es siempre igual en la misma especie*, pero varía de unas especies a otras, si bien puede referirse a los principales tipos siguientes: si el fruto *procede de un solo carpelo* puede abrirse por la línea de unión de los dos bordes de la hoja carpelar *(dehiscencia ventral) (fig. 1.293)*; por el nervio medio *(dehiscencia dorsal)* o por ambos *(figura 1.123)*, pudiendo también hacerlo por un plano perpendicular al eje del fruto *(dehiscencia transversa)*. Si el fruto es *compuesto*, es decir, está formado por la soldadura de varios carpelos, la dehiscencia puede ser: *septicida*, cuando se verifica separándose los tabiques de unión de cada hoja carpelar de las próximas a ella y cada una de éstas por la sutura ventral *(figs. 1.281, 1.284, 1.301* y *1.302)*: *loculicida*, cuando cada carpelo se abre por el nervio medio y sin separarse los tabiques de unión de cada dos carpelos *(figs. 1.282* y *1.285)*: *septifraga*, si tiene lugar por planos paralelos al eje del fruto que dejan libre el pericarpio *(figs. 1.283* y *1.286)*; *transversa*, cuando se verifica por un plano perpendicular al eje del fruto *(fig. 1.287)*, y *poricida*, cuando se hace por agujeros o poros *(fig. 1.288)*.

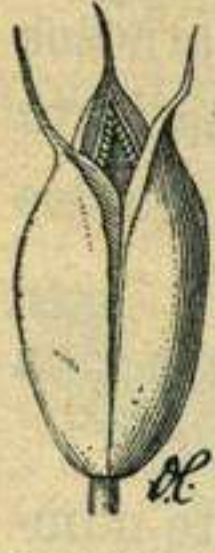


Fig. 1.281.

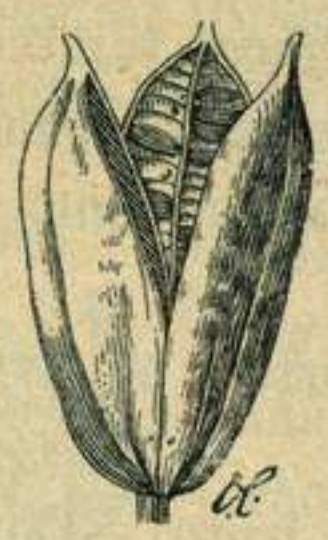
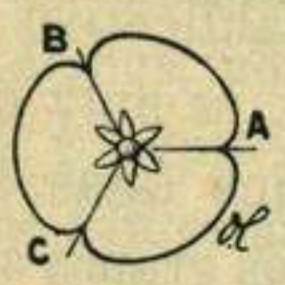


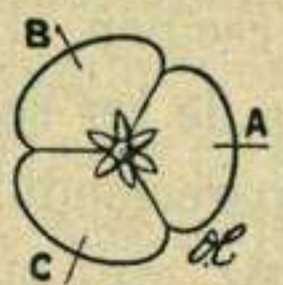
Fig. 1.282.

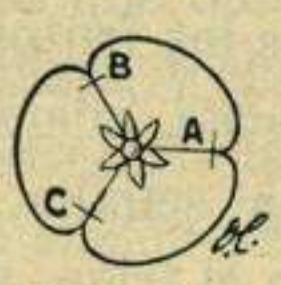
Cajas como ejemplo de frutos con dehiscencia septicida (figura 1.281) y loculicida (figura 1.282).



Fig. 1.283.—Caja con dehiscencia septifraga.







Figs. 1.284. Fig. 1.285. Fig. 1.286.
Dehiscencia septicida (fig. 1.284); ídem loculicida (fig. 1.285); ídem septifraga (fig. 1.286); *a*, *b*, *c*, planos de dehiscencia.



Fig. 1.287.



Fig. 1.288.

Pixidio con dehiscencia transversa (fig. 1.287); y caja con dehiscencia poricida (figura 1.288).

Clasificación de los frutos.—Atendiendo a la constitución

Instituto San Isidro de Madrid 2008

del gineceo y también al número de flores de que proceden los frutos, el Dr. Lázaro reúne éstos en los cuatro grupos siguientes: 1.° *Frutos simples* o *monocárpicos*, los cuales proceden de *una sola flor con un solo carpelo:* algunas veces provienen de una flor con más de un carpelo, pero en los cuales no se desarrolla más que un óvulo. 2.° *Frutos múltiples* o *policárpicos*, proceden de *una sola flor*, pero con *dos o más carpelos cerrados* y *libres*. 3.° *Frutos compuestos, soldados o sincárpicos;* también *proceden de una sola flor* con dos o más carpelos abiertos o cerrados, *pero siempre soldados entre sí en un ovario único*. 4.° *Frutos agregados* o *sinantocárpicos;* también se llaman *infrutescencias*, puesto que proceden de la reunión de *todas las flores de una inflorescencia* con sus brácteas y cáliz y el receptáculo o el eje sobre quien están dispuestas.

FRUTOS SIMPLES O MONOCÁRPICOS.—1.° *Secos indehiscentes.—Cariópside*, formado por una sola semilla, cuyas cubiertas están soldadas al pericarpio (trigo, maíz, etc.) *(fig. 1.276)*. *Aquenio*, también con una sola semilla, pero con el pericarpio no soldado a ella (girasol); a veces están provistos de pelos largos que en conjunto constituyen el *vilano (figs. 1.289* y *1.290)*. *Sámara*, el aquenio cuyo pericarpio se prolonga en una expansión membranosa que rodea todo el fruto o parte de él (olmo) *(fig. 1.291)*. *Glande* o *bellota*, el aquenio de gran tamaño cuya base está cubierta por una cúpula escamosa (roble) *(fig. 1.292)*.

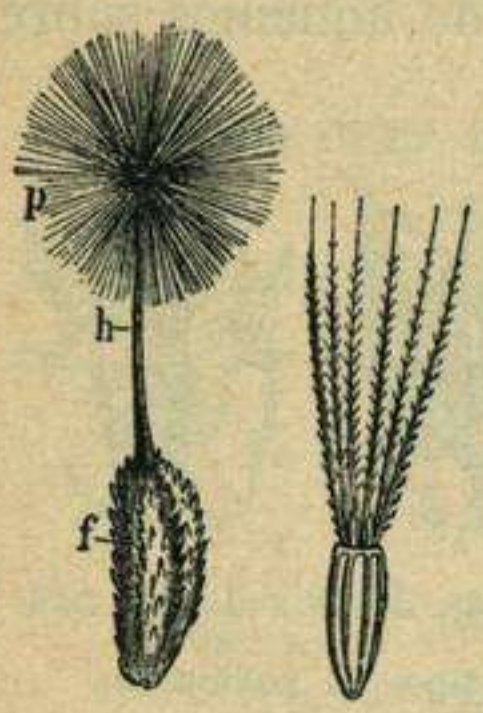


Fig. 1.289. Fig. 1.290 Aquenios.

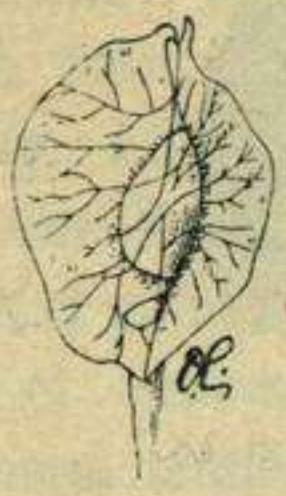


Fig. 1.291. — Sámara.



Fig. 1 292. Glande.

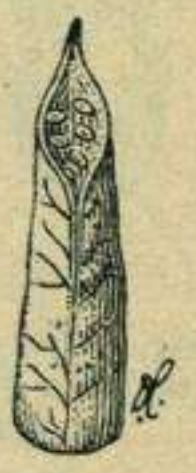


Fig 1.293.—Folículo.

2.° *Secos dehiscentes.—Folículo*, fruto con una sola cavidad, que generalmente contiene varias semillas, y con dehiscencia ventral *(fig. 1.293); legumbre*, difiere del anterior porque tiene dehiscencia ventral y dorsal (garbanzo, guisante) *(fig. 1.123);* a veces es indehiscente (cacahuete).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

3.° *Carnosos.—Drupa*, fruto de una sola cavidad, generalmente con una semilla y endocarpio leñoso (melocotón) *(fig. 1.280)*.

FRUTOS MÚLTIPLES O POLICÁRPICOS.—Se reducen a reuniones de los anteriores. Los principales son: *diaquenio (figs. 1.294* y *1.096); tetraque-*

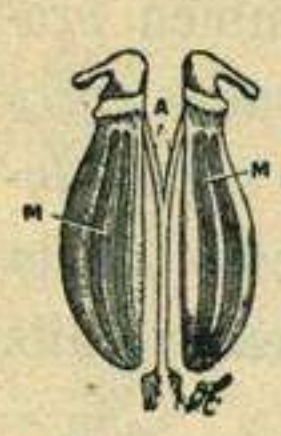


Fig. 1.294.—Diaquenio.



Figs. 1.295 y 1.296 Dos tetraquenios.



Fig. 1.297—Poliaquenio.

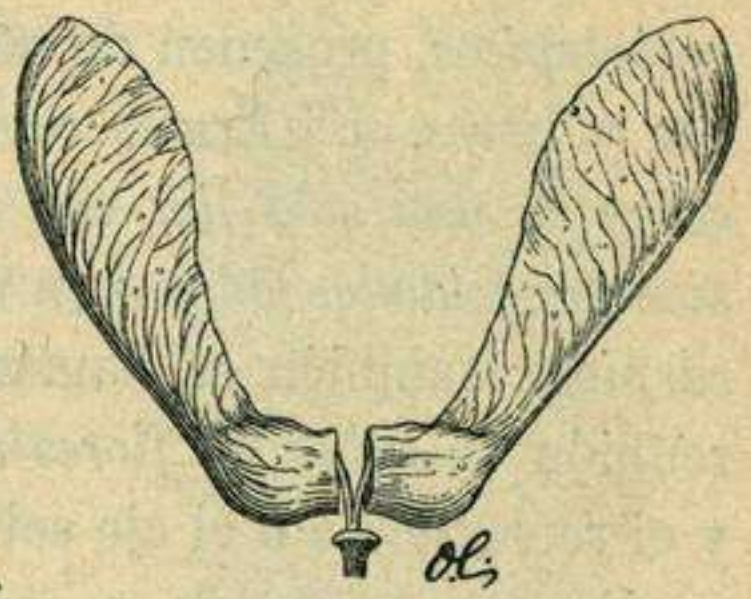


Fig. 1.298.— Disámara.

nio (figs. 1.295 y *1.296)*, y *poliaquenio*, cuando está formada por aquenios *(figs. 1.297* y *1.098); samaridio* o *polisámara*, que es la reunión de sámaras (arce) *(fig. 1.298): cinarrodon* o reunión de aquenios encerrados en un receptáculo (rosa) *(fig. 1.299); eterio*, reunión de aquenios sobre

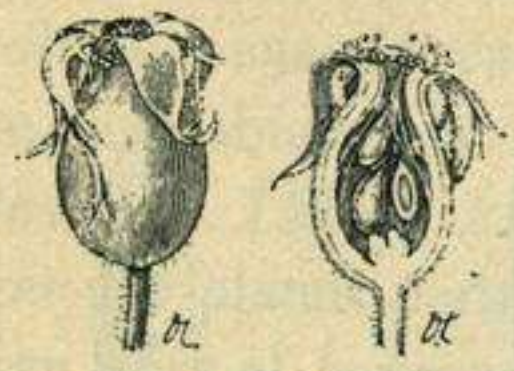


Fig. 1.299.— Cinarrodon completo y cortado longitudinalmente.

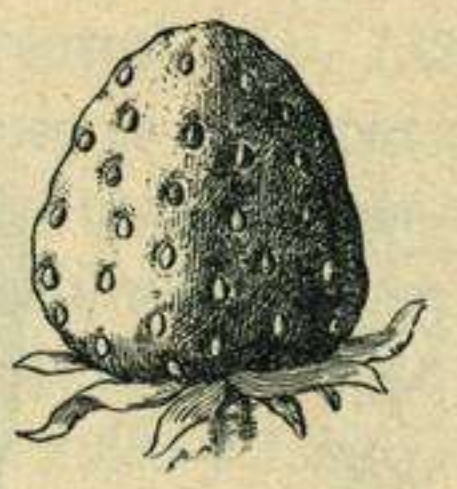
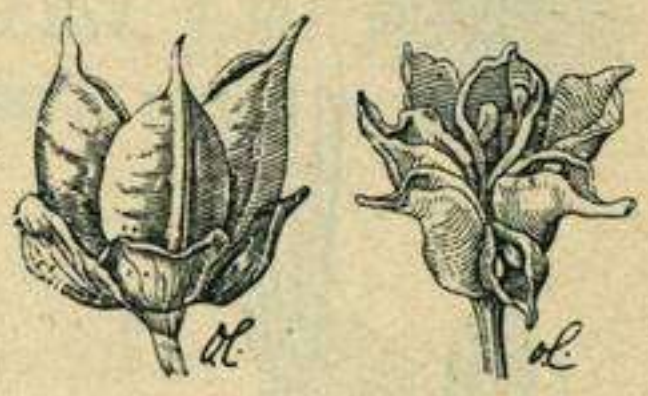


Fig. 1.300.— Eterio.



Figs. 1.301 y 1.302.

Dos tipos de polifolículo.

un receptáculo seco o carnoso (fresa) *(fig. 1.300); polidrupa*, reunión de drupas sobre un receptáculo seco (zarzamora, frambuesa); *polifolículo* o agregado de folículos *(figs. 1.301* y *1.302)*.

FRUTOS COMPUESTOS, SOLDADOS O SINCÁRPICOS.—1.° *Secos indehiscentes.—Balausta*, fruto del granado cuyas semillas son comestibles por tener la *testa* carnosa *(fig. 1.303)*.

2.° *Secos dehiscentes.—Silicua* es el fruto formado por dos carpelos abiertos y soldados cuya cavidad está dividida en dos por un falso tabique membranoso, formado por las placentas, en cuyo borde lleva las semillas; es más de dos veces más largo que ancho y se abre en dos valvas

Instituto San Isidro de Madrid 2008

parecidas a las de la legumbre (alhelí) *(fig. 1.304); silícula*, análogo al anterior, del que se diferencia porque es, cuando más, dos veces más largo que ancho (bolsa de pastor) *(figura 1.305); caja*, con este nombre y con el de *cápsula* se conoce todo fruto compuesto provisto de una o más cavidades y cuya dehiscencia no sea transversa *(figuras 1.281, 1.282, 1.283* y *1.288)* (amapola, etc.); si



Fig. 1.303.—Balausta. (Fot .O. Cendrero).

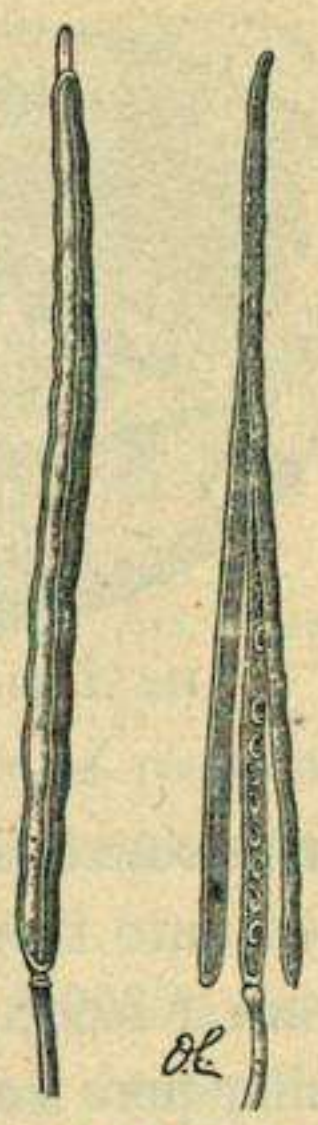


Fig. 1.304. — Sillcua. (De Gerardín)

la caja es muy alargada, recibe el nombre particular de *caja silicuiforme* (celidonia); *pixidio* es análogo a la caja, pero con dehiscencia transversal (murajes *(fig. 1.287)*, beleño).



Fig. 1.305. — Silícula.

3.° *Carnosos.* — *Pomo*, fruto con el mesocarpio carnoso y el endocarpio coriáceo (pera, manzana) *(figura 1.306)*, o algo leñoso (majuela); *baya*, fruto pulposo interiormente en la madurez y cuyas cavidades no pueden reconocerse más que cuando es joven, debido a que en la madurez se liquidan los tabiques de separación *(figura 1.307)* (tomate, uva); *pepónide*, fruto carnoso con placentas axilares, pero que como llevan las semillas en el extremo de unos filamentos placentarios muy largos, parece que son parietales (pepino, melón): *hesperidio*, fruto con el epicarpio glanduloso, mesocarpio blanco y poco ju-

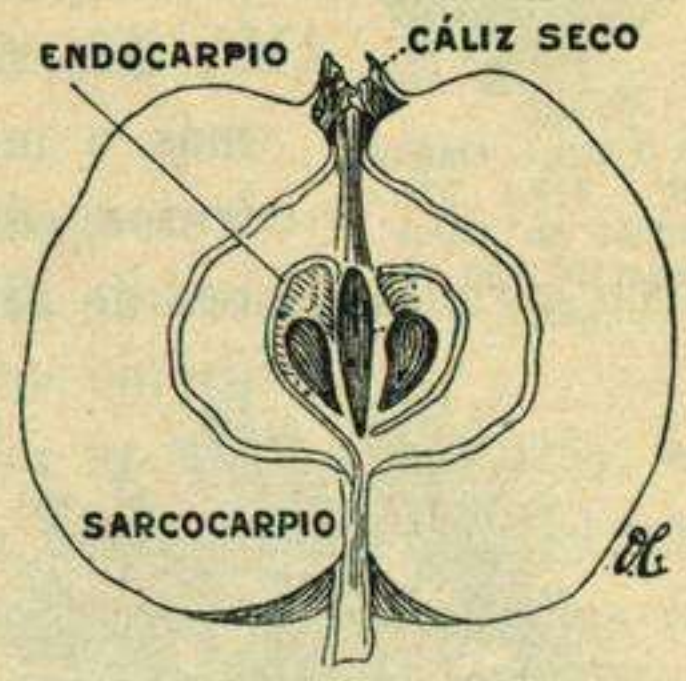


Fig. 1.306.—Pomo.



Fig. 1.307.— Baya.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

goso y endocarpio membranoso, con los carpelos fácilmente separables y provistos interiormente de pelos fusiformes y llenos de un líquido (naranja *(fig. 1.308)*, limón).

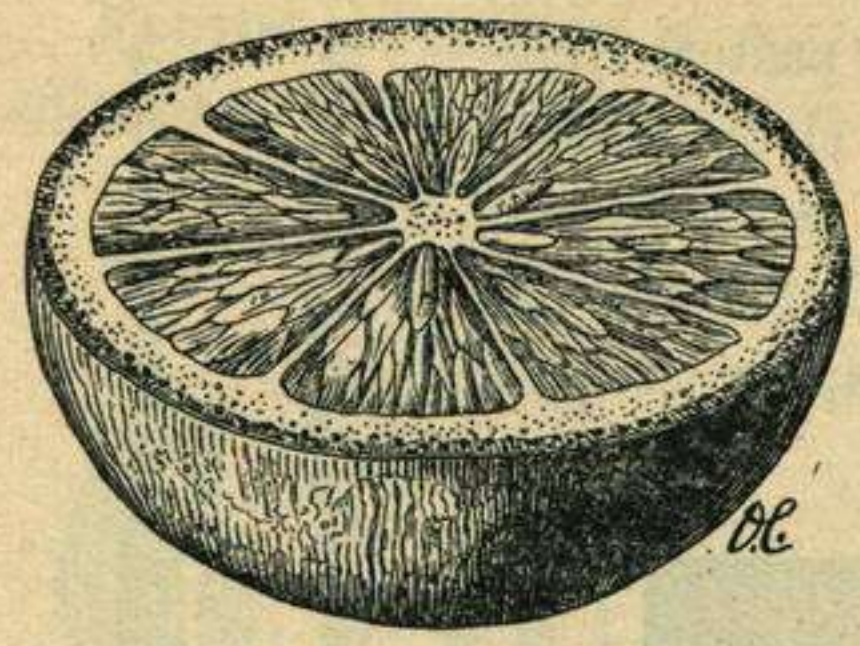


Fig. 1.308.— Hesperidio.

FRUTOS AGREGADOS, SINANTOCÁRPICOS O INFRUTESCENCIAS.—1.° *Secos.—Cono* o *estróbilo*, fruto con las semillas desnudas y protegidas por las brácteas interflorales convertidas en grandes *escamas* leñosas; todo el conjunto tiene forma más o menos cónica (pino) *(figura 1.309)*; *gálbula*, análogo en su origen al estróbilo, pero con forma esferoidea y con las brácteas *piramidales* y en corto número (ciprés) *(fig. 1.310)*; *cúpula*, consiste en la reunión de aquenios envueltos completamente por las brácteas interflorales (erizo del castaño) *(fig. 1.311)*.



Fig. 1.309. — Cono.



Fig. 1.310.— Gálbula.

2.° *Carnosos.—Sorosis*, está constituído por un eje más o menos carnoso y por los frutos, cálices y brácteas que se hacen carnosos (mora de árbol, *fig. 1.312;* piña de América, *fig. 1.313)*; *sincarpio* agrupación de frutitos secos sobre un receptáculo carnoso (árbol del pan) *(fig. 1.314)*; *sicono*, reunión de aque-

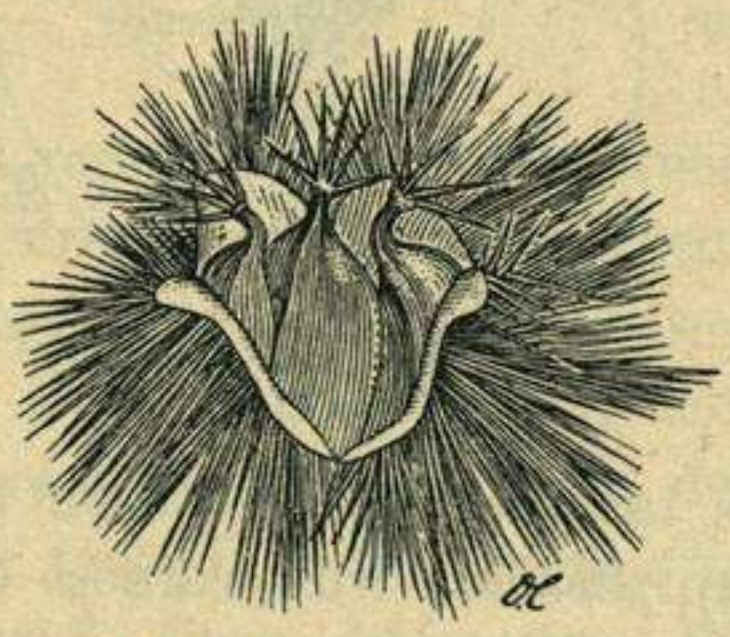


Fig. 1.311.— Cúpula.



Fig. 1.312. — Sorosis.

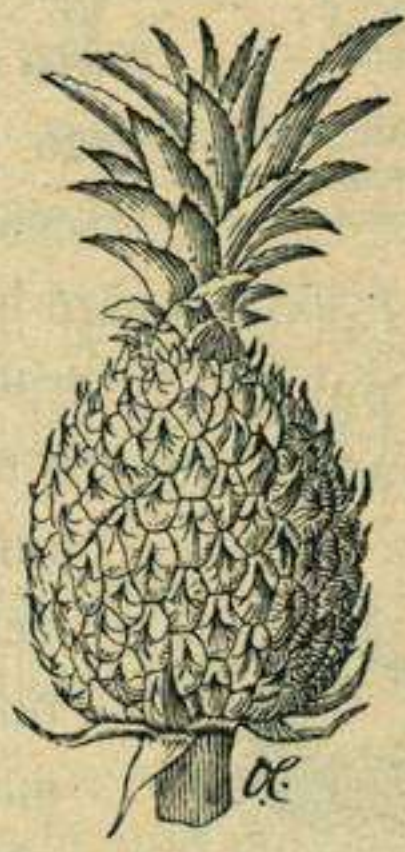


Fig. 1.313.— Sorosis.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

nios sobre un receptáculo cóncavo y carnoso, abierto o cerrado, comunicando con el exterior en este último caso por medio de un agujero opuesto al pedúnculo (higuera) *(figura 1.315)*.



Fig. 1.314. — Sin carpio.

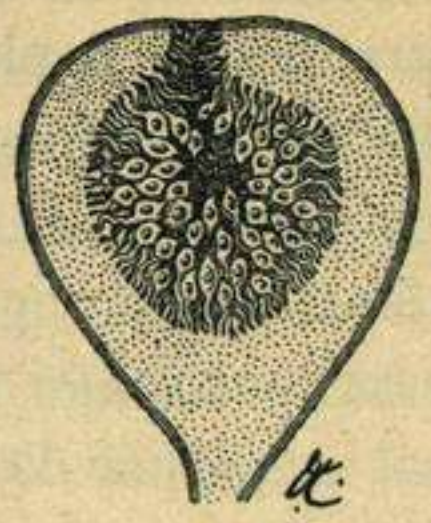


Fig. 1.315. — Sicono.

Semilla.—Corresponde, según se dijo, al óvulo fecundado y maduro, siendo la parte del vegetal que sirve para reproducir o perpetuar la especie. En toda semilla hay que distinguir una parte exterior constituída por los *tegumentos* o cubiertas que la envuelven, que reciben el nombre de *episperm*o, y una porción interior denominada *almendra* o *nuececilla*.

Episperm.—Ya se dijo que proviene de la transformación de las envolturas del óvulo. Está formado por dos capas: la exterior denominada *testa* y la interior llamada *tegmen* o *endopleura*. La endopleura es, generalmente, tenue, mientras que la testa experimenta numerosas variaciones. En la testa se distinguen con frecuencia: una pequeña cicatriz que es el *hilo* o punto por donde estuvo inserta *(fig. 1.316, 4)* y un punto blanquecino o un pequeño orificio que corresponde al *micropilo (M)* (judías, guisantes).

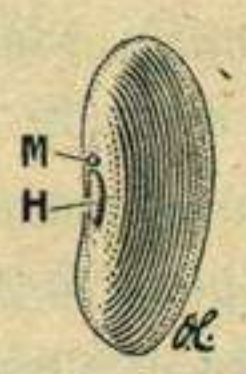


Fig. 1.316.— Semilla de alubia; H, hilo; M, micropilo.

Almendra.—La parte más esencial de ésta es el *embrión*, habiendo semillas cuya almendra está reducida exclusivamente a dicho embrión, de cuya estructura ya se trató (pág. 628); en este caso el cotiledón o los cotiledones del embrión son los encargados de almacenar las reservas nutritivas que el embrión necesitará para su desarrollo *(fig. 1.277)*. Pero es frecuente que en la almendra haya que distinguir, además del embrión, el *albumen*, del que ya se habló (página 629, *figs. 1.276* y *1.278)*, y en oca siones también el *perispermo*, que no consiste sino en capas de células de la *nuececilla* que el embrión no digirió *(figs. 1.275* y *1.317)*.

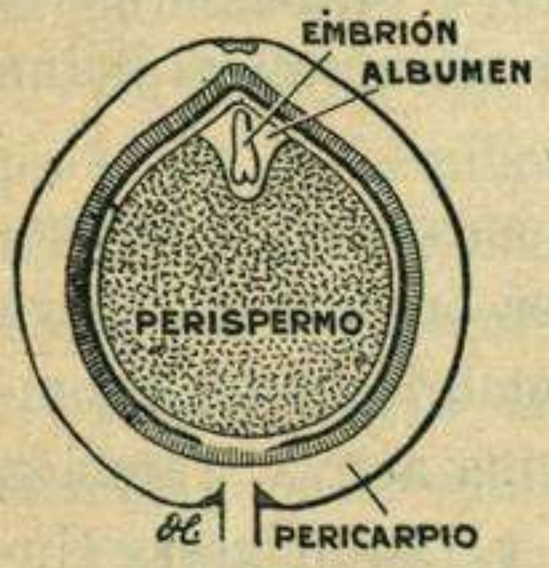


Fig. 1.317.— Fruto de la pimienta.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Diseminación de los frutos y semillas.—Tanto los frutos como las semillas necesitan ser transportados a distancias más o menos grandes de la planta madre. Esta función se realiza del modo estudiado en Ecología (pág. 555).

GERMINACIÓN

Con este nombre se designa el paso del embrión del estado de *vida latente* en que se encuentra en la semilla (pág. 529), al estado de *vida activa*, o, dicho de otra manera, el desarrollo del embrión o plántula hasta convertirse en una nueva planta capaz de alimentarse por sí misma. Para que dicho desarrollo pueda llevarse a feliz término, son necesarias determinadas condiciones, tanto *por parte de la semilla* o *condiciones intrínsecas*, como *por parte del medio* en que se desarrolla o *condiciones extrínsecas.*

Condiciones intrínsecas.—Las principales son tres: que la *semilla esté normalmente constituída*, que su *madurez sea completa* y que el *embrión se encuentre vivo.*

La *semilla puede estar mal constituída*, bien porque el *embrión no se haya desarrollado* normalmente por una causa cualquiera, bien, y es lo más frecuente, porque *no posea las reservas nutritivas* en la cantidad necesaria. Se reconocen estas semillas mal constituídas porque *flotan en el agua*, mientras que las bien conformadas caen al fondo; sin embargo, conviene hacer constar que constituyen una excepción la mayor parte de las semillas oleaginosas (ricino, etc.), pues aun siendo normales flotan en el agua.

Cuando la semilla está madura, su *embrión* se encuentra *completamente desarrollado* y apto, por lo tanto, para poder originar la nueva planta; inversamente, cuando no está madura, el embrión está incompletamente desarrollado y es incapaz de pasar a la vida activa. También hay excepciones: muchas Graminácеas (trigo, etc.) y Leguminosas (judía, etc.) son capaces de germinar antes de que los frutos y semillas hayan madurado completamente. Depende esta aparente anomalía de que el *embrión se halla ya completamente desarrollado* algún tiempo antes de madurar la semilla.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Por último, el *embrión debe hallarse aún vivo*, es decir, debe conservar su facultad germinativa para poder pasar del estado de vida latente al de vida activa. Varía mucho de unas plantas a otras el tiempo que el embrión puede conservarse vivo, lo cual también depende en gran parte de las condiciones del medio en que están colocadas. Las *semillas oleaginosas* (por ejemplo, nuez, ricino, sésamo, etc.), pierden pronto su facultad germinativa, porque por el enranciamiento de sus materias grasas se desarrollan sustancias que matan al embrión. Por el contrario, las *semillas feculentas* (trigo, judías, etc.) conservan durante muchos años la facultad germinativa, siempre que se encuentren *en un lugar seco* y al *abrigo del aire;* este es el fundamento de los *silos* o lugares subterráneos y secos, destinados a guardar semillas. Inversamente, la *humedad* destruye rápidamente el embrión.

Condiciones extrínsecas.—También son tres, principalmente: el *aire*, el *agua* y la *temperatura.*

El *aire* es necesario para que el embrión pueda *respirar* en todas las épocas de su vida; pero haciéndole falta muy poco oxígeno cuando se halla en estado de vida latente, exige, en cambio, cantidades considerables cuando comienza a germinar; por esto las semillas germinan mejor en las tierras huecas o recién removidas.

El *agua* es también indispensable por dos razones: la primera, por servir para reblandecer, hinchar y romper los tegumentos de la semilla con objeto de dar paso a los órganos del embrión, que también crecen y contribuyen a dicha rotura, y la segunda, porque sin el agua no podrían verificarse las *reacciones químicas* que tienen lugar en la semilla durante la germinación, y que, como luego se verá, son a base de *hidrataciones.*

En general, una *temperatura* de unos 20° a 30° es la más conveniente para que las semillas germinen. Las bajas temperaturas y las temperaturas elevadas detienen el desarrollo del embrión, si había comenzado, y hasta pueden llegar a destruirle.

Desarrollo del embrión.—Al verificarse éste acaecen en la semilla y en el embrión *cambios de forma* y *cambios químicos.*

CAMBIOS DE FORMA.—Desde este punto de vista es menester considerar dos *tipos de germinación:* el de las *semillas epigeas*, es decir, aquellas que salen de la tierra en el curso de la germinación (gr. *epi*, sobre; *ge*, tierra) y el de las *semillas hipogeas*, es decir, las que quedan enterradas (gr. *hypó*, debajo).

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Semillas epigeas.—La alubia, el ricino, el pino, y otras muchas plantas corresponden a este tipo. Veamos lo que ocurre en una judía, por ejemplo, colocada en tierra o musgo húmedo. El agua va penetrando lentamente por el micropilo, preferentemente, y por efecto de esta absorción, la *almendra* se hincha y determina la rotura de los tegumentos: esta rotura se produce en la región del micropilo, por ser la que menor resistencia opone, y por ella sale un pequeño eje cónico que, sea cual fuere la posición de la semilla, se dirige siempre hacia abajo: este eje corresponde a la *raicilla del embrión*, que más tarde será la *raíz primaria* o *principal* de la planta. Al mismo tiempo, *el tallo del embrión* crece hacia arriba, sale fuera de la tierra y *arrastra en su crecimiento al resto de la semilla*, es decir, los tegumentos, los cotiledones y el albumen y perispermo, si la semilla estuviese provista de ellos: este tallo del embrión formará la base del *tallo primario* de la planta adulta. Cuando dicho tallo ha alcanzado una longitud de varios centímetros fuera de la tierra, los *tegumentos de la semilla se desprenden y los cotiledones se separan;* en este momento cesa el crecimiento del tallito y *comienza a originarse el tallo adulto, debido a la división de las células del meristemo de la yemita*, que hasta ahora había permanecido inactivo. El tallo correspondiente al tallito del embrión queda por *debajo de los cotiledones* y por esto recibe el nombre de *tallo hipocotíleo* o *hipocotiledóneo*, mientras que el formado por la yema queda por encima de los cotiledones y recibe el nombre de tallo *epicotiledóneo* o *epicotíleo (fig. 1.318).*

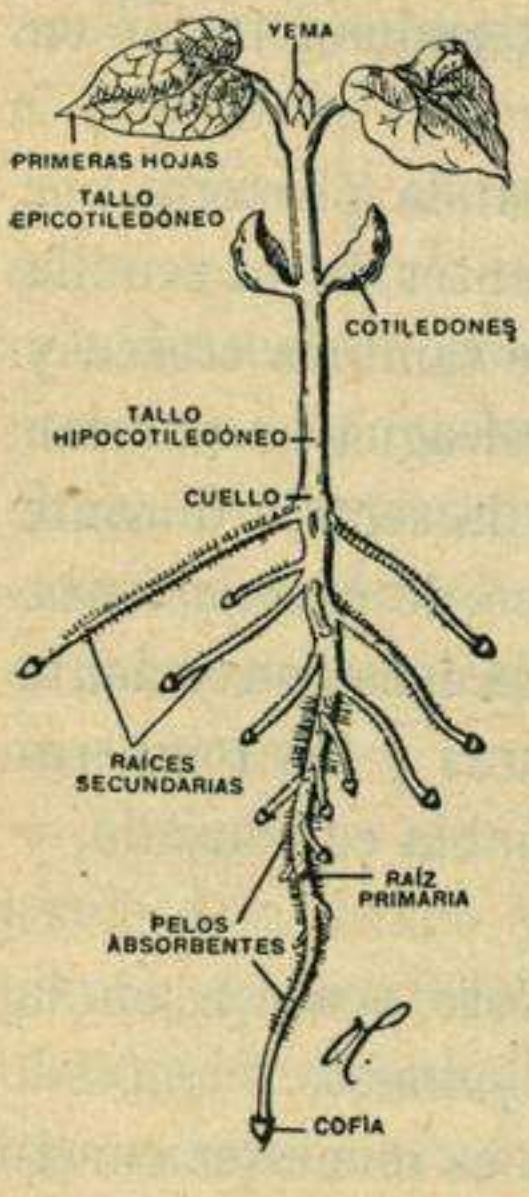


Fig. 1.318.—Esquema de una planta joven de alubia.

Hasta el momento en que el meristemo de la yema comienza a dividirse, la planta vive de las sustancias que le proporcionan los cotiledones (y el albumen y perispermo, si los tuviese la semilla); pero llegado este momento, los cotiledones, que se encuentran casi vacíos, comienzan a marchitarse y terminan por caer. En muchas plantas, por el contrario, quedan verdes y persistentes como otras tantas hojas (pino, etc.).

Semillas hipogeas.—El guisante, garbanzo, haba, lenteja, encina, castaño, etc., así como muchas Monocotiledóneas, pertenecen a este tipo.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Su desarrollo es análogo al de las precedentes; *pero como su tallito no crece* o *crece muy poco* y los cotiledones van insertos en él, las semillas no salen de la tierra y el tallo principal de la planta está constituído sólo por el formado a expensas de la yema y es todo él *epicotíleo.*

Cambios químicos. — Mientras se verifican todos estos cambios de forma en el embrión, éste tiene que nutrirse a expensas de las reservas alimenticias acumuladas en sus cotiledones o en el albumen y perispermo, ya que carece de los órganos necesarios (raíz y hojas) para poder tomar alimentos del medio ambiente.

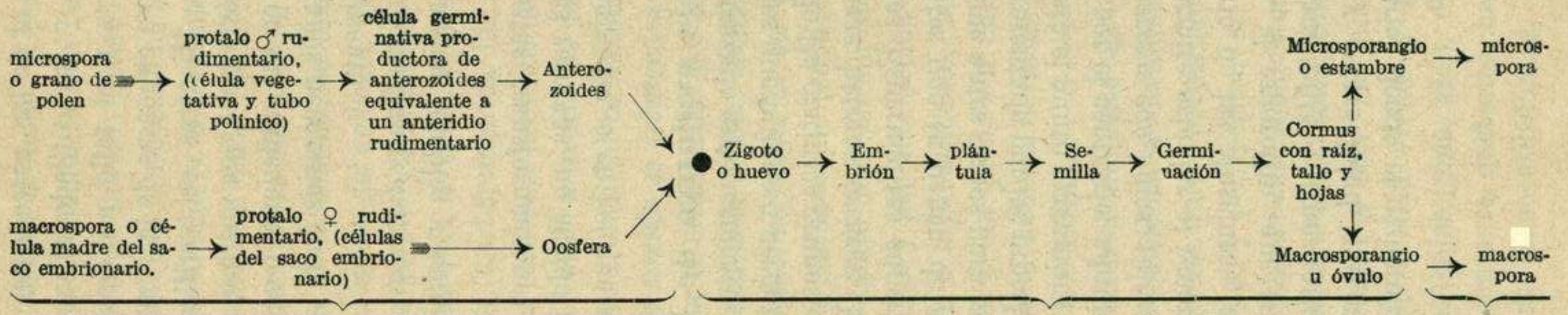
La nutrición se realiza mediante *diastasas*, que convierten los materiales de reserva en sustancias solubles y asimilables capaces de ser utilizadas por el embrión.

Se comprende que estas transformaciones son diferentes, según la naturaleza química de las reservas, no siendo iguales en las semillas feculentas que en las oleaginosas, o en las que son ricas en materias proteicas.

Síntesis del ciclo evolutivo de las Fanerógamas.— En el estudio elemental trazado anteriormente no hemos podido descender a detalles estructurales que hubiesen permitido seguir paso a paso la evolución que, a través de los distintos grupos de plantas, ofrece el ciclo evolutivo de las Filicíneas heterospóreas o Hidropteríneas *(Salvinia)* hasta dar lugar al de las Espermofitas superiores. De todas maneras, existen analogías evidentes que se ponen de relieve comparando el esquema que sigue con el que antes dimos para la *Salvinia.* En las Fanerógamas el gametofito, representado por los protalos masculino y femenino, acentúa su reducción, hasta el punto que ambos son rudimentarios y poco evidentes. El esporofito, por el contrario, adquiere gran desarrollo, estando representado por el *cormus* con hojas, raíces y flores que todos conocemos. Un rasgo que permite asimilar el esporofito de las Fanerógamas al esporofito rudimentario de las Muscíneas, es la existencia en ambos de estomas. Por último, el esporofito, que en las Briofitas es parásito permanentemente del gametofito y transitoriamente en los helechos, adquiere tal desarrollo y personalidad, que en las Fanerógamas sucede completamente lo contrario, siendo el gametofito el que vive y se nutre a espensas del esporofito.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Esquema del ciclo evolutivo de una Fanerógama o Espermofita superior.



Gametofito con células haploides con *(n. cr.)* y sin estomas. El gametofito vive parásito sobre el esporofito.

Esporofito con estomas y células diploides con *(2n. cr.)* El esporofito adquiere gran desarrollo y total independencia.

Nuevo gametofito

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LAS FANERÓGAMAS, ESPERMAFITAS O ANTOFITAS

Los caracteres que se utilizan para la diferenciación de los grupos de Fanerógamas son principalmente los que se refieren a las cubiertas florales, estambres y carpelos. A fin de sintetizar los caracteres de un modo gráfico o literal se utilizan los llamados *diagramas* y *fórmulas florales.*

Diagramas y fórmulas florales.—Para representar esquemáticamente el conjunto y la disposición de los verticilos florales, se emplean unas figuras esquemáticas *(figura 1.319)*, que representan las distintas partes de la flor cortadas transversalmente. Dichas figuras reciben el nombre de *diagramas.*



Fig. 1.319.— Diagrama floral.

Las *fórmulas florales* son expresiones en que por medio de símbolos convencionales se expresa la composición de la flor de una planta o de un grupo de plantas: la fórmula $F = 5\ S + 5\ P + 5\ E + (5\ C^a)$ quiere decir que se trata de una flor hermafrodita que consta de 5 sépalos, 5 pétalos y 5 estambres libres, y de 5 carpelos abiertos y soldados en un ovario unilocular. La fórmula $F = (5\ S) + (5\ P) + (5\ E) + (5\ C^c)$, quiere decir que la flor hermafrodita está constituída por 5 sépalos, etc., soldados entre sí, y 5 carpelos cerrados y soldados; la $F = (4\ S) \times (4\ P + 2\ E) + C^o$, significa que la flor tiene 4 sépalos soldados, 4 pétalos soldados entre sí y con los estambres, y un carpelo cerrado. Según esto, todo lo encerrado en paréntesis indica que está soldado, y lo no encerrado indica que está libre. Cuando las flores son unisexuales, después de F se coloca el signo ♂ o ♀, según sea la flor masculina o femenina

Instituto San Isidro de Madrid 2008

DIVISIÓN Y PRINCIPALES FAMILIAS

Ya se dijo (pág. 583) que las Fanerógamas se dividen en dos clases, denominadas *Gimnospermas y Angiospermas.* Las primeras tienen los óvulos al descubierto, es decir, no contenidos en un ovario *(fig. 1.122)*, y, por lo tanto, las semillas desnudas, que es a lo que alude su nombre. Las *Angiospermas*, por el contrario, tienen los óvulos y las semillas cubiertas, es decir, encerrados o contenidos dentro de un ovario.

CLASE I.—GIMNOSPERMAS

Se dividen en cuatro Órdenes vivientes, existiendo otros varios que encierran especies fósiles.

Orden 1.—Cicadíneas.—Las especies de este Orden son todas exóticas, arbóreas, con aspecto de palmera, que alcanzan hasta 10 metros de altura y con un rosetón terminal de grandes hojas pinadas. El género más conocido es el *Cycas (fig. 1.320)*, de los países tropicales, que en Europa vive cultivada.



Fig. 1.320.—*Cycas circinális.*

Orden 2.—Ginkoideas.—Especies arbóreas, con hojas aplanadas y biloladas: *Ginko biloba*, del Japón.

Orden 3.—Coníferas.—Se caracteriza por sus hojas, generalmente aciculares; sus semillas son unas veces carnosas y otras leñosas, como los piñones, y por su fruto, casi siempre en *cono.* Comprende tres Familias.



Fig. 1.321.— Rama de infrutescencia de *Pinus sylvéstris;* pino albar o silvestre.

Familia Abietáceas.—Hojas alternas, fruto en *cono* o *piña (fig. 1.309)*. Comprende numerosos géneros, de los cuales los principales son: el *pino (Pinus)*, con sus diversas especies *(fig. 1.321);* el abeto o pinabete *(Abies pectináta) (fig. 1.322)*, y el cedro *(Cédrus)*, de madera tan apreciada, que se encuentran cultivados en España *(fig. 1.323)* y son oriundos de Asia.

Familia Cupresáceas.—Hojas escamosas muchas veces; fruto frecuentemente en gálbula *(fig. 1.310)*. Las principales especies vivientes son:

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 1.322.—Rama y fruto de *Abies excélsa* o abeto. (Fot. O. Cendrero).



Fig. 1.323.—Los cedros *(Cédrus Deodára* y *Líbani)* adquieren gran corpulencia en España. El de la figura reproduce el de un paseo de Madrid. (Fot. comunicada por el profesor Dr. Luis Heintz).

la sabina *(Juníperus Sabína);* el enebro común o junípero *(J. commúnis) (fig. 1.324)* el ciprés *(Cupréssus sempérvirens)* y la tuya o árbol de la vida *(Thúja orientális)* originarias de Asia y cultivadas en todos los países; y, por último, las *Sequoia* y *Araucaria*, ya citadas *(figs. 925, 926 y 1.109).*

Familia Taxáceas.—La semilla tiene una expansión carnosa que, naciendo de los bordes del hilo, la envuelve por completo en la madurez; dicha expansión se denomina *arilo.* En Europa vive el *tejo (Taxus).*

Orden 4.—Gnetíneas—Las hojas carpelares se sueldan, hasta el punto que casi constituyen un ovario cerrado. Este Orden establece el tránsito a las Angiospermas. En nuestro país viven varias especies del género *Ephedra*, propia de los terrenos esteparios.



Fig. 1.324.—Rama y frutos de *Juníperus communis* o enebro común.

CLASE II.—ANGIOSPERMAS

Ya se sabe (pág. 584) que se divide en dos Subclases, denominadas *Monocotiledóneas* y *Dicotiledóneas*, según posean uno o dos cotiledones en sus semillas. Además de este carácter poseen otros que, aunque no tan generales,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

permiten distinguir fácilmente las plantas comprendidas en ambos grupos. Dichos caracteres son: *Monocotiledóneas; raíz fasciculada; tallo* rara vez ramificado; *hojas* ordinariamente *rectinervias*; *verticilos florales trímeros* con frecuencia. *Dicotiledóneas: raíz generalmente napiforme; tallos* casi siempre *ramificados; hojas no rectinervias; verticilos florales* ordinariamente *tetrámeros* o *pentámeros* y rara vez trímeros.

SUBCLASE I.—DICOTILEDÓNEAS

Se dividen en dos grupos o *Series*. 1.º, *Dicotiledóneas coripétalas*, que comprende todas aquellas cuyas flores *carecen de pétalos* o que si los tienen *son libres entre sí*, y 2.º, *Dicotiledóneas simpétalas*, que son las que tienen los distintos pétalos de la corola *soldados* en *una corola gamopétala*.

Serie 1.ª—Dicotiledóneas Coripétalas o Arquiclamídeas

Se dividen en *Monoclomídeas*, que son las apétalas, o las que no tienen ninguna cubierta floral, y las *Dialipétalas*, o sea las que poseen cáliz y corola, ésta formada por pétalos independientes.

A continuación señalamos los Órdenes y las Familias más importantes del grupo.

Monoclamídeas o Apétalas

Como acaba de decirse, son las que no tienen ninguna cubierta floral o sólo una.

Orden Fagales.

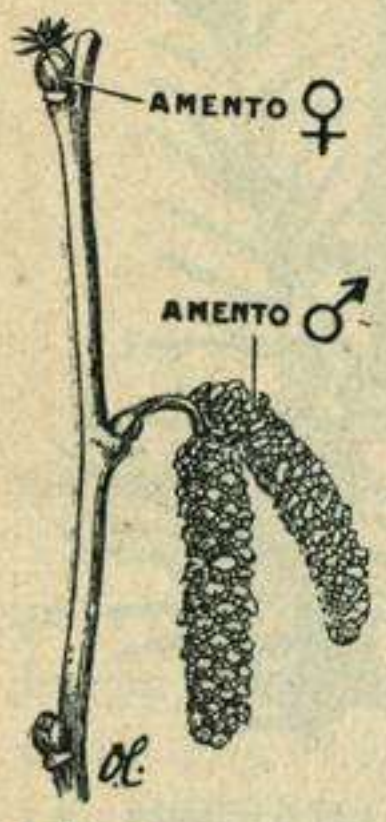


Fig. 1.325.—Avellano.

FAMILIA FAGÁCEAS o CUPULÍFERAS.—Son *árboles* de gran tamaño, rara vez *arbustos* (avellano), con *hojas sencillas* y *flores unisexuales monoicas; las masculinas en amentos de muchas flores (figuras 1.213* y *1.325)* y *las femeninas en amentos de pocas flores (fig. 1.325)*, que en algunos casos (castaño) *ocupan la base de amentos mixtos*. Las *flores masculinas* tienen (6 S) y 6 E; a veces (avellano) carecen de S y tienen 4 E. Las *flores femeninas* poseen (6 S) con el ovario y éste de 3 ó 6 carpelos cerrados y soldados; el avellano posee (4 S) + (2 C^c). Fruto en cúpula monocárpica oglande *(figs. 1.292* y *1.326)*, o en cúpula policárpica o cúpula propiamente dichas *(fig. 1.311)*. Encierra especies muy útiles y conocidas; entre ellas citaremos la *encina (Quércus Ílex);* el *roble (Q. Róbur) (fig. 1.326);* el alcornoque *(Q. Súber)* es utilizado por sus bellotas y, sobre todo, porque de él se obtiene el corcho; el avellano *(Córylus avellána);* el castaño *(Castánea vulgáris)* y el haya *(Fágus sylvática)*, ambos maderables y de frutos comestibles.

Orden Yuglandales.

FAMILIA YUGLANDÁCEAS.—La especie principal es el nogal *(Juglans régia)*,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

cuyas *hojas* son *compuestas imparipinadas; flores unisexuales mo-noicas* en amentos *(fig. 1.212)*, cuyo fruto es la nuez.

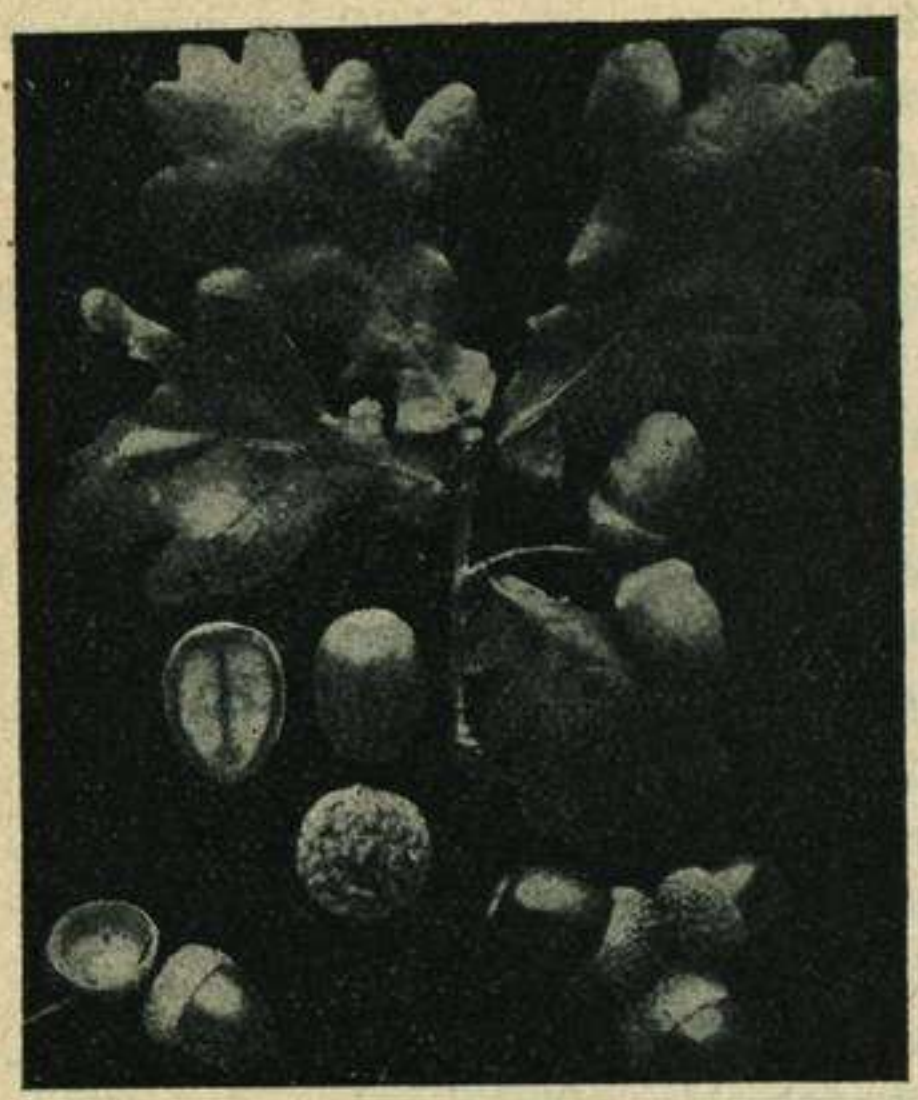


Fig. 1.326.—Rama y frutos de *Quércus Róbur:* en el centro izquierda, fruto cortado para mostrar los cotiledones. (Fot. O. Cendrero).

Orden Salicales.

FAMILIA SALICÁCEAS.—Comprende árboles, arbustos o matas de *flores unisexuales dioicas* insertas en la axila de una *bráctea (figura 1.204)* y reunidas en *amentos (figs. 1.207, 1.208* y *1.327)*. F ♂ = 2 E *(Sálix) (figura 1.204)* u 8 E *(Pópulus)*. F ♀ = (2 C^a) en ovario de una cavidad. Fruto caja. Semillas provistas de pelos *(fig. 1.091)*. Sus especies son muy conocidas, como el chopo o álamo negro *(Pópulus nígra)*, el blanco *(P. álba)*, el temblón *(P. trémula)* y las distintas especies de sauce *(Salix)*.



Fig. 1.327.— Amento masculino de un chopo.

Orden Urticales.

FAMILIA ULMÁCEAS.—La especie más corriente es el *Ulmus campéstris*, llamado olmo, álamo negro y negrillo.

FAMILIA URTICÁCEAS.—En esta Familia se incluyen las ortigas *(Urtíca úrens*, etcétera); el ramio *(Boehméria nívea)*, originario de China y cultivado por ser textil, etcétera.

FAMILIA CANNABINÁCEAS.—En esta familia se incluye el cáñamo *(Cánnabis sativa)*, originario de Asia Central y cultivado principalmente por ser textil, y el lúpulo *(Húmulus Lúpulus)*.

FAMILIA ARTOCARPÁCEAS.—Arbustos o árboles *con látex* abundante. Las principales especies son: la higuera *(Fícus cárica)*, cuyos frutos, llamados brevas (primavera) e higos (otoño), son comestibles: del *Fícus elástica*, de Sumatra, y de otras especies, se obtiene el caucho; la morera *(Morus alba)* y el moral *(Morus nigra)*.

Orden Santalales.

FAMILIA LORANTÁCEAS.—La especie más conocida es elmuérdago, vesque o visco cuercino *(Víscum álbum) (fig. 1.078)*, que es una planta parásita, vive sobre varios árboles, *preferentemente* sobre manzanos, perales, castaños, etc.

Orden Centrospermas.

FAMILIA QUENOPODIÁCEAS.—Comprende: la espinaca *(Spinácia olerácea)*, cuyas hojas se utilizan como verdura; la acelga *(Beta vulgáris*, var. *cícla)*, usada con el

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mismo fin; la remolacha *(Béta vulgáris*, var. *rapácea)*, tan cultivada porque su gruesa raíz contiene gran cantidad de sacarosa.

Familia Cariofiláceas.—En esta Familia existen dos tipos de flores: unas con una sola cubierta floral y otras con cáliz y corola. Por lo tanto, establece el tránsito entre las plantas apétalas al grupo de las Dialipétalas. Plantas *herbáceas* con *hojas* opuestas y *flores* ☿ de 5 S + 5 P + 10 E + (2 a 5 C^c) y con los estilos libres. *Fruto*, ordinariamente, *caja*. Especies principales: los claveles *(Diánthus Caryophyllus*, etc.) de cáliz gamosépalo, así como la colleja *(Siléne infláta)*, que cuando es joven se come en ensalada; la hierba jabonera *(Saponária officinális)* tiene también cáliz gamosépalo; toda la planta encierra *saponina* o *saponasa*, por lo que se utiliza para limpiar telas, etc.

Familia Cactáceas.—Comprende numerosas especies, la mayor parte de América, como la higuera chumba, de pala o nopal *(Opúntia vulgáris) (fig. 930)*, naturalizada desde hace largo tiempo en el N. de África y en el S. y E. de España, donde vive subespontánea.

Orden Tricocáceas.

Familia Euforbiáceas.—Plantas *generalmente* herbáceas y con látex. Flores de constitución muy variable. Fruto capsular. Comprende el género *Euphórbia*, cuyas especies son llamadas lecheruelas, lecherinas y lechetreznas, por el látex lechoso que contienen; el ricino, crémor, higuera infernal, higuerilla o palmacristi *(Rícinus commúnis)*, arbusto originario de África tropical, pero que crece subespontáneo en el mediodía de España.

Dialipétalas

Ya se dijo (pág. 646) que tienen flores con cáliz y corola y ésta formada por pétalos independientes.

Orden Policarpeas.

Familia Ranunculáceas.—Es la más importante de este grupo y comprende plantas generalmente *herbáceas* sin verdaderas *estípulas* y con *flores* ☿, regulares o irregulares, cuya fórmula general 5 S + 5 P + ∞ E + 8 C^c presenta bastantes variaciones y así, los sépalos pueden ser 3 ó 4, los pétalos 5 a 21 y aun faltar totalmente. La corola es, frecuentemente, rosácea. *Fruto* en poliaquenio *(fig. 1.297)* o polifolículo *(figs. 1.301 y 1.302)*.



Fig. 1.328.— Flores de *Ranúnculus*.



Fig. 1.329.— Planta de *Helléborus víridis*.

Comprende numerosas especies, como el botón de oro o flor de grillo, nombre que se da a varias especies de *Ranúnculus (fig. 1.328)*; el ranúnculo acuático *(fig. 979)*; los eléboros *(Helléborus víridis*, etcétera) *(fig. 1.329)*, de hojas vesicantes y purgantes; la peonía *(Pæónia officinális)*; los clérigos, pelícanos o aquileñas *(Aquilé-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gia vulgáris); la espuela de caballero, también llamada conejito *(Delphínium consólida)*, y el acónito *(Acónitum Napéllus)*, que se usa en Medicina por la *aconitina* que contienen sus raíces.

En el mismo grupo de las Policarpeas se incluye la Familia NINFEÁCEAS, que son plantas *acuáticas*, como los nenúfares *(Nymphæa* y *Núphar)*, y la *Victória régia* o maruru *(fig. 1.053)* de los grandes ríos de América meridional; y la Familia LAURÁCEAS, a la que corresponde el laurel *(Láurus nóbilis)*, que es especie europea.

Orden Readales.

FAMILIA PAPAVERÁCEAS.—Plantas *herbáceas* con *látex; flores hermafroditas (fig. 1.330)* con el cáliz caduco *(fig. 1.222)* de 2 S + 4 P + ∞ E + (2 a 15 C^a). Fruto en caja con dehiscencia poricida.



Fig. 1.330.—Diagrama de Papaverácea.

Especies principales: la celidonia o hierba de la golondrina *(Chelidónium május) (figura 1.331)*, que tiene el látex amarillo; su caja semeja una silicua; las amapolas son varias especies del género *Papáver (figuras. 1.222* y *1.332)*; de la adormidera *(P. somníferum)* se extrae el *opio*, etc.



Fig. 1.331.—Rama con flores y frutos de *Chelidónium majus* o celidónia.

FAMILIA CRUCÍFERAS.--Plantas generalmente *herbáceas*, con *flores hermafroditas (fig. 1.333)* de 4 S + 4 P *en cruz (fig. 1.226)* + 6 E *tetradínamos (fig. 1.214)* + (2 C^a). *Fruto* en silicua o en silícula *(figs. 1.304* y *1.305)*.

Comprende numerosas especies; las más conocidas son: el rábano *(Ráphanus satívus);* la berza *(Brássica olerácea)* con sus variedades; el nabo *(Br. Napus)*; el berro *(Nastúrtium officinále);* el *alhelí* amarillo *(Cheiránthus Chéiri);* la bolsa o zurrón de pastor *(Capsélla Búrsa-pastóris) (fig. 1.334)*, muy abundante en el campo.



Fig. 1.332.—Flores de *Papáver.*



Fig. 1.333.—Diagrama de Crucífera.

Orden Calumníferas.

FAMILIA MALVÁCEAS.—Plantas generalmente *herbáceas;* a veces *arbustos* (algodonero arbóreo) o *árboles* (baobab). *Flores hermafroditas* con (5 S)× 5 P + 5 E ramificados y monadelfos *(fig. 1.246);* ovario con 5 a ∞ C^c *Fruto* ordinariamente poliaquenio o caja.



Fig. 1.334.—Planta completa de *Capsélla Bursa pastóris* o bolsa de pastor.

Comprende numerosas especies, como la malva común *(Malva sylvéstris);* el malvavisco *(Althæa officinális);* los algodoneros herbáceo *(Gossípium herbáceum (fig. I.335)* y arbóreo *(G. arbóreum)*, originarios de Asia, y cuyas semillas *(fig. 1.097)* están en-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

vueltas en largos pelos, dependientes de la testa, que constituyen el algodón: son plantas cuyo cultivo se ha intentado en España con éxito; y el baobab *(Adansonia digitata) (fig. 1.103)* y *Eriodendron (fig. 1.104)*. También pertenecen a este grupo las TILIÁCEAS, en las que se incluyen los tilos *(Tilia platyphylla)*.

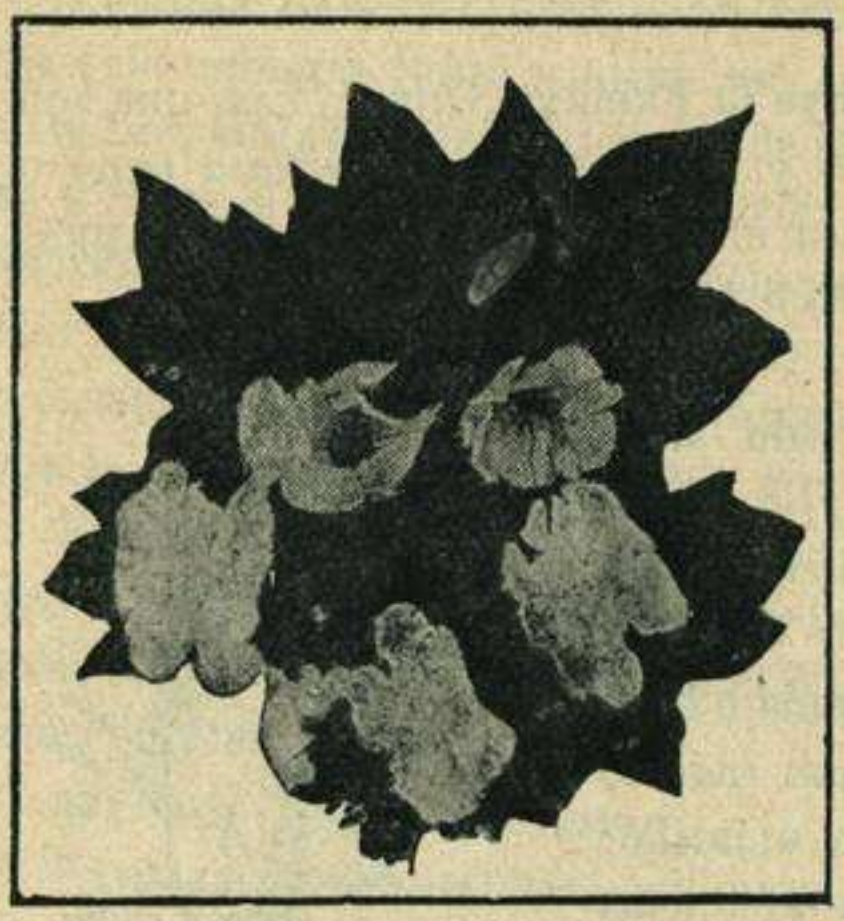


Fig. 1.335.—Flores y frutos maduros del algodonero herbáceo *(Gossipium herbáceum)*. (Fot. comunicada por el profesor Cástor Ordóñez C. M.)

Orden Gruinales.

En él se incluyen las GERANIÁCEAS, a las que corresponden las especies de los géneros *Geranium* y *Erodium* (relojes) y *Pelargonium (geranios);* las LINÁCEAS, a las que pertenece el lino *(Linum usitatissimum)*, y las RUTÁCEAS, en las que hoy se reúnen la ruda *(Ruta graveolens)* y las antiguas AURANCIÁCEAS, con las diversas especies del género *Citrus* (naranjo, limonero, mandarino), tan importantes desde el punto de vista económico.

Orden Ramnales.

En este Orden se incluyen las RAMNÁCEAS y las VITÁCEAS o AMPELIDÁCEAS: ésta es muy importante desde el punto de vista agrícola, pues a ella corresponde la vid o parra *(Vitis vinífera)* con sus numerosas variedades, todas las cuales son arbustos trepadores por medio de *zarcillos rameales* opuestos a las hojas *(figura 139)*, y éstas son palminervias. *Flores* hermafroditas en racimo de racimos y cáliz de 5 S, corola de 5 P verdosos, *soldados por el ápice* y que al abrirse la flor se separan por la base y caen todos juntos formando una especie de estrella: 5 E + (2 C^3). Conocidas son las aplicaciones de sus frutos en baya (uvas).

Orden Rosales.

FAMILIA ROSÁCEAS.—Es la más conocida del Orden y comprende plantas herbáceas, arbustos o árboles de hojas sencillas o compuestas y con estípulas. Flores casi siempre pentámeras y hermafroditas actinoformas, con los estambres generalmente en número indefinido. Los carpelos son uno o muchos, libres o soldados, que yacen sobre el receptáculo, o bien se hallan en el interior de él cuando tiene forma de odrecillo o está soldado a los verticilos externos.

Esta Familia se divide en varias subfamilias o tribus, que en otros tiempos han constituído Familias distintas.

a) Rosoideas.—Fruto en *eterio*, en *polidrupa* o en *cinarrodon (figs. 1.299 y 1.300)*.

Especies de fruto en cinarrodon todas las del género *Rósa*, como el rosal silvestre *(Rósa canína)*, cuyos frutos se llaman escaramojos, escaramujos, bailarines, etc.; la rosa común *(R. centifólia)*, la de té (var. *frágans* de la *R. índica)*, etc.; de los pétalos de todas ellas se extrae la esencia de rosa. Especies de fruto en eterio, la fresa *(Fragária vésca) (figs. 56 y 1.300)*, que es especie española. Especies de fruto en polidrupa,

Instituto San Isidro de Madrid 2008

la frambuesa *(Rúbus idæus);* la zarzamora *(Rúbus thyrsóideus*, etc.), cuyos frutos son las moras de zarza; etc.

b) Pomoideas.—Generalmente *arbustos* o *árboles. Con tantos estilos libres como carpelos. Fruto pomo (fig. 1.306).*

Especies principales: el peral *(Pírus commúnis);* el manzano *(Málus communis)*, ambos con numerosas variedades; el membrillero *(Cydónia vulgáris)*, oriundo de Asia Menor; el majuelo o espino albar *(Cratægus Oxyacántha)* es un arbusto espinoso que se utiliza para formar setos vivos; sus frutos *(majuelas* o *perojos de manteca)* son comestibles; el níspero *(Méspilus Germánica);* etc.

c) Prunoideas.—Arbustos o *árboles. Un carpelo, con un estilo. Fruto* en drupa *(figura 1.280).*

Especies principales: el almendro *(Amygdalus communis);* el ciruelo o cirolero *(Prúnus doméstica);* el endrino, andrino o espino negro *(Pr. spinósa);* el albaricoquero *(Armeníaca vulgáris);* el melocotonero *(Pérsica vulgáris)*, cuyos frutos lampiños se llaman *pavías* y los tomentosos *melocotones;* el cerezo *(Cérasus Juliana);* el guindo *(C. Caproniána);* etc.

Orden Leguminosas.

Las Familias de este Orden tienen como carácter común el poseer fruto en *legumbre.*

Familia Mimosáceas.—*Matas*, *arbustos* o *árboles* de hojas compuestas y flores hermafroditas y *regulares.* Comprende: la sensitiva *(Mimósa pudica) (figs. 1.028* y *1.029)*, de América tropical, y las acacias propiamente tales *(Acácia Melanóxylon) (fig. 140)*, etc.

Familia Cesalpináceas.—Generalmente *árboles* o *arbustos con flores* hermafroditas cigomorfas. Sus especies principales son: el algarrobo o garrofero *(Ceratónia Sílicua)* y la acacia de tres espinas *(Gledíschia Triacánthos) (fig. 977)*, cultivada como ornamental.

Familia Papilionáceas.—Son plantas *herbáceas* o *arbóreas* de flores ☿ con (5 S) + 5 P formando una *corola amariposada (figs. 1.230* y *1.231)* + 10 E generalmente *diadelfos*, de los cuales nueve están soldados y uno libre *(fig. 1.246);* rara vez los 10 E libres *(Sóphora).*

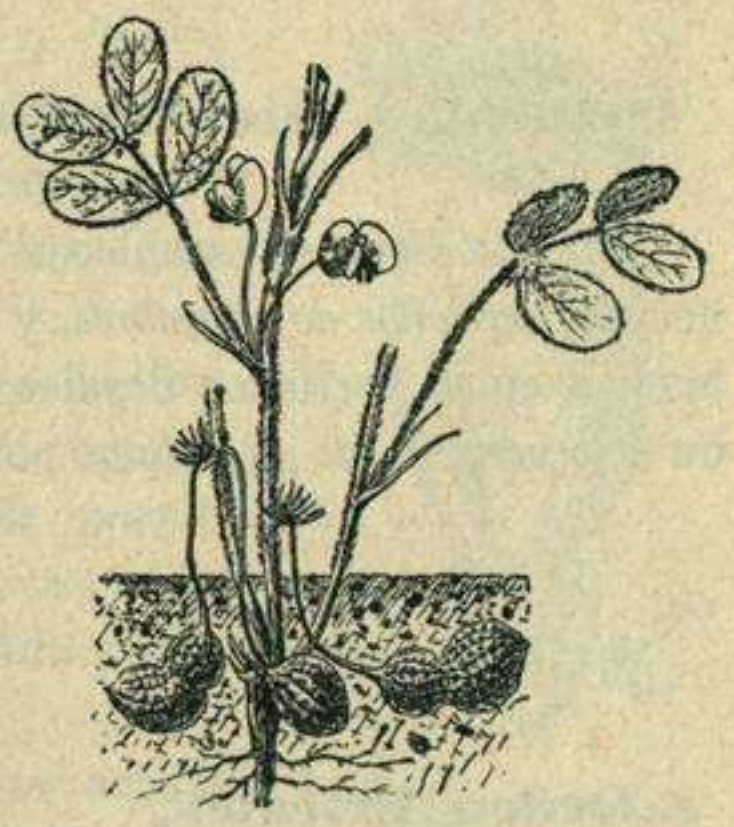


Fig. 1.336.—Parte inferior de una planta de *Arachis hipogéa* o cacahuete.

Comprende numerosas especies muy conocidas por ser sus semillas comestibles, como el garbanzo *(Cícer arietínum)*, la judía, alubia, habichuela, fríjol o poroto *(Phaséolus vulgáris)*, la lenteja *(Léns esculénta)*, el guisante *(Písum satívum)*, el haba *(Fába vulgáris);* el cacahuete o maní *(Árachis hipogéa) (fig. 1.336);* la falsa acacia *(Robínia Pseudo-Acácia)*, de América del Norte *(figs. 976, 1.026* y *1.027)*, de flores blancas y olorosas, y la acacia del Japón *(Sóphora Japónica)*, de flores amarillentas; otras forrajeras, como la alfalfa *(Medicágo satíva)*, el trébol

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(Trifólium praténse, etc.); y tantas otras especies comunísimas, como el tojo, árgoma o escajo *(Úlex europæus)*, la aliaga o aulaga *(Genísta scórpius)*; etc., etc.

Orden Mirtales.

A este Orden pertenecen varias familias, entre las que destacan las MIRTÁCEAS, en la que se incluyen en arrayán o mirto *(Myrtus communis)* y los eucaliptos *(Eucalyptus globulus)*, originarias de Australia *(fig. 924)*.



Fig. 1.337.—Rama con cabezuelas de *Eryngium campéstre* o cardo corredor. (Fot. O. Cendrero.)

Orden Umbelifloras.

FAMILIA UMBELÍFERAS.—Plantas generalmente *herbáceas* con *tallo* ordinariamente fistuloso y *hojas* comúnmente pinado-partidas con la vaina muy desarrollada. *Flores* ☿, regulares generalmente, constituídas por (5 S + 5 P × 5 E + 2 C°). *Fruto* diaquenio *(figs. 1.096* y *1.294)*. Inflorescencia en umbela o en umbela de umbelas *(fig. 1.219)*.

Comprende numerosas especies: se utilizan los frutos del anís *(Pimpinélla anísum)* y los del comino *(cumínum Cymínum)*, así como las raíces de la zanahoria *(Dáucus Carótta)*; los tallos jóvenes del apio *(Apium gravéolens)*; las hojas y frutos del hinojo *(Fænículum, vulgáre)*, cuyas raíces son aperitivas, así como las del cardo corredor *(Eryngium campéstre) (fig. 1.337)*, que tiene la inflorescencia en cabezuela; las hojas del perejil *(Petroselínum satívum)*, etc.; son parecidas a estas últimas las hojas de la cicuta mayor *(Cónium maculátum)*, que son muy venenosas.

Serie 2.ª—Dicotiledóneas Simpétalas o Metaclamídeas

En esta Serie se establecen dos grupos: las *Pentacíclicas*, que son aquellas que tienen *dos verticilos de estambres*, y que con el cáliz, la corola y el verticilo carpelar, dan lugar a cinco verticilos florales, y las *Tetracíclicas*, que son aquellas otras que tienen un *solo verticilo de estambres*, por lo que la flor tiene en total cuatro verticilos.

Pentacíclicas

Orden Ericales.

En este Orden se estudian las ERICÁCEAS, a las que pertenecen los brezos *(Erica)* y el madroño *(Arbustus unedo)*.

Orden Primulales.

La Familia más importante es la de las *Primuláceas*, a laque pertenecen las primaveras *(Primula)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Tetracíclicas

Orden Tubifloras.

FAMILIA BORRAGINÁCEAS.—Plantas generalmente *herbáceas*, con hojas y tallos pelosos y ásperos. *Flores* ☿ con (5 S) en su base (5 P + 5 E) + (2 C^e) *(fig. 1.338)*. La corola puede tener *escamas* en la garganta. Fruto *4 aquenios (figs. 1.295* y *1.296) en el fondo del cáliz.* Inflorescencia en cima escorpioidea.



Fig. 1.338.—Diagrama de Borragínácea.

Comprenden numerosas especies, como la horraja *(Borrágo officinális) (fig.1.239)*; el heliotropo *(Heliotrópium Peruviánum)*, arbusto de flores olorosas; los *Myosótis*, llamados en algunos sitios *No me olvides;* la viperina o viborera *(Échium vulgáre)*, de flores irregulares; la orcaneta o ancusa de tintes *(Alkánna tinctória)*, cuya raíz se usa en tintorería para teñir de rojo.

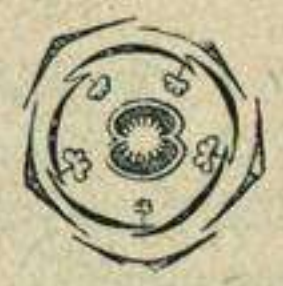


Fig. 1.339.— Diagrama de Solanácea.

FAMILIA SOLANÁCEAS.—Plantas generalmente *herbáceas* con *flores* ☿ de (5 S) *(figura 1.234)* o casi libres + (5 P + 5 E) + (2 C^e) *(fig. 1.339). Fruto baya (figura 1.307), caja* o *pixidio.*

Especies principales: la patata o papa *(Solánum tuberósum)*, originaria de América meridional; la berenjena *(S. melongéna)*, originaria de Asia; el tomate o tomatera *(Lycopérsicum esculéntum)*, y los de pimiento y guindilla *(Cápsicum ánnuum):* ambas especies son oriundas de América, así como el tabaco *(Nicotiána Tabácum, gláuca* etc.) *(fig. 1.234);* el estramonio *(Datura Stramorium)*. y el beleño *(Hyosciamus)*.

FAMILIA ESCROFULARIÁCEAS.—Plantas generalmente *herbáceas*. de flores ☿ *irregulares*, con 5 S + (5 P + 4 E) + (2 C^e); el cáliz es a veces gamosépalo; la corola es, generalmente, *personada (fig. 1.242)* o *digitaliforme (fig. 1.340)*, pero también puede ser *labiada;* los estambres son *didínamos (fig. 1.243). Fruto caja.*

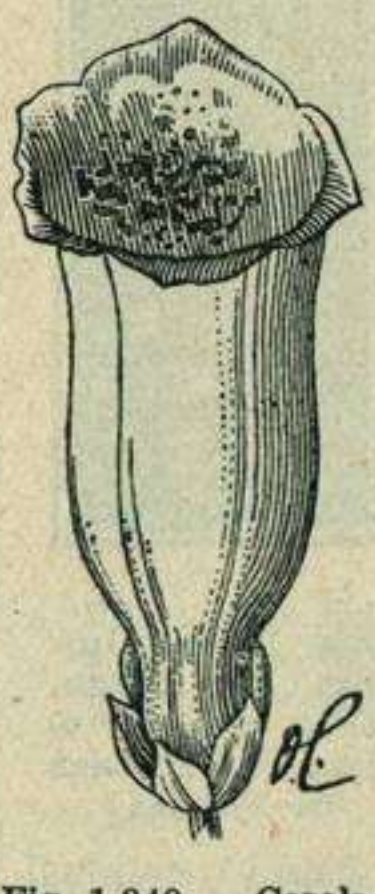


Fig. 1.340.— Corola digitaliforme de *Digitalis.*

Especies principales: la *Scrophulária canína;* la boca de dragón o conejitos *(Antirrhínum május) (fig. 1.242);* así como la *Linária cymbalária;* la digital o dedalera *(Digitális purpúrea*, etc.) *(fig. 1.340)*. Finalmente, merece citarse la cresta de gallo *(Rhinánthus májor), (fig. 1.079)*, que posee clorofila y vive parásita sobre las raíces de diversas plantas.

FAMILIA LABIADAS.—Plantas *herbáceas*, alguna vez arbustos (romero), de *hojas opuestas, tallos tetrágonos*, y ambos con pelos secretores de esencias. Flores ☿ *irregulares*, con (5 S) + (5 P + 4 ó 2 E) + (2 C^e). Corola *labiada (fig. 1.241);* cuando tienen 4 E, son *didínamos.* Fruto *cuatro aquenios en el fondo del cáliz (figs. 1.295* y *1.296).*

Comprende numerosas especies: la menta *(Méntha piperíta)*, la hierbabuena *(M. ví-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

ridis) y el mastranzo o póleo *(M. rotundifólia)* son especies españolas y tienen 4 E casi iguales; la salvia *(Sálvia officinális)*, y otras especies *(fig. 1.086);* el romero *(Rosmarínus officinális);* estas dos últimas especies tienen 2 E; el cantueso *(Lavándula stæchas)* y el espliego *(L. véra)*, la albahaca *(Ocymum Basílicum)*, de la India; el tomillo *(Thymus vulgáris)* y el orégano *(Oríganum vulgare)* se usan como condimento; es especie comunísima la ortiga muerta *(Lámium purpúreum*, etcétera) *(fig. 1.341);* etcétera.



Fig. 1.341.—*Lámium purpúreum* u ortiga muerta.

Orden Ligustrales.

FAMILIA OLEÁCEAS.—*Arboles* o *arbustos. Flores* hermafroditas con (4 S) + (4 P + 2 E) + (2 C^c), *(fig. 1.342). Fruto drupa.*



Fig. 1.342.—Diagrama de Oleácea.

La especie principal es el olivo *(Ólea europæa)*, muy cultivado en España. El olivo silvestre o acebuche (var. *oleáster)* es espontáneo en el mediodía de España; el tresno *(Fraxinus excelsior)*, la lila *(Syringa vulgaris)* el jazmín *(Jazminum officinale)* y el aligustre *(Ligustrum vulgare).*

Orden Rubiales.



Fig. 1.343.—Drupas de cafeto. (Fot. com. por el ingeniero M. Díaz de Villegas.)

FAMILIA RUBIÁCEAS.—Hierbas, arbolillos y aun árboles con *hojas opuestas* y *estípulas tan desarrolladas como las hojas*, en las especies indígenas *(figura 952). Flores* ☿ *regulares* con (4-5 S) + (4-5 P + 4-5 E) + (2 C^c). *Fruto* en *diaquenio* en las especies indígenas; *drupa* (cafeto) *(fig. 1.343); baya* (rubia), o *caja* (quinos).



Fig. 1.344.—*Coffea Arábica* o cafeto.

Especies muy conocidas son: los cuajaleches *(Gálium vérum*, etc), y la rubia *(Rúbia tinctórum)*. Como especies exóticas citaremos el cafeto *(Cofféa Arábica) (fig. 1.344)*, arbusto que en realidad es originario de Abisinia, y los quinos *(Chinchona officinalis)*. A este mismo Orden pertenecen las CAPRIFOLIÁCEAS, en las que se incluye el saúco *(Sambucus)*, la madreselva *(Lonicera)* y los mundillos o durillos *(Viburnum)*, de nuestros jardines.

Orden Cucurbitales.

FAMILIA CUCURBITÁCEAS.—Plantas *herbáceas* y *trepadoras* por medio de *zarcillos foliares (fig. 984). Flores unisexuales monoicas.* F ♂ = (5 S) + (5 P) + (2 E) + (2 E)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

+ E, es decir, estambres *triadelfos (fig. 1.345)*, y *sinfisandrios*. F ♀ = (5 S) + (5 P) + (3 C^e) *(fig. 1.346)*. *Fruto pepónide.*

Comprende especies tan conocidas como la calabaza *(Cucúrbita pépo);* la calabaza vinatera o de San Roque *(Lagenária vulgáris)*, cuyo fruto vacío se utiliza como envase; el pepino *(Cúcumis satívus)*, cuyos frutos jóvenes se llaman *pepinillos*; el melón *(Cúcumis Mélo)* y la sandía *(Citrúllus vulgáris);* etc.





Fig. 1.345 Fig. 1.346. Diagrama de la flor masculina (1.345) y femenina (1.346) de una Cucurbitácea.

Orden Sinandras.

Familia Compuestas.—Es la más importante de este grupo y está formada por plantas casi siempre *herbáceas*, de *hojas sin estípulas* y *flores* ☿ o unisexuales o neutras por aborto normal; estas flores constan de (5 S) + (5 P) + (5 E) + (2 C^a), la *corola* puede ser *flosculosa (fig. 1.236)* o *ligulada (fig. 1.240);* los E son *singenésicos (fig. 1.247)* y el *fruto aquenio (figs. 1.289* y *1.290). Inflorescencia en cabezuela (figs. 980* y *1.215).*

Comprende tres tribus principales:

Tubulifloras, cuyas cabezuelas están constituídas *sólo por flósculos (fig. 1.215).* Comprende: la alcachofa o alcaucil *(Cynara scólymus);* el cardo de comer *(Cyn. cardúnculus);* los cardos corrientes *(Cárdus crispus*, etc.).

Radiadas.—Cabezuelas constituídas por flósculos en el disco y semiflósculos de tres dientes en la periferia *(figs. 980, 1.347* y *1.348);* las especies principales son: la margarita, chirivita o bellorita *(Béllis perénnis);* la hierba cana *(Senécio vulgaris);* la hierba de Santiago *(S. Jacobæa) (figura. 1.347);* el árnica *(Arnica montána)*, de usos tan conocidos; la manzanilla común *(Matricária chamomílla);* la caléndula, flamenquilla o flor de muerto *(Caléndula officinális);* el girasol *(Heliánthus ánnuus);* la dalia *(Dáhlia variábilis)*, etc.



Fig. 1.347.—Rama con flores de *Senécio Jacobœa* o hierba de Santiago.

Liguliflloras.—Cabezuelas formadas exclusivamente por lígulas de cinco dientes *(figura 1.348)*. Comprenden: el cardillo *(Scólymus Hispánicus)*, especie espontánea en casi toda España; el amargón o diente de león *(Taráxacum Dens-Leónis) (figura 1.348)*, muy común; la achicoria *(Cichórium Íntybus)*, cuya raíz tostada sirve para falsificar el café; la lechuga *(Lactúca satíva)* y la escarola *(L. Scaríola);* etc.



Fig. 1.348.—Hoja y flores de *Taráxacum Dens-Leónis.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

SUBCLASE II.—MONOCOTILEDÓNEAS

Siguiendo a los modernos tratadistas, situamos las Monocotiledóneas a continuación de las Dicotiledóneas, de las que parecen destacarse como una rama lateral derivada de las Policarpeas, en la que, entre otras Familias, están las Ranunculáceas. Se dividen, según los modernos botánicos, en varios Órdenes que se agrupan en tres secciones: *a) Radiatifloras, con flores de simetría radial; b) Reductifloras*, con flores con un periantio muy reducido, y *c) Cigomorfifloras*, con flores cigomorfas o de simetría bilateral.

a) Radiatifloras

Orden Lilifloras.

Familia Juncáceas, enla que se incluyen los juncos *(Juncus)*, que vegetan en sitios húmedos.

Familia Liliáceas.—Plantas de aspectos diversos, bulbosas, con rizoma y algunas veces arborescentes, con una roseta de hojas terminales. Flores ☿ cuya fórmula general es 3 S + 3 P + 6 E + (3 C^e) *(figura 1.349);* sin embargo, en algunos casos (jacinto, etc.) los S, P y E pueden estar soldados entre sí, constituyendo un tubo más o menos largo: generalmente sólo tienen un estilo: *corola liliácea (figs. 1.228 y 1.229). Fruto* ordinariamente *caja* con deshiscencia loculicida *(fig. 1.282)* o baya.



Fig. 1.349.— Diagrama de una Liliáea.

Las especies principales son: la cebolla *(Állium cépa)*, el ajo *(Állium sativum)*, el gamón o gamonita *(Asphódelus álbus)*, el cólchico o quitameriendas *(Colchicum autumnale)*, la azucena *(Lílium cándidum)*, el tulipán *(Túlipa gesneriána)*, el jacinto *(Hyacínthus orientális);* el género *Yúcca (fig. 1.350)*, la esparraguera *(Aspáragus officinalis)*, cuyo rizoma produce anualmente gruesas yemas llamadas turiones, que cogidas a poco de originarse son los llamados *espárragos*, el *brusco* o rusco *(Rúscus aculeátus) (fig. 935)*, la zarzaparrilla del país *(Smílax áspera)*, etc.

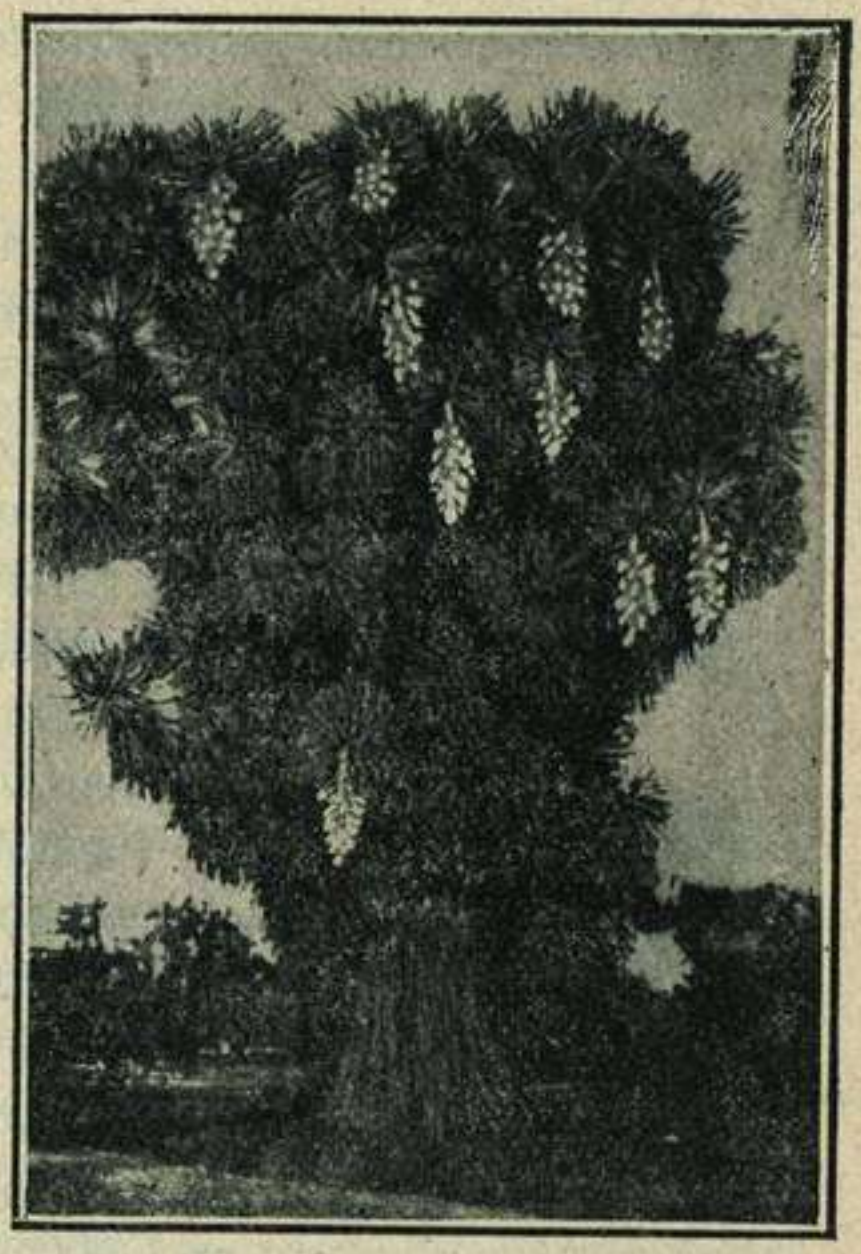


Fig. 1.350.—Hermoso ejemplar de *Yúcca filífera* del Jardín Botánico de Valencia: tiene 10 m. de altura y 7 de circunferencia. (Fot. comunicada por el prof. Dr. Francisco Beltrán).

Familia Amarilidáceas.—La fórmula general de las plantas de esta familia es ((3 S + 3 P + 6 E + (3 C^e)): 1 estilo. Fruto ordinariamente cápsula loculicida. Es-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

pecies: el narciso *(Narcísus pseudo-narcísus)*, la *pita, maguey* o *cabuya (Agáve americána) (figs. 1.351, 1.352* y *1.108)*, habiéndose aclimatado tan bien que crece subespontánea en muchas regiones de España, sobre todo al S. y E.



Fig. 1.351.—Planta completa de pita o maguey *(Agáve americána)*.

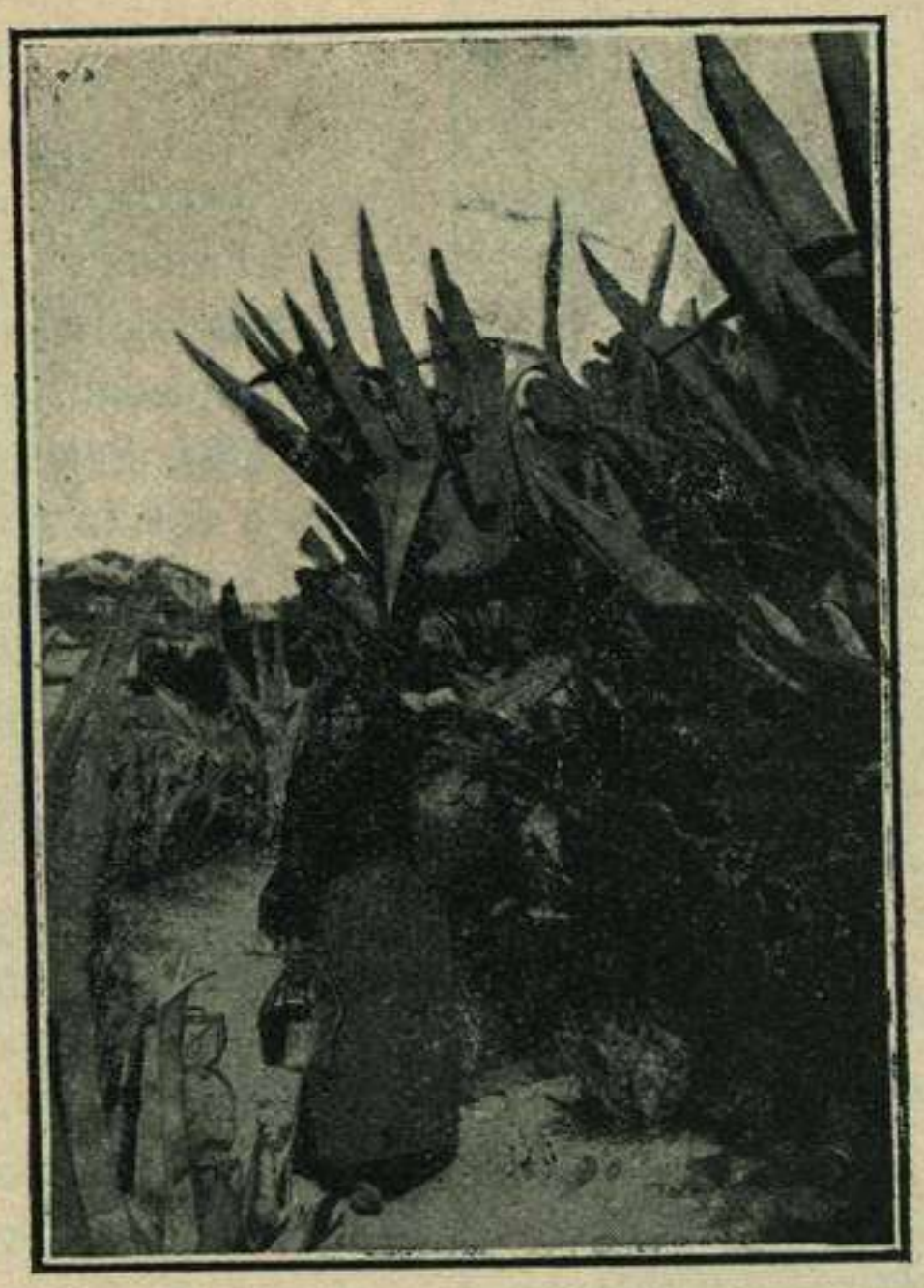


Fig. 1.352.—En toda la región andaluza, muchos setos vivos están formados por pitas y chumberas: el que reproduce la figura es uno de Granada. (De la col. Román Fernández, comunicada por el profesor Dr. Juan L. Díez-Tortosa.)

Familia Iridáceas.—Plantas herbáceas con rizoma *(Iris)* o tubérculo que parece un bulbo *(Crocus) (figs. 937* y *1.356)*. Flores hermafroditas, cuya fórmula es $((3\ S + 3\ P + 3\ E + (3\ C^c)$ *(fig. 1.353)*: 3 estilos. Fruto cápsula loculicida.

Las especies principales son: el lirio común *(Íris germánica) (fig. 1.354)* con los tres estigmas petaloideos; la espadilla o cresta de gallo *(Gladíolus) (fig. 1.355)*, que es común en España, y el azafrán *(Crócus satívus) (figs. 937* y *1.356)*, cuyos estigmas constituyen el azafrán del comercio.



Fig. 1.353.— Diagrama de Iridácea.



Fig. 1.354.— *Iris germánica* o lirio común.



Fig. 1.355.—*Gladíolus.*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

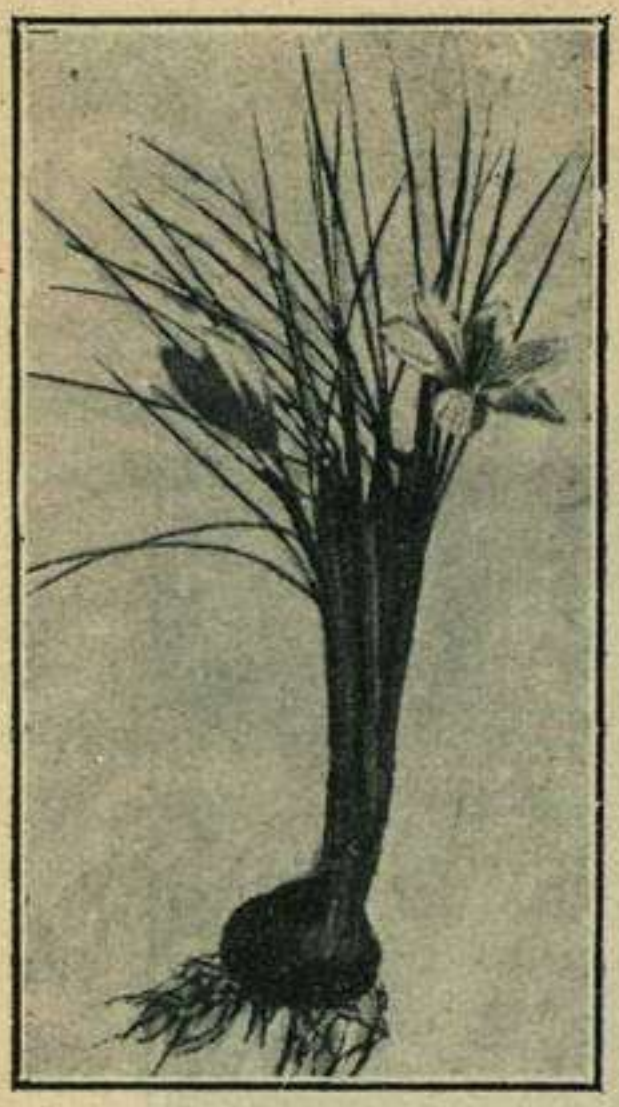


Fig. 1.356.—Planta completa de *Crócus satívus* o azafrán. (Fotografía O. Cendrero).

b) Reductifloras

Orden Glumifloras.

Familia Ciperáceas.—Especies indígenas: *(Scírpus holoschœnus)* llamado vulgarmente, aunque con impropiedad, junco, y las del género *Carex (figura 936)*. Especies exóticas: la chufa, juncia avellanada o cotufa *(Cypérus esculéntus)*, de rizomas en forma de tubérculos y comestibles, que se cultiva en e mediodía y levante de la Península; la planta que servía para fabricar el *papiro* a los antiguos egipcios *(C. Papyrus)*; etc.

Familia Gramináceas.—Plantas herbáceas anuales (trigo), bienales (caña de azúcar) o perennes rizocárpicas (grama), con los *tallos* huecos (caña común) o macizos (caña de azúcar), de cada uno de cuyos nudos nace una hoja envainadora con *vaina abierta*- es decir, sin soldarse los bordes, y con *lígula (figs. 946 y 947)*. *Flores desnudas* ☿ *(fig. 1.357)*; rara vez *unisexuales monoicas* (maíz) *(figura 1.206)*, con 3 *E* y anteras en forma de X; *un carpelo* con un óvulo; *estigmas plumosos; fruto en cariópside. Inflorescencia* frecuentemente en *espiga* de *espigas:* cada espiguilla *(fig. 1.358)* está constituída por dos brácteas exteriores o *glumas*, que envuelven como en un estuche al resto de la espiguilla, el cual está constituído por otras dos brácteas interiores o *glumillas*, en cuya axila se encuentran las ramitas donde se hallan las flores, que están envueltas por otras glumas más pequeñas llamadas *gluméluIas*, las cuales pueden faltar: algunas de estas glumas están aquilladas y en varias especies se terminan por una prolongación larga y rígida que constituye las llamadas vulgarmente espinas o barbas.

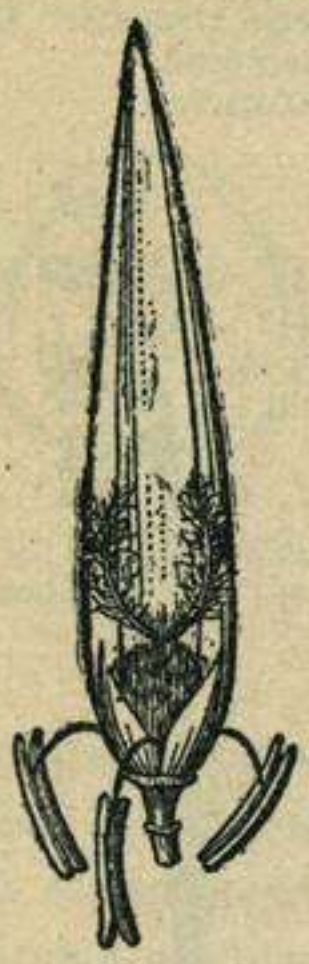


Fig. 1.357.—Flor de avena.

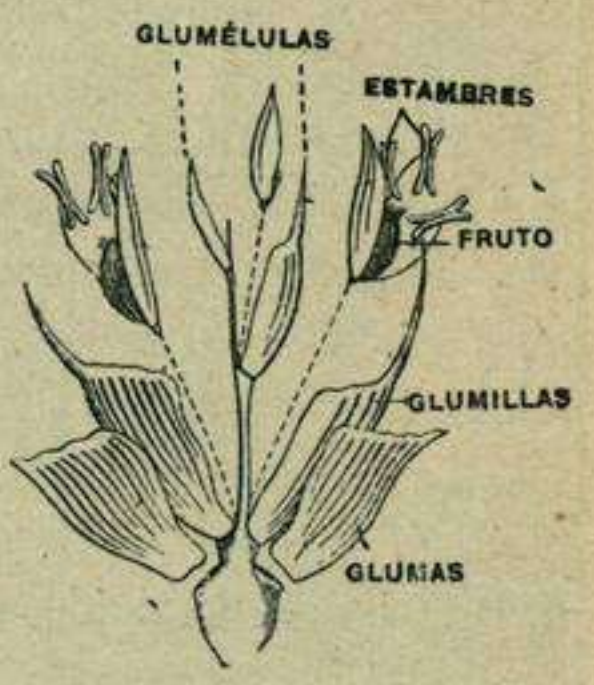


Fig. 1.358.—Esquema de una espiguilla.

Comprende numerosas especies (más de 3.200), de las que merecen especial mención los *cereales*, entre los que se encuentran el trigo *(Tríticum vulgáre) (figs. 1.359 y 1.360)*, con numerosas variedades; el centeno *(Secále cereále);* la avena *(Avéna satíva);* la cebada *(Hórdeum vulgáre);* el arroz *(Oryza satíva) (figura 1.361);* el maíz *(Zéa Máys) (fig. 1.206)*, oriundo de América. Otras muchas graminácea utiliza el hombre con diversos fines, como la caña de azúcar *(Sáccha-*

Instituto San Isidro de Madrid 2008



Fig. 1.359. Fig. 1.360. Dos variedades de trigo.





Fig. 1.361.—Arroz.



Fig. 1.362.—Dos pies de *Sáccharum officinárum* o caña de azúcar.

rum officinárum) (figura 1.362); el esparto *(Macróchloa* o *Stipa tenacíssima)*, que es planta esteparia; la caña común *(Arúndo Dónax)*; el carrizo *(Phragmítes commúnis)* y el bambú *(Bambúsa Arundinácea) (fig. 1.363).*

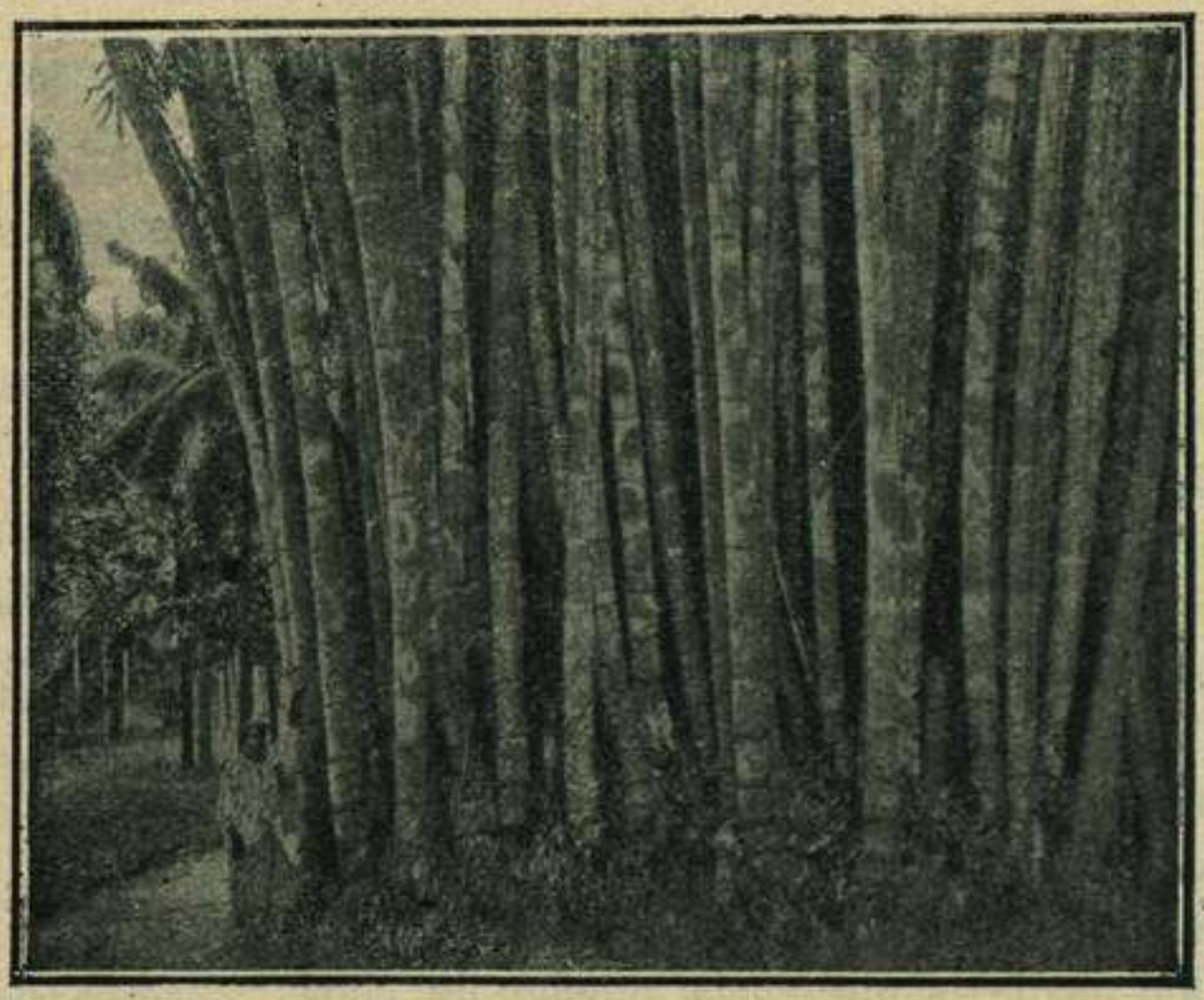


Fig. 1.363.—Un grupo de bambúes gigantescos *(Bambúsa Arundinácea)* en la costa del Indostán.

Orden Espadicíforas.

FAMILIA ARÁCEAS.—Las especies principales son: el aro, jaro, yaro, hoja de culebrón o tragontina *(Árum maculátum) (figura 982)*, y la cala o manto de la Virgen *(Cálla ætiópica)*.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Familia Palmáceas.—El aspecto de estas plantas puede referirse a los tres tipos siguientes: 1.º *Palmeras*, que son árboles esbeltos con los troncos generalmente sin ramificar y de gran altura, terminados por un penacho de hojas. 2.º *Palmeras enanas*, de análogo aspecto que las anteriores, pero con el tronco corto. 3.º *Lianas*, de tallo delgado y flexible, que alcanza hasta 600 metros de longitud *(Cálamus)*. Hojas persistentes con el limbo desgarrado en segmentos pinados *(Phœnix)* o palmeados *(Chamœrops)*. Flores pequeñas agrupadas en inflorescencias muy complicadas envueltas por una espata. Dichas flores son generalmente *unisexuales*, monoicas o dioicas, con F ♂ = 3 S + 3 P + 6 E; F ♀ = (3 C°). *Fruto* drupa (dátil y coco) o baya.



Fig. 1.364.—*Cócos nucífera* o cocotero. (Fotografía co municada por el profesor J. Alonso, S. J.)

Las especies principales son: el palmito, palma enana o margallo *(Chamœrops húmilis)*, especie indígena en el E. y S. de España; la palmera, palma común o palma datilera *(Phœnix dactilífera)*, originaria de África y que se halla cultivada en el S. y E. de España *(fig. 1.100)*. y el cocotero *(Cocos nucífera) (fig. 1.364)*, especie indígena de África y América.

c) Cigomorfifloras

Orden Ginandrias.

Familia Orquidáceas.—Son plantas terrestres o epifitas: las primeras poseen raíces gruesas que se fusionan originando una especie de tubérculo *(fig. 912)*, en forma de bulbo o digitado, cargado de sustancias nutritivas, que sirven para alimentar a la planta que se origina a sus expensas al año siguiente. Las flores son hermafroditas e irregulares *(fig. 1.365)*: tienen *tres sépalos* coloreados y ordinariamente iguales; *tres pétalos*, de los cuales los dos laterales son frecuentemente de la forma y color de los sépalos; pero el pétalo medio se diferencia mucho de ellos, recibiendo el nombre de *labelo*; este pétalo tiene dibujos y vivas coloraciones, que se-

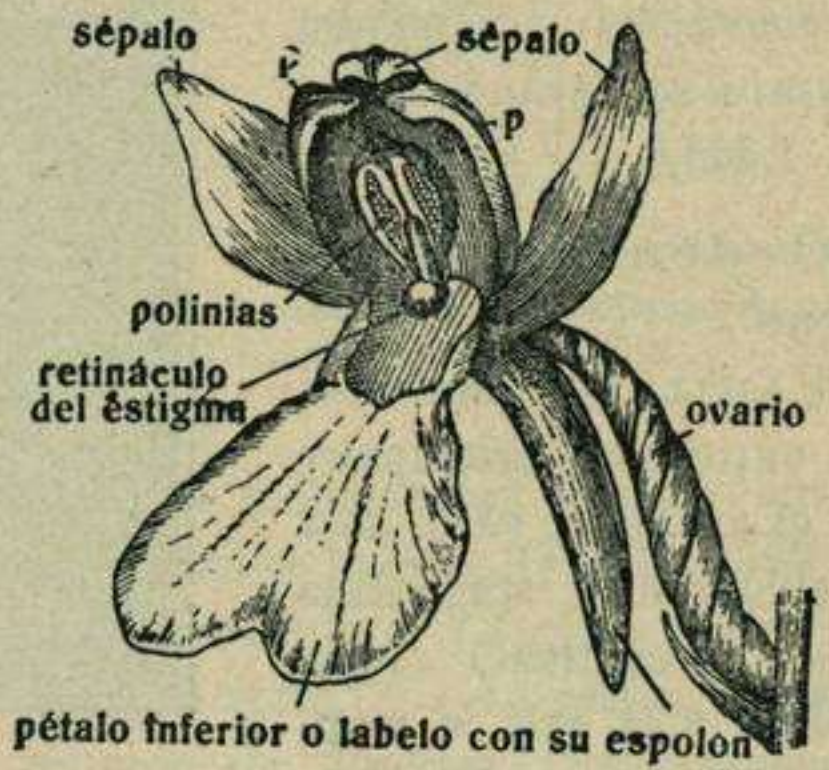


Fig. 1.365.—Flor de una Orquídea; p, pétalos superiores.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

mejan la de los insectos que las visitan e intervienen como factores esenciales en la polinización, ya que la fecundación no podría verificarse sin su concurso, por hallarse los granos de polen encerrados en saquitos denominados *polinias (figura 1.087)*, que adhiriéndose al insecto son así transportados a otra flor:



Fig. 1.366.
Ophyrs Arachnites.



Fig. 1.367.
O. muscífera.



Fig. 1.368.—Rama de vainilla con flor y frutos.

3 E, de los que sólo es fértil uno, y los otros dos estaminodios; dichos estambres están soldados entre sí y con el estilo: (3 C^{a}), formando un ovario unilocular. Fruto caja.

Principales especies indígenas: la flor de la abeja *(Óphrys apífera); Óphrys Arachnites (fig. 1.366); O. muscífera (fig. 1.367);* etc. Especies exóticas: la vainilla *(Vainílla planifólia* y V. *aromática) (fig. 1.368).*

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

CUESTIONARIO OFICIAL
DE BIOLOGÍA

En él van encerrados entre paréntesis y escritos con letra corriente los puntos del primer Cuestionario oficial que han sido suprimidos en el segundo Cuestionario, Cuestionario modificado o Cuestionario vigente, el cual queda, por lo tanto, reducido a la parte que en las líneas que siguen van impresas en *letra bastardilla*.

BIOLOGÍA

Ciencias Biológicas.—Ciencias auxiliares de la Biología, pág. 7.

Nociones elementales de Química biológica, pág. 10.

Composición química de la materia viva, pág. 10.—Elementos biogenésicos, pág. 11.—Principios inmediatos, pág. 13.

Citología, pág. 35.

Estructura y caracteres físico-químicos de la célula, págs. 35 y 42.

Fisiología celular, pág. 52.

Asociaciones celulares pág. 64.

Relaciones anatómicas y funcionales entre las células de un mismo organismo, pág. 66.

Diferenciación celular y división del trabajo fisiológico, pág. 68.

Tejidos, pág. 70.

(Origen de los individuos, pág. 71.)

La multiplicación asexual, pág. 71.

La reproducción sexual.—Formación de los gametos, pág. 75.—Reducción cromática, pág. 75.)

(La fecundación, pág. 79.)

Partenogénesis, pág. 80.

(Caracteres sexuales primarios y secundarios.—Dimorfismo sexual y polimorfismo, pág. 85.)

(Hermafroditismo, pág. 88)

Duración y término de la vida pág. 91

(Problemas de la herencia, pág. 96).

Preformación y epigénesis pág. 96.

Mendelismo, pág. 97.

(La determinación del sexo y el problema de la sexualidad, pág. 111.)

(Ideas actuales acerca del problema de los caracteres adquiridos, pág. 115.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

(Teoría de la evolución, pág. 119.)
Creacionismo y evolucionismo, págs. 120 y 121.
Principales teorías evolucionistas, 133.
Neolamarkismo y neodarwinismo, pág. 135.
Teorías de la mutación (trabajos de Vries y Morgan), pág. 136.
Taxonomía biológica, pág. 141.
Importancia y subordinación de los caracteres, pág. 141.
Nomenclatura biológica, pág. 147.

ZOOLOGÍA
Zoología general, pág. 153.
Citología e histología animal, pág. 153.
Organografía general y anatomía de los animales, pág. 168.
Fisiología animal, pág. 181.
Funciones de nutrición, pág. 181.
Funciones de relación.—Tropismos y tactismos.—Reflejos.—Sensibilidad, página 183.
Funciones de reproducción en los animales, pág. 185.
(Embriología animal, pág. 189.)
Diversos tipos de huevos y su segmentación, pág. 189.
Primeros estados embrionarios, pág. 190.
Desarrollo directo e indirecto.—Metamorfosis, pág. 193.)
Ecología animal, pág. 195.
El animal en sus relaciones con las circunstancias físico-químicas y biológicas del medio, pág. 195.
Parasitismo:—Comensalismo.—Simbiosis, pág. 200.
El movimiento y la sensibilidad en los animales, pág. 211.
El olor y el olfato en los animales, pág. 212.
La emisión de sonidos y el oído en los animales, pág. 214.
Medios de defensa de los animales, pág. 217.
Ecología de la reproducción.—El viviparismo en la escala animal.—El instinto maternal: sus manifestaciones.—Puesta: cuidados y nutrición de la prole, etc., pág. 229.
Asociaciones de animales de la misma especie, pág. 236.
Distribución geográfica de los animales: circunstancias que la regulan, pág. 245.
Las emigraciones, pág. 246.
La vida animal en el mar, pág. 249.
La vida animal en las aguas dulces, pág. 256.
Los animales de vida terrestre, pág. 259.
Fauna cavernícola, pág. 265.
(Origen de los animales terrestres, pág. 268.)
División de la Tierra en regiones zoogeográficas e indicación de algunos males característicos de éstas, pág. 270.
Características de la fauna ibérica, pág. 277.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Zoología especial, pág. 282.
Clasificación de los animales, pág. 282.
Nociones de los protozoos y, en especial, de las especies productoras de enfermedades, pág. 284.
(Caracteres generales y división de los metazoos, pág. 303.)
Estudio de las esponjas, pág. 304 (celentéreos, pág. 308 y equinodermos, página 315.)
Los gusanos: indicación de las formas parásitas, pág. 322.
Los artrópodos: indicación de las especies productoras o transmisoras de enfermedades, y de las perjudiciales y beneficiosas a la agricultura, pág. 335.
Los moluscos, pág. 368.
Estudio de los cordados, pág. 375.
Razas humanas —Estudio de los troncos étnicos, pág. 444.

BOTÁNICA

Botánica general, pág. 449.— Citología e histología vegetal, págs. 451 y 462.
Organografía y anatomía vegetal, pág. 470.
Fisiología vegetal, pág. 498.
Nutrición de las plantas, pág. 498.
Respiración de las plantas, pág. 517.
Crecimiento de los vegetales, pág. 519.
El movimiento y sensibilidad en los vegetales, pág. 521.
La reproducción en los vegetales, pág. 527.
Ecología vegetal, pág. 534.
La planta en sus relaciones con las circunstancias físico-químicas y biológicas del medio, pág. 534.
Simbiosis y parasitismo, pág. 542.
Ecología de la reproducción de las plantas, pág. 551.
Distribución geográfica de los vegetales, pág. 558.
Formaciones y asociaciones vegetales, pág. 558.
División de la Tierra en regiones fitogeográficas e indicación de las plantas características de éstas, pág. 562.
Características de la flora ibérica, pág. 576.
Botánica especial.—Clasificación de las plantas, pág. 581.
Estudio de las algas, pág. 588.
Estudio de los hongos, con especial mención de las especies parásitas, pág. 595.
Idea acerca de la constitución de los líquenes, pág. 599.
(Estudio de las muscíneas, pág. 600.)
(Estudio de las pteridofitas, pág. 603.)
Fanerógamas.—Estudio de la flor y de la reproducción, pág. 612.
(Gimnospermas, pág. 644.)
(Angiospermas, pág. 645.)

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

OBRAS DIDÁCTICAS
DEL DR. O. CENDRERO

Elementos de Anatomía y Fisiología, octava edición, con 256 figuras intercaladas en el texto, precio . . . . . 12 ptas.

Elementos de Higiene, octava edición, con 126 figuras en el texto, precio . . . . . 6 »

Nociones de Anatomía, Fisiología e Higiene, sexta edición con 260 figuras: obra propia para los alumnos de Escuelas Normales, Seminarios, etc., precio . . . . . 8 »

Geología, quinta edición, con 459 figuras intercaladas en el texto, precio. . . . . 8 »

Botánica, quinta edición, con 618 figuras intercaladas en el texto, precio. . . . . 8 »

Zoología, quinta edición, con más de 800 figuras intercaladas en el texto, precio. . . . . 9 »

Estas tres últimas obras constituyen un completo *Curso elemental de Historia Natural*, ilustrado con más de 1.900 figuras.

Nociones de Historia Natural, quinta edición, con unas 1.160 figuras intercaladas en el texto, obra propia para las Escuelas Normales, Seminarios, etc . . . . . 12 »

Lecciones de Anatomía, Fisiología e Higiene, acomodadas al Cuestionario oficial; 2.ª edición; 254 figuras, precio 16 »

Lecciones de Historia Natural, acomodadas al Cuestionario oficial; segunda edición; 501 figuras, precio. . . . 14 »

Biología (con la colaboración del Doctor E. Rioja, Catedrático de Historia Natural de la Escuela de Estudios Superiores del Magisterio); 454 páginas; 687 figuras; precio. 30 »

Elementos de Biología general y especial (con la colaboración del Dr. E. Rioja). Libro más extenso que el anterior y que por contener también la Botánica y la Zoolo-

Instituto San Isidro de Madrid 2008

gía descriptivas, interesa a todos los que tengan que estudiar la Biología completa; 665 páginas; 1.368 figuras; precio.. . 32 ptas.

Elementos de Geología (con la colaboración del Profesor Dr. Fernández Navarro, autor del Cuestionario oficial de dicha asignatura); 624 páginas; 487 figuras; precio .. . . . 32 »

Prácticas de Mineralogía y Geología (con la colaboración del Profesor J. Royo Gómez, encargado de los cursos prácticos de Mineralogía y Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales), 298 páginas; 418 figuras; 60 sólidos cristalográficos desarrollados; precio .. . . . 15 »

Clave mineralógica (con la colaboración del Dr. J. Royo); 80 páginas; 20 figuras; 12 sólidos desarrollados; precio. . . 3 »

Prácticas elementales de Biología (con la colaboración del Profesor Dr. E. Rioja); 182 páginas; 236 figuras; precio. 12 »

Prácticas elementales de Anatomía y Fisiología (con la colaboración del Profesor Dr. E. Rioja); 128 figuras; precio. . . . . 8 »

Estos precios no pueden ser aumentados en ninguna librería, y el comprador debe reclamar contra todo aumento.

De venta en las principales librerías de España y de América.

EN PREPARACIÓN

Rudimentos de Anatomía, Fisiología e Higiene, para uso de los alumnos de las Escuelas Primarias.

Rudimentos de Historia Natural, para íd., íd.

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

Instituto San Isidro de Madrid. 2008

Instituto San Isidro de Madrid 2008

RIOJA
Y
CENDRERO

ELEMENTOS DE BIOLOGÍA GENERAL Y ESPECIAL

Instituto San Isidro de