

E. CAUSTIER

Agregado de las ciencias naturales
Profesor en el Liceo Condorcet

Dupl. del
Nº 24.059

año 1930

Anatomía y Fisiología

(ANIMALES Y VEGETALES)

Sección Infantil
PARA USO

DE LOS ESTUDIANTES DE FILOSOFÍA Y DE MATEMÁTICAS
DE LAS ESCUELAS NORMALES Y PRIMARIAS SUPERIORES
Y DE LOS ASPIRANTES A LOS DIPLOMAS DE CAPACIDAD
Y DE LOS CANDIDATOS A LAS ESCUELAS DE AGRICULTURA Y VETERINARIA

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS



LIBRERÍA DE LA V^{da} DE CH. BOURET

PARIS

23, Rue Visconti, 23

MÉXICO

Sociedad de Edición y de Librería
Franco Americana

29 y 45, Avenida Cinco de Mayo

1930

Propiedad del Editor.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

Quedan asegurados los derechos conforme á la ley.

Anatomía y Fisiología

(ANIMALES Y VEGETALES)

CIENCIAS NATURALES

INTRODUCCIÓN

I. — Fenómenos de la vida comunes á los animales y á los vegetales.

Los seres vivos y los cuerpos brutos. — La simple observación de los cuerpos que vemos en la naturaleza nos permite agruparlos en dos categorías : los *cuerpos brutos*, piedras y minerales, y los *seres vivos*, animales ó vegetales. Los primeros conservan siempre sus formas, á no ser que intervenga una fuerza exterior; los seres vivos, por el contrario, cambian constantemente : *nacen, crecen y mueren*.

Para poner de manifiesto lo que ocurre en los seres vivos, no hay más que colocar un animal ó una planta en uno de los platillos de una balanza y en el otro el peso necesario para el equilibrio. Al poco rato se ve que se levanta el patillo que sostiene al animal : luego éste ha perdido cierto peso. Una parte de la substancia del ser vivo ha desaparecido, y para compensar esa pérdida de la materia, el animal necesita tomar en el medio exterior alimentos para incorporárselos. Luego entre el ser vivo y el medio en que vive se establecen dos movimientos contrarios, tan esenciales uno como otro para la vida : por uno de esos movimientos, el animal se incorpora los alimentos que toma; esa es la *asimilación*; por el otro, expelle al medio exterior las substancias inútiles ó nocivas; esa es la *desasimilación*.

Si la asimilación es mayor que la desasimilación, el ser vivo crece; tal es el caso de la *juventud*; si los dos términos son

iguales, el ser vivo permanece estacionario; tal es el estado *adulto*; en fin, si predomina la desasimilación, el ser vivo decrece, su actividad disminuye y finalmente se paraliza, tal es el estado de la *vejez*, seguido de la *muerte*.

En una palabra, en los seres vivos se verifican cambios continuos con el medio en que viven.

La materia viva. El protoplasma. — Todo ser vivo está formado esencialmente de una materia llamada *protoplasma*. « El protoplasma, ha dicho Huxley, es la base física de la vida » Podemos enterarnos de la naturaleza y de las propiedades del protoplasma observando la clara de huevo ó albúmina : es una materia compuesta esencialmente de carbono, de oxígeno, de hidrógeno y de nitrógeno, á los cuales se unen elementos accesorios, tales como el azufre, el fósforo, el arsénico, etc.

Se ha podido hacer el *análisis* del protoplasma, es decir determinar los elementos que le componen; pero, en el actual estado de la ciencia, es imposible hacer su *síntesis*, es decir combinar esos elementos para reproducir el protoplasma. Eso consiste en que el protoplasma no es solamente una materia química, sino en que tiene una estructura, tiene vida. La prueba es que si queremos conocer su composición química, empezamos por matarlo. Luego hay alguna cosa que escapa á todo análisis, por delicado y penetrante que sea, y esa cosa es la que caracteriza la *vida*. La ciencia no puede definir la vida; pero sí puede estudiar sus manifestaciones, es decir los fenómenos peculiares á los seres vivos.

Animales y vegetales. — La *Biología* es la ciencia de los seres vivos; cuando estudia los animales, se llama *Zoología*, y si estudia los vegetales, *Botánica*. Es difícil señalar una separación exacta entre los animales y los vegetales, porque tienen muchos caracteres comunes; pero también poseen caracteres distintos.

1º CARACTERES COMUNES. — El protoplasma, que es la materia fundamental de los seres vivos, posee idénticas propiedades en los animales y los vegetales. Observemos un animal que tenga una organización muy sencilla, compuesto de una pequeña masa de protoplasma, un *Amibio* por ejemplo (fig. 1); estudiemos, por otra parte, un vegetal muy sencillo, un *Hongo* tal como el que se

encuentra en las tanerías en la superficie del polvo de casca, entonces veremos no sólo un aspecto semejante, sino idénticas propiedades : en estos dos seres, el protoplasma está dotado de *movimiento* y de *sensibilidad*, y es capaz, además, de alimentarse incorporando en su masa los cuerpos extraños, tales como un grano de arena ó una migaja de pan que pueda encontrar.

Este hecho nos prueba que si es fácil distinguir un animal superior de un vegetal superior, una Ave de una Encina; es difícil, por el contrario, fijar una separación entre los animales y los vegetales de organización inferior, por causa de los muchos caracteres comunes á ambos.

2º CARACTERES DISTINTOS. — La diferencia esencial entre el animal y el vegetal es el modo de *nutrición*.

Las plantas, mediante sus raíces y sus hojas que contienen una materia verde, la *clorofila*, toman del suelo y del aire los elementos con que pueden fabricar directamente su materia viva.

Los animales, por el contrario, no tienen clorofila y están sujetos á tomar sus alimentos ya formados en el medio exterior.

Estas diferencias en el modo de nutrición traen consigo otras.

Las plantas que encuentran donde están, en el aire y en el suelo, su alimento, carecen de *movimientos* y de *sensibilidad*.

Los animales, por el contrario, deben ir á buscar su alimento : por eso se *mueven* y son *sensibles*.

Sin embargo, estos caracteres no son absolutos : en efecto, ciertas plantas no tienen clorofila : ejemplo, los *Hongos* y muchas *plantas parásitas*; en cambio, ciertos animales tienen clorofila : ejemplo, la *Hidra verde*, el Eugleno, etc.

Finalmente, algunas plantas, tales como la *Sensitiva* y las *carnívoras*, están dotadas de movimiento y sensibilidad : las hojas de la *Sensitiva* se repliegan al menor tocamiento, al más ligero soplo (fig. 2). Y aun se puede, lo mismo que en los animales, suprimir este movimiento y esta sensibilidad, es decir *anestesiar* esas plantas, poniendo junto á ellas una esponja empapada en cloroformo (fig. 3).

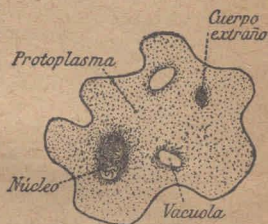


Fig. 1. — Un Amibio.

El mejor carácter distintivo que hasta ahora se haya dado entre los animales y los vegetales, es que éstos últimos poseen una subs-



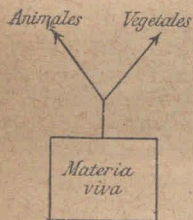
Fig. 2. — Rama de Sensitiva.



Fig. 3. — Sensitiva anestesiada.

tancia llamada *celulosa*, materia que constituye el papel, la tela de lino ó de cáñamo, cuya composición química corresponde á la fórmula $C^6H^{10}O^5$.

En una palabra, es difícil decir : aquí acaba el *reino vegetal*; allí comienza el *reino animal*. No hay reino vegetal ni reino animal distintamente separados; hay, más bien, un *reino organizado*, que comprende dos series divergentes que tienen numerosas propiedades comunes, en la base; pero cuyas diferencias, insignificantes, al principio, se van acentuando á medida que los seres se complican.



II. — Elementos constitutivos de los seres vivos.

El ser vivo es una aglomeración de elementos anatómicos o celdas. — Desde la más remota antigüedad se sabe que el cuerpo del hombre es una máquina compleja, formada de gran número de partes distintas llamadas *órganos*. Estos órganos, tales como el estómago, el corazón, el hígado, pueden ser observados y

estudiados con instrumentos groseros, cuchillos y tijeras por ejemplo. Este fué el único procedimiento que emplearon los médicos y los artistas de la época del Renacimiento para diseccionar el cuerpo humano. Por eso es curioso ver que en aquella época siempre iba asociado al nombre de un médico ó de un anatomista el de algún eximio artista : tales como Leonardo de Vinci y Colombo, el Ticiano y Andrés Vesale. Gracias á esta colaboración se tuvieron noticias muy precisas de la forma y situación de los órganos; pero hasta el siglo XVII no se supo nada de su estructura íntima. El descubrimiento del microscopio permitió profundizar más esta estructura y observar detalles que no se podían ver á la simple vista. Entonces se vió que los órganos estaban formados de una aglomeración de cuerpecitos de varias formas, que se juxtaponían como las piedras de un edificio. Á estas pequeñas masas de dimensiones microscópicas se les ha dado el nombre de *células*, porque en los vegetales, donde se estudiaron primero, se presentan en forma de pequeños compartimientos dispuestos unos al lado de otros, tomando en su conjunto el aspecto de un panal de abejas (fig. 4).

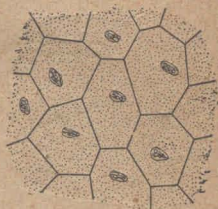


Fig. 4. — Células vegetales.

Los conocimientos adquiridos mediante el microscopio han permitido formular

los dos principios siguientes, que resumen la *teoría celular* :

- 1º Todo ser vivo está formado de una aglomeración de *células*;
- 2º Todo ser vivo proviene de otro igualmente vivo y tiene como punto de partida una sola célula, la *célula original* ú *óvulo*, que se multiplica para dar el organismo entero.

Luego la célula es el fundamento fundamental del ser vivo; y el estudio de la biología podría resumirse en el estudio de la célula. Por consiguiente su descripción es necesaria, viniendo á justificar estas palabras de Claudio Bernard : « La célula es la imagen del organismo, por más elevado que se le quiera escoger »

La célula.

Estructura de la célula. — Es una pequeña masa de materia albuminoidea y de dimensiones microscópicas. Sin embargo,

hay ciertas células que son visibles á la simple vista : por ejemplo, ciertas células de la medula espinal, ó la yema de las Aves, que es una célula voluminosa.

Como, en general, las células sólo tienen algunas milésimas de milímetro de dimensión, se ha tomado como unidad de medida micrográfica el $\frac{1}{1000}$ de milímetro, que se designa con la letra griega μ , á la que se llama *micrón*.

La célula (fig. 5) se compone de tres partes distintas : el *protoplasma*, el *núcleo* y la *membrana*

1º El *protoplasma*, que es la parte esencial de la célula, es una substancia transparente, granulosa, que tiene la composición quí-

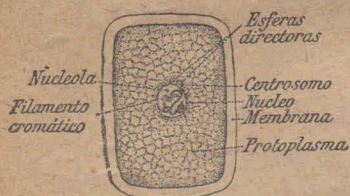


Fig. 5. — Estructura de la célula.

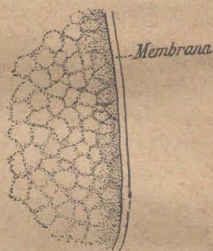


Fig. 6. — Estructura del protoplasma.

mica de la clara de huevo ó *albúmina*. Por consiguiente pertenece al grupo de las *materias albuminoideas*, que se componen esencialmente de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, que van acompañados de elementos accesorios, tales como el azufre, el fósforo, etc. Lo mismo que los albuminoides, el protoplasma se coagula por el calor hacia los 75° ó por los ácidos.

El protoplasma refracta la luz con más fuerza que el agua, de modo que los filamentos más ocultos pueden verse con el microscopio sin artificio de preparación.

Visto con cristal de mucho aumento, el protoplasma (fig. 6) tiene una estructura *reticulada*, es decir que presenta el aspecto de una red delicada de fibrillas, cuyas mallas están llenas de líquido.

El protoplasma es el centro de los cambios nutritivos (digestión,

respiración, secreción, etc.) y de los fenómenos que indican el nacimiento, la evolución y la muerte de los seres organizados. Por eso su composición química es muy variable, no sólo en seres diferentes, sino en el mismo animal. En una palabra, el protoplasma se *nutre, crece y muere*.

El protoplasma está dotado de *movimiento*, como se puede ver siguiendo con el microscopio una de sus granulaciones. Así se la ve cambiar de lugar regularmente como arrastrada por una corriente. Este movimiento puede localizarse en el interior de una célula, pero también puede transmitirse, como sucede en los animales, de una célula á otra, y producir por consiguiente movimientos de conjunto.

2º El NÚCLEO (fig. 7), situado en medio del protoplasma, tiene

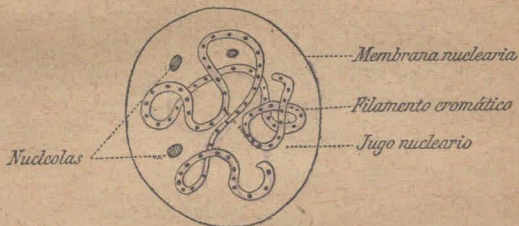


Fig. 7. — El núcleo.

forma redonda y aspecto brillante á causa de su gran refringencia. Tiene la propiedad de colorearse de manera intensa bajo la influencia de ciertos reactivos colorantes, tales como la fucsina, el verde de metilo, la hematoxilina, etc. Su substancia, la *nucleína*, tiene la misma composición que el protoplasma, pero es más rica en fósforo. Está formado de una delgada *membrana nuclearia* (fig. 7) que contiene un líquido, el *jugo nucleario*, en el que flota un filamento apelotonado, que tiene la propiedad de fijar enérgicamente las materias colorantes y que por esta razón se le llama *filamento cromático*. Visto con cristal de mucho aumento, este filamento presenta granulaciones ó granos de *cromatina* (fig. 8). Estos granos se coloran fuertemente en la coloración del núcleo. En las mallas de este filamento se encuentran con frecuencia gruesas granulaciones llamadas *nucleolas* (fig. 7).

En fin, pegadas al núcleo, pero en el protoplasma, existen dos pequeñas esferas, llamadas *esferas directrices*, que cada una contiene en su centro un corpúsculo, el *centrosomo* (fig. 5).

Ciertos animales inferiores, las *Moneras*, no tienen núcleo; pero es muy probable que si no se ha podido observar este núcleo, eso depende de la impotencia de los reactivos, ó bien de la insuficiencia de los instrumentos de óptica. En todos los demás casos la célula posee un núcleo.



Fig. 8. — Filamento cromático muy aumentado.

3º La MEMBRANA, situada al rededor del protoplasma del que proviene por diferenciación, posee también naturaleza albuminoidea y no tiene más oficio que proteger el protoplasma. Á veces suele faltar, ya en ciertos animales inferiores como los Amibios, ya en ciertas células animales como en las nerviosas, por ejemplo.

Evolución de la célula. — La célula nace, se desarrolla y muere como el ser viviente entero. Cuando es *joven*, su protoplasma llena toda la cavidad celular (fig. 9, A y B); y en seguida,

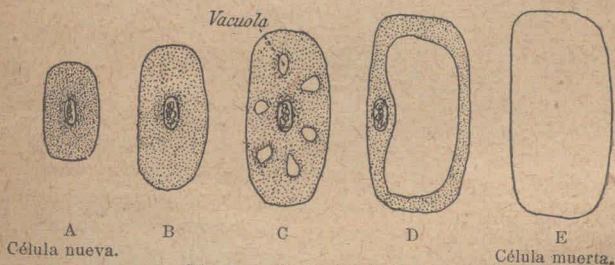


Fig. 9. — Evolución de la célula.

nutriéndose la célula, es decir tomando materia en el medio exterior, va creciendo y el protoplasma se vuelve más claro; con frecuencia aparecen cavidades ó *vacuolas* (fig. 9, C) cuyo número va aumentando hasta confundirse luego en una sola vacuola grande que empujará el núcleo y el resto del protoplasma hacia la periferia, contra las paredes celulares (fig. 9, D); finalmente, el protoplasma y el núcleo desaparecen y la célula queda reducida

á su membrana : *la célula muere* (fig. 9, E), porque no se la verá ya nutrirse ni desarrollarse.

Luego el crecimiento de la célula, así como el del ser vivo entero, se paraliza en un momento dado. La razón de esta paralización la podemos encontrar en la relación que existe entre el gasto de la célula y su reparación. Concíbese, en efecto, que, por causa del aumento de *volumen* de la célula, sea insuficiente la reparación que se efectúa por la *superficie*. Si, por ejemplo, el volumen de la célula se ha hecho 8 veces más grande, su superficie, por la cual se nutre, no es más que 4 veces más grande; pues ya sabemos que la masa de un sólido crece como los cubos, mientras que la superficie crece como los cuadrados.

Mientras se efectúa la evolución de la célula, en el momento en que se halla en plena actividad, puede ocurrir un hecho importante : la célula puede *reproducirse, multiplicarse*.

Reproducción ó multiplicación de la célula. — En el momento en que se va á verificar la multiplicación, se ve á las dos esferas directrices S y S' alejarse una de la otra y dirigirse hacia los dos polos opuestos de la célula (fig. 10, A), después aparecen estrías radiales al rededor de cada esfera, formando así una especie de estrella (fig. 10, B).

Durante ese tiempo, en el núcleo se verifican fenómenos importantes : la membrana nuclear desaparece; el filamento cromático se divide en cierto número de trozos llamados *segmentos cromáticos*. El número de segmentos cromáticos es constante en un animal dado, es de 6 en el caso de la figura 10, B.

En el protoplasma aparecen entonces filamentos que van del polo S al polo S' y cuyo número es igual al de los segmentos cromáticos. La figura toma la forma de un huso; y los segmentos cromáticos van á colocarse siguiendo un plano perpendicular al eje del huso y en su centro, formando lo que se llama la *placa ecuatorial* (fig. 10, C)

Cada segmento cromático encorvado en forma de V se apoya sobre el filamento correspondiente y se abre, no al través, sino á lo largo, haciendo así dos partes rigurosamente iguales de sustancia nuclear (fig. 10, D). El número de segmentos se ha duplicado : teníamos 6 y ahora tenemos 12. En seguida, 6 se van

á dirigir hacia S y 6 hacia S', mientras que cada una de las esferas directrices se dividen en dos (fig. 10, D y E). Después los 6 segmentos, de ambos lados, se juntan á los dos polos de la célula, se unen por sus extremos y forman un filamento cromático continuo que se apelotona, y en su derredor aparece una nueva

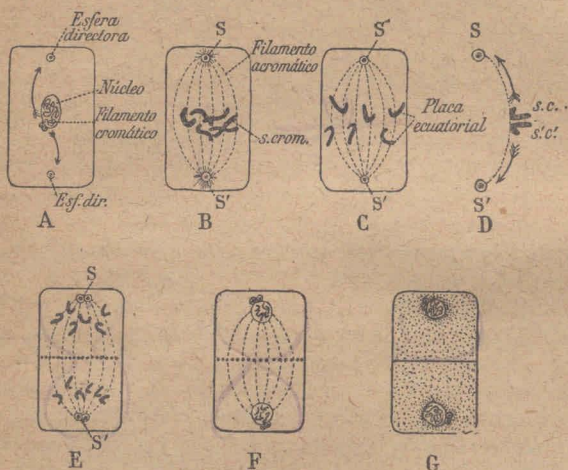


Fig. 10. — Reproducción de la célula.

membrana nuclearia : por consiguiente tenemos dos núcleos en vez de uno (fig. 10, F y G).

El protoplasma envuelve otra vez cada uno de estos núcleos nuevos; algunas granulaciones se agrupan hacia el centro de la célula y forman una pared que termina la separación en *dos células-hijas*, enteramente semejantes á la *célula-madre*.

Esta multiplicación que se verifica del mismo modo en los animales y en los vegetales, es uno de los caracteres más importantes comunes á todos los seres vivos.

Herencia. — Lo dicho nos prueba que toda célula de un animal proviene de otra anterior. Luego se debe buscar el origen de cada filamento cromático y de cada protoplasma celular en la *célula primitiva*, es decir en el *huevo*, el cual á su vez es una

célula desprendida de sus padres. Por consiguiente se puede decir que la substancia celular *no nace*, sino que se *continúa*. De suerte que, derivándose las células de un animal del huevo y éste de los padres, deben poseer las cualidades y defectos de los padres. A esta transmisión de los caracteres ancestrales se le llama *herencia*.

Generación espontánea. Los experimentos de Pasteur. --

Acabamos de demostrar que toda célula proviene de otra, y por consiguiente todo ser vivo de otro semejante. Luego no puede haber *generación espontánea*; es decir que los seres vivos no pueden desarrollarse á expensas de la materia bruta. El punto de donde parte un ser vivo es siempre una célula que proviene de un ser semejante.

Han sido necesarios los sencillos y admirables experimentos de Pasteur para establecer que la generación espontánea es imposible. Los autores antiguos habían conservado cantidad de fábulas relativas al nacimiento de seres vivos. Hasta se llegaba á pretender que los piojos nacen de la carne, los gusanos de las carnes corrompidas, las pulgas de la fermentación de las basuras, etc. Virgilio cuenta que las abejas nacen del cadáver de un buey. « Los olores, dice Van Helmont, que suben del fondo de los pantanos producen Ranas, Babosas, Sanguijuelas, hierbas. Si se mete una camisa sucia en el orificio de un vaso que contenga granos de trigo, el fermento desprendido de la camisa sucia, modificado por el olor del grano, ocasiona la transmutación del trigo en Ratón después de unos veintiún días. »

El método experimental vino á poner en claro estos hechos. Rodi es el que en 1638 asestó el primer golpe á la teoría de la generación espontánea, probando que si se forman gusanos en la carne en putrefacción, es porque las Moscas ponen ahí sus huevos. En efecto, los gusanos de la carne no son otra cosa que larvas de Moscas; de modo que para que no aparezcan esos supuestos gusanos, basta con impedir que las moscas se acerquen á la carne.

Pasteur es quien, mediante una serie de experimentos, cuyos resultados principales vamos á resumir, ha demostrado de una manera decisiva que siempre que aparecen seres vivos en una

materia orgánica ó mineral, es porque en ella se han depositado gérmenes provenientes de otros seres semejantes.

En un primer experimento ha demostrado Pasteur que se pueden conservar indefinidamente, sin que se alteren, líquidos orgánicos, tales como leche, sangre, caldo, con tal de que se les ponga al abrigo del aire. Para eso se introduce el líquido en una



Fig. 11. — Redoma Pasteur para conservar los líquidos libres de aire.

redoma y luego se le somete á una temperatura de 120° durante 10 minutos á fin de matar los seres vivos que pueda contener. De ese modo se *esteriliza* la redoma y su contenido y luego se cierra el gollete á la lámpara (fig. 14), y jamás se desarrolla ningún organismo; pero tan pronto como se abre la redoma rompiendo la punta del gollete, entra el aire exterior con los gérmenes que contiene, y éstos empiezan á pulular con una intensidad extraordinaria. Luego el líquido era estéril en tanto que no habían podido penetrar en

él los gérmenes. Otro experimento de parecida sencillez demuestra que se puede conservar los líquidos estériles al contacto del aire, con tal que éste esté privado de gérmenes. En

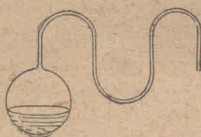


Fig. 12. — Redomas para conservar los líquidos al contacto del aire privado de gérmenes.

una redoma que contenga un líquido estéril se hace penetrar aire filtrado á través de un tapón de algodón ó de amianto que detiene los gérmenes, y el líquido permanece indefinidamente estéril (fig. 12). Pero si se deja caer una partícula de algodón cargada de gérmenes en el líquido, al momento aparecen multitud de seres vivos.

Miles de experimentos que se repiten cada día han dado resul-

tados idénticos á los que acabamos de describir, y prueban que los líquidos orgánicos, hasta los más alterables, no se alteran ni producen seres vivos, si no ha penetrado en ellos ningún germen. Al contrario, tan pronto como se introducen gérmenes, empieza á pulular la vida. Luego los seres vivos provienen siempre de otros seres que han existido antes. Luego podemos concluir que, *en las condiciones experimentales conocidas actualmente, no hay generación espontánea.*

RESUMEN

I. — Fenómenos de la vida comunes á los animales y á los vegetales.

Los seres vivos. — Los seres vivos nacen, crecen y mueren, y operan cambios con el medio exterior.

Todo ser vivo está esencialmente formado de una substancia particular, el *protoplasma*.

Animales y vegetales. — Entre los seres vivos se distinguen los animales y los vegetales. Ambos tienen caracteres comunes y caracteres distintos.

1° *Caracteres comunes* : El protoplasma que los forma tiene iguales propiedades generales (composición química, movimiento, sensibilidad).

2° *Caracteres distintos* : No hay separación absoluta entre los animales y los vegetales. Sin embargo, se pueden resumir sus caracteres generales de la manera siguiente :

VEGETALES	ANIMALES
Clorofila (excepto los Hongos).	Sin clorofila.
Sin movimiento en masa.	Movimientos.
Sin sensibilidad.	Sensibilidad.
Celulosa.	Sin celulosa.

II. — Elementos constitutivos de los seres vivos.

Todo ser vivo está formado por la aglomeración de un número considerable de elementos anatómicos llamados células.

La célula. — La célula comprende tres partes : *protoplasma, núcleo, membrana.*

- 1° *Protoplasma* : { Materia albuminoidea [C, O, H, N].
Coágulo por el calor ó los ácidos.
Es el centro de los cambios nutritivos [digestión
respiración, etc.].
- 2° *Núcleo* : { Refringente; fija las materias colorantes.
Materia albuminoidea, rica en fósforo.
Formado por la membrana nuclearia, el filamento
cromático y el jugo nucleario.
- 3° *Membrana* : { Parte diferenciada del protoplasma.
No existe generalmente en las células animales.

La célula nace, se desarrolla y muere lo mismo que el ser vivo entero.

La célula se multiplica y produce dos células enteramente semejantes á la de la madre.

Toda célula proviene de otra, y por consiguiente todo ser vivo, de otro también vivo. Luego no puede haber *generación espontánea*; esto es lo que han demostrado los experimentos de Pasteur.

PRIMERA PARTE

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA ANIMALES

CAPÍTULO PRIMERO

TEJIDOS. — ÓRGANOS. — FUNCIONES ANIMALES

Formación de los animales. El embrión. — Dos casos hay aquí que considerar : el de los *Protozoarios* animales formados de una sola célula; y el de los *Metazoarios*, animales formados de gran número de células.

1º En los PROTOZOARIOS, la célula que constituye el animal se

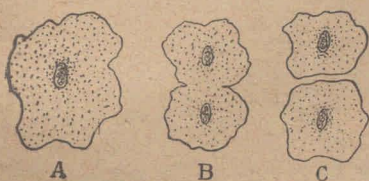


Fig. 13. — Multiplicación de un Amibio.

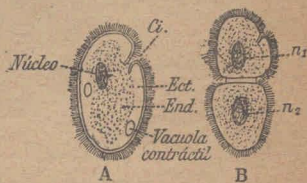


Fig. 14. — Multiplicación de un Infusorio.

segmenta en dos de la manera que hemos descrito antes. Después las dos células-hijas se separan y cada una vive por su cuenta propia. Ejemplo : multiplicación de un Amibio (fig. 13) y de un Infusorio (fig. 14). La vida ha pasado de la célula-madre á las dos células-hijas; luego no hace más que continuarse de generación en generación, y en este concepto la materia viva aparece como inmortal.

2º LOS METAZOARIOS tienen todas sus células que provienen de una sola célula primitiva, el huevo, cuyas diversas partes son : el *vitelo*, que es el protoplasma, la *vesícula germinativa*, que es el núcleo, y la *membrana vitelina*, que es la membrana celular (fig. 15). El

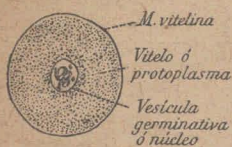


Fig. 15. — El huevo o célula inicial.

huevo se divide, primero, en dos células distintamente separadas por un surco que da la vuelta del huevo (fig. 16, A); después, estas dos células se dividen á su vez del mismo modo, y en seguida se tiene un montón de 4, 8, 16, 32 células aglo-

meradas como los granos de una mora, y por eso se le da el nombre de *morula* (fig. 16, B y C). Mientras tanto las células centrales

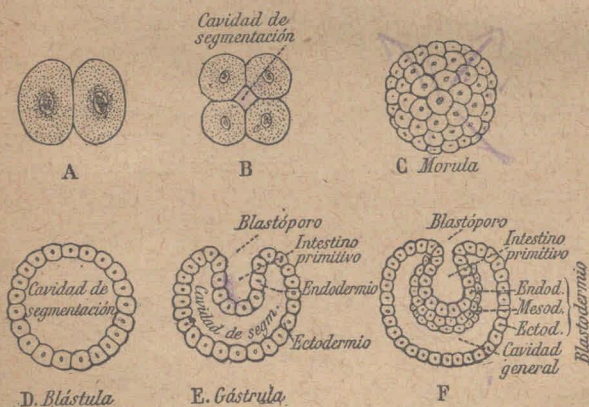


Fig. 16. — Formación del embrión : hojas blastodérmicas.

se separan unas de otras dejando en el centro una cavidad llamada de *segmentación*. La esfera hueca formada de ese modo se llama *blástula* (fig. 16, B y D).

Entonces es cuando se produce en cierto punto de esta blástula una depresión que representa el *intestino primitivo* y comunica con el exterior por un orificio llamado *blastóporo*. Este saco de doble pared ha recibido el nombre de *gástrula* : la pared externa es el *ectodermio* y la interna el *endodermio* (fig. 16, F). En la

cavidad de segmentación aparecen luego nuevas células que constituyen el *mesodermio*. Este puede llenar completamente la cavidad de segmentación y luego abrirse en dos láminas, en dos hojas separadas por un espacio vacío llamado *cavidad general*.

Estas tres membranas (ectodermio, mesodermio, endodermio) que deben formar las diferentes partes del embrión, han recibido el nombre de *hojas embrionarias*, ó *blastodérmicas*, por llamarse su conjunto blastodermio.

La gástrula es una forma embrionaria interesante, porque se encuentra en toda la serie animal, tanto en los animales más sencillos como en los más complicados.

La diferenciación de las células producida por la división del trabajo fisiológico. — Todas las células del embrión, hasta la situación de la gástrula, se hallan en el mismo caso con relación al medio exterior y son semejantes; al cambiar esta situación en la gástrula, cambian también las funciones de las células y por consiguiente su forma y estructura.

El *ectodermio*, en relación con el exterior, dará la epidermis, el sistema nervioso, los órganos de los sentidos.

El *endodermio* dará el tubo digestivo y sus glándulas (hígado, pancreas, etc.).

El *mesodermio* dará el esqueleto, los músculos, la sangre, etc.

Correspondiendo cada célula á una función especial, de ahí que tome también una forma especial. Luego la *división del trabajo fisiológico* es la que produce la diferenciación de las células: y en el organismo, lo mismo que en las industrias y en las sociedades humanas, esta división del trabajo indica un progreso, un perfeccionamiento. Por esta razón observamos en la célula del Protozoo todas las funciones animales; pero éstas se presentan en estado *difuso*, mientras que, á medida que avanzamos en la serie animal, estas funciones aparecen más distintas, se perfeccionan y se afinan.

Podríamos comparar el cuerpo de un *Metazoo* á una fábrica en la que cada obrero, es decir cada célula diferente, encargada de un trabajo especial, adquiere una habilidad especial. Del mismo modo podríamos comparar un *Protozoo* al modesto obrero de

aldea que hace varios oficios, pero con desigual habilidad; por él vemos todo lo que la naturaleza puede hacer con una célula.

Los tejidos.

Definición. — Todas las células que desempeñan las mismas funciones y tienen la misma forma, se agrupan para constituir un *tejido*. Ejemplo : las *células nerviosas* se unen para formar el *tejido nervioso*.

Entre los principales tejidos debemos citar : el tejido *epitelial* o *epitelio*, los tejidos *conjuntivo*, *sanguíneo*, *cartilaginoso*, *huesoso*, *muscular* y *nervioso*.

Tejido epitelial. — Está formado de células simplemente yuxtapuestas, pegadas, que forman membranas que cubren la superficie del cuerpo (epidermis) ó tapizan cavidades del organismo (tubo digestivo).

El epitelio es *simple* cuando el tejido está formado de una sola capa de células (interior del estómago); y *estratificado* cuando está formado de varias capas superpuestas (epidermis) (fig. 17, A y D).

Las células epiteliales pueden tomar diferentes formas :

1º Pueden ser anchas, aplanadas y formar una especie de embaldosado : tal es el epitelio *pavimentoso* (alvéolo pulmonar) (fig. 17, B y C);

2º Pueden ser más altas que anchas y formar una membrana más espesa : tal es el epitelio *cilíndrico* (estómago, intestino) (fig. 17, A);

3º Pueden contener en su extremidad una masa de líquido, de moco por ejemplo, elaborado por el protoplasma; éste se junta con el núcleo en la otra extremidad de la célula, formando así una especie de cáliz; tal es el epitelio *caliciforme* (glándulas mucosas) (fig. 17, E);

4º En fin, ciertas células epiteliales pueden tener prolongaciones dotadas de movimientos vibratorios, llamadas *pestañas* vibrátiles, las cuales forman el epitelio *vibrátil* (traquearteria). Cada célula lleva en su parte exterior una hinchazón donde están plantadas las pestañas, que son prolongaciones del protoplasma

(fig. 17, F). Las pestañas se mueven generalmente en el mismo sentido : por eso, vistas con cristal de poco aumento, semejan las undulaciones de un campo de trigo agitado por el viento. Estos movimientos se pueden observar fácilmente en la Rana, cuyo esó-

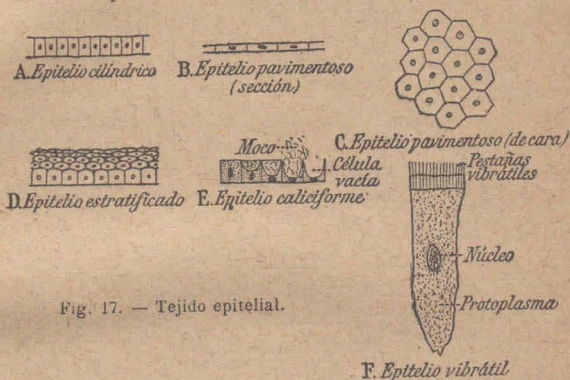


Fig. 17. — Tejido epitelial.

fago está tapizado de un epitelio vibrátil. Se abre longitudinalmente el esófago y se le extiende; se echan algunos polvos de carbón y se les verá avanzar en cierto sentido (fig. 18, A).

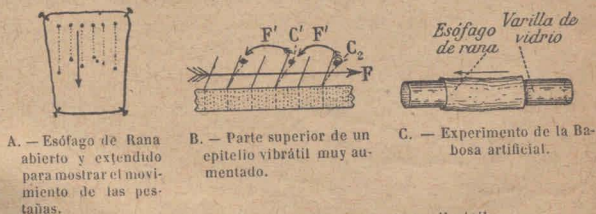


Fig. 18. — Movimiento de las pestañas vibrátiles : Experimento de la Babosa artificial.

El movimiento se explica bien por la figura 18, B : al pasar las pestañas de la posición 2 á la posición 1, harán pasar el grano de polvo de C á C' ; por consiguiente si las pestañas se doblan en el sentido de F, al levantarse harán marchar los polvos hacia F'.

También se puede mostrar este movimiento introduciendo en el interior del esófago de la Rana un tubo de vidrio de igual dimen-

sión que el esófago. Entonces se ve que el jirón de esófago se mueve por la acción de las pestañas vibrátiles que actúan como otros tantos pies micriscópicos : éste es el experimento conocido con el nombre de *Babosa artificial*, por la ilusión que produce.

El epitelio vibrátil tiene suma importancia : 1° en los Protozoarios y animales inferiores, en los que asegura el movimiento ; 2° en los animales acuáticos, en los cuales facilita la respiración ayudando á la renovación del agua en la superficie del aparato respiratorio.

Respecto de su función fisiológica, los epitelios pueden dividirse en dos grupos :

1° Los epitelios de *revestimiento*, que cubren la superficie externa del cuerpo (epidermis) y la interna de los órganos (tubo digestivo, pulmones) ;

2° El epitelio *glandular*, que tapiza el interior de las glándulas, cuya secreción está asegurada por la actividad del protoplasma (glándulas del estómago, glándulas salivales).

El epitelio se gasta ; sus células mueren y caen : es la *escama-dura* de la piel ó *muda*.

Tejido conjuntivo. — Está formado de *células* generalmente en forma de estrellas, separadas unas de otras por una *materia*

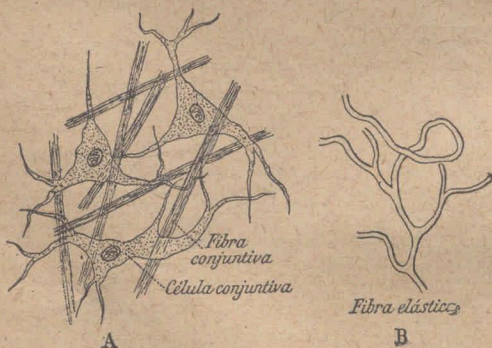


Fig. 19. — Tejido conjuntivo

intersticial, que es un producto de eliminación de las células. Esta materia no permanece homogénea ; sino que se divide en

largos filamentos que forman las *fibras conjuntivas* (fig. 19, A). Unas están dispuestas paralelamente y tienen la figura de un mechón de pelo; otras, que son elásticas, están ensortijadas y ramificadas (fig. 19, B).

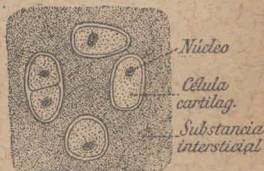
El tejido conjuntivo sirve para enlazar los órganos entre sí, viniendo á ser como una materia de embalaje. Este tejido ocupa



Fig. 20. — Formación de una célula adiposa.

los espacios que dejan libre los otros, de suerte que sostiene los órganos y los protege. Es un tejido muy abundante.

A veces suelen aparecer en el interior del protoplasma de una célula conjuntiva, finas gotecillas de grasa, cuyo número se va aumentando y acaban por reunirse en una espesa gota de grasa, rechazando así al protoplasma y al núcleo contra las paredes de la célula: ésta es una *célula adiposa* (fig. 20, A, B, C, D). El núcleo y el protoplasma acabarán por desaparecer; la célula morirá puesto que ya no contendrá materia viva; no es más que un saco de grasa. Las células adiposas pueden acumularse en ciertas regiones del organismo para dar el *tejido adiposo*, tan abundante en las personas obesas, ya en el espesor de la piel, ya al rededor de las vísceras.



Tejido cartilaginoso. — Es un tejido conjuntivo, cuyas células redondas ú ovoides están separadas por una substancia intersticial flexible, elástica. Esta substancia, que forma al rededor de las células cavidades regulares (fig. 21), puede transformarse por ebullición en una materia semejante á la gelatina que se congela por enfriamiento.

Tejido óseo. — Es un tejido conjuntivo, cuyas células tienen numerosas prolongaciones ramificadas, cuya substancia intersticial está endurecida por sales calcáreas (fosfato y carbonato de calcio) (fig. 22). Al estudiar el esqueleto, hablaremos con más detalles de este tejido óseo.

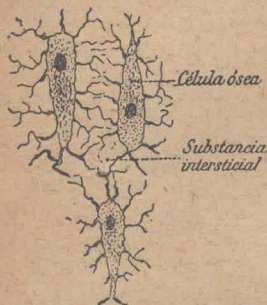


Fig 22. — Tejido óseo.

Tejido sanguíneo. — Es un tejido conjuntivo, cuyas células redondas ó *glóbulos* nadan en una substancia intersticial líquida ó *plasma* de la sangre. Luego la sangre es un tejido y merece el nombre de *carne fluente* que le daba Claudio Bernard.

Tejidos especiales. — Finalmente, ciertos tejidos, tales como el *muscular* y el *nervioso*, están formados de células que han sufrido una gran diferenciación. De éstos hablaremos cuando tratemos de los músculos y del sistema nervioso. Ahora nos basta saber que estos tejidos provienen, lo mismo que los otros, de células asociadas y que se han vuelto especiales adaptándose á funciones muy delicadas.

Las funciones animales.

Órganos y aparatos. — Acabamos de demostrar cómo pueden las células agruparse para formar un *tejido*; ahora podemos comprender cómo pueden varios tejidos concurrir á la formación de un *órgano*. Ejemplo : los tejidos conjuntivo, muscular, epitelial se agrupan para formar el estómago, que es un *órgano*.

En fin, trabajando varios órganos con el mismo fin, pueden también asociarse para dar un *aparato*. Ejemplo : el estómago, el intestino, el hígado, el páncreas, etc., son órganos que forman en conjunto el *aparato digestivo*, cuya función es transformar los alimentos para que puedan servir al sostenimiento de todo el organismo. Al trabajo de este aparato se le ha dado el nombre de *función*.

Las principales funciones. — Se les agrupa en dos categorías : unas son comunes á los animales y á los vegetales, tales son las funciones de la *vida vegetativa*: otras, que son peculiares á los animales, han recibido el nombre de *funciones de la vida animal*.

1º Las funciones de la *vida vegetativa* pueden ser divididas también en dos grupos :

a) Las funciones de *nutrición*, que aseguran la conservación del individuo;

b) Las funciones de *reproducción*, que aseguran la conservación de la especie.

2º Las funciones de la *vida animal*, á las que llamamos también funciones de *relación*, tienen por objeto poner al hombre ó al animal en *relación* con el medio exterior. Estas son especialmente el *movimiento* y la *sensibilidad*.

Estas diferentes funciones son solidarias, es decir que se prestan mutuo auxilio. Así es como el animal y el salvaje utilizan su vista, su olfato, y su agilidad para coger la presa que necesitan para alimentarse, poniendo de este modo sus funciones de *relación* al servicio de las de *nutrición*.

Anatomía y Fisiología. — Por consiguiente, en el curso de esta obra tendremos que estudiar :

1º La estructura de los órganos : es la *anatomía*;

2º Las funciones de estos órganos : es la *fisiología*.

Para conocer la fisiología de un órgano, es preciso : 1º *observarle* cuando está en acción, cuando funciona; 2º *hacer experimentos* en él, es decir suprimirle ó modificarle y ver entonces los trastornos que se verifican en el organismo. Este método de *observación* confirmado por la *experimentación* es el que ha contribuido á los considerables progresos que ha hecho la fisiología en la última mitad del siglo XIX bajo el feliz impulso de Claudio Bernard.

La primera parte de esta obra la dedicaremos al estudio especial del hombre y á continuación describiremos los modelos principales de organización en el reino animal y haremos ver cómo se enlazan entre sí estos modelos.

RESUMEN

Formación de los animales. — Cada animal está formado, en su origen, por una célula única, el *huevo*. Esta célula, al multiplicarse gran número de veces, dará el *embrión*. Después, estas células se irán colocando en tres hojas: *ectodermio*, *endodermio* y *mesodermio*.

Cada célula se va diferenciando al adaptarse á una función especial. La división del trabajo fisiológico produce la diferenciación de las células.

Los tejidos. — El *tejido* es una reunión de células de igual forma, que desempeñan igual función.

1° <i>Tejido epitelial</i> : [formado de células yuxtapuestas.]	Células aplanadas : Epitelio pavimentoso.	
	Células más altas : Epitelio cilíndrico.	
	Células provistas de pestañas vibrátiles : Epitelio vibrátil.	
	Célula caliciforme : Epitelio glandular.	
2° <i>Tejido conjuntivo</i> : [Células separadas por una materia intersticial.]	Fibras en la materia intersticial.	{ Tej. conjuntivo.
	Materia intersticial elástica.	
	Materia intersticial en- durecida por sales calcáreas.	{ Tej. cartilaginoso.
	Materia intersticial li- quida.	
		{ Tej. óseo.
3° <i>Tejidos especiales</i> : {		Tej. muscular
		Tej. nervioso.

Las funciones animales. — Las podemos agrupar en dos categorías :

1° Funciones de la <i>vida vegetativa</i> :	{ <i>Nutrición</i> : conservación del individuo.	
	{ <i>Reproducción</i> : conservación de la especie.	
2° Funciones de la <i>vida animal</i> o de <i>relación</i> :	{ <i>Movimiento</i> .	
	{ <i>Sensibilidad</i> .	

ESTUDIO ESPECIAL DEL HOMBRE

Las regiones del cuerpo. — El cuerpo del hombre presenta tres regiones muy distintas: la *cabeza*, el *tronco* y los *miembros*.

La *cabeza* comprende el *cráneo*, que contiene el *encéfalo* (cerebro, cerebelo, bulbo) y la *cara*, que contiene los principales órganos de los sentidos (ojos, orejas, nariz, boca).

El *tronco* (fig. 23) presenta una cavidad que contiene las vis-

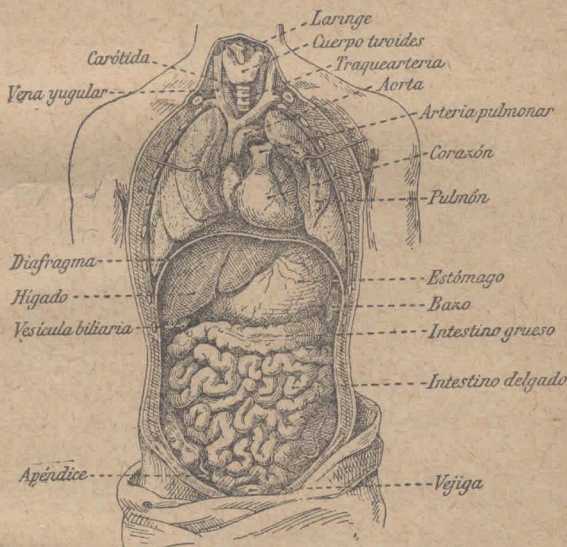


Fig. 23. — Vista del tronco enseñando los órganos contenidos en el tórax y del abdomen.

ceras principales. Esta cavidad está dividida en dos partes por un tabique muscular llamado *diafragma*: el pecho ó *tórax* en la parte superior; el vientre ó *abdomen* en la inferior. El *tórax* contiene el corazón y los pulmones; en el *abdomen* están el estómago, el intestino, el hígado, los riñones, la vejiga, etc.

Los *miembros* son en número de dos pares : los superiores ó *torácicos*, que están unidos al tronco por la espalda; los inferiores ó *abdominales*, que se unen al abdomen por el bacinete.

PRIMERA SECCIÓN

LAS FUNCIONES DE NUTRICIÓN

Las funciones de nutrición aseguran la conservación del individuo incorporando á la materia viva las materias tomadas en el medio exterior. Comprenden las diferentes funciones, por las cuales el organismo transforma los alimentos y se despoja de los productos de desecho. Estas son : la *digestión*, la *circulación*, la *respiración* y la *eliminación*.

CAPÍTULO II

LA DIGESTIÓN

La digestión es la transformación de los alimentos en sustancias líquidas y *absorbibles*.

Vamos á estudiar sucesivamente el *aparato digestivo*, los *alimentos* y la *fisiología* de la digestión (fenómenos mecánicos y químicos).

I. — Aparato digestivo.

El aparato digestivo está compuesto de un conjunto de órganos destinados á digerir los alimentos y á expeler las materias que han resistido á la digestión. Comprende dos partes :

1º El *tubo digestivo* (fig 24), cuyas diversas regiones son la *boca*, la *faringe*, el *esófago*, el *estómago* y el *intestino* que remata en el *ano*;

2º Las *glándulas anexas*, destinadas á proveer, unas los jugos digestivos, otras una substancia viscosa para facilitar la marcha de los alimentos en el tubo digestivo : tales son las *glándulas salivales*, el *páncreas* y el *hígado*.

§ 1. — El tubo digestivo.

La boca. — Es una cavidad cuyos límites son, por delante, los labios y los dientes, por los lados, las mejillas, por arriba, la bóveda del paladar, por abajo, la lengua y el asiento de la boca, por detrás, el velo del paladar hasta el *galillo*. La boca está tapizada de una membrana llamada *mucosa*, y esta membrana está formada de un tejido conjuntivo cubierto por un epitelio estratificado que contiene la epidermis de la piel.

Dentro de la boca se encuentran las dos mandíbulas ó *maxilares* que llevan los *dientes*.

Mandíbulas. — Las dos mandíbulas *están* cubiertas por la mucosa bucal, que toma entonces el nombre de *encia*. La mandíbula superior está soldada á los demás huesos de la cabeza, por consiguiente es *inmóvil*; la inferior, al contrario, está articulada con el cráneo : por consiguiente es *móvil*. Es un hueso en forma de herradura, cuyos dos brazos terminan en un resalto redondeado, el *cóndilo*, que va á encajar en una cavidad, la *cavidad glenoide*, que existe en el hueso temporal. El maxilar inferior puede efectuar tres clases de movi-

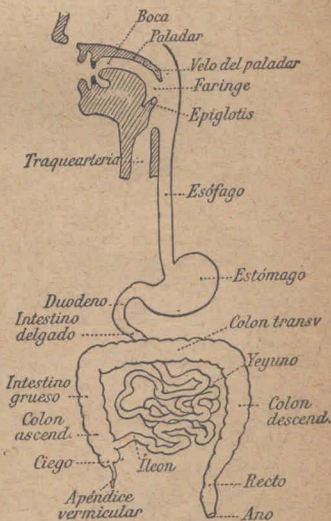


Fig. 24. — Tubo digestivo.

mientos : puede elevarse, bajarse y moverse lateralmente. Tres clases de músculos producen estos movimientos :

1º Los músculos *elevadores* son dos : el *temporal* y el *masetero* (fig. 25). El temporal está unido, por arriba, con la fosa temporal, y por abajo, con una prolongación del brazo del maxilar inferior. El masetero se enlaza, por arriba, con la arcada cigomá-

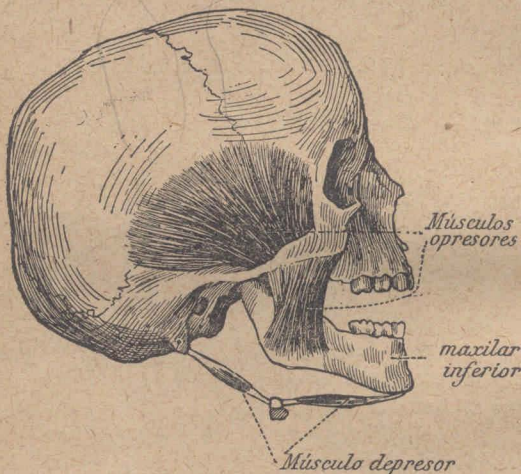


Fig. 25. — Músculos masticadores : elevadores y abajadores,

tica, y por abajo, con el brazo del maxilar inferior. Estos dos músculos, por su contracción, levantan la mandíbula inferior.

2º Los músculos *abajadores* son más debiles que los anteriores, y el más activo de ellos es el *digástrico*. Está enlazado por su extremidad con la apófisis mastoides del temporal y pasa después al hueso hiodes para ir á fijarse en la parte anterior del maxilar inferior. Es fácil ver que baja, por su contracción, la mandíbula inferior y hace abrir la boca.

3º Los músculos que producen los movimientos *laterales* son los *pterigoideos* (fig. 26), que se extienden transversalmente de las apófisis pterigoideas al brazo del maxilar inferior. El efecto de la contracción de estos músculos es un cambio lateral del maxilar inferior.

La contracción de estos diversos músculos tiene por resultado

la *masticación* de los alimentos, de donde viene el nombre de músculos *masticadores* que se da á estos órganos.

Dientes. — Los dientes (fig. 27) son órganos muy duros encajados en el borde de las mandíbulas en cavidades llamadas *alvéolos*. Los dientes se componen de una parte libre, la *corona*, y una encajada en la mandíbula; la *raíz*; entre las dos hay una parte estrecha, el *cuello*.

La forma de los dientes varía: los hay de tres clases (fig. 28):

1º Los *incisivos*, situados en la parte delantera de la mandíbula, que tienen la corona abiselada, tajante; sirven, como su nombre lo indica, para cortar los alimentos; existen cuatro en cada mandíbula.

2º Los *caninos*, situados detrás de los incisivos, son cónicos y puntiagudos; se llaman así porque se parecen á los colmillos del perro; sirven para desmenuzar los alimentos: existen dos en cada mandíbula.

3º Los *molares*, situados detrás, presentan una corona plana, que tiene pequeños tubérculos; sirven para triturar los alimentos funcionando como muelas, de donde viene su nombre: existen 10 en cada mandíbula: los dos molares inmediatos á los caninos, son más pequeños y se llaman *premolares*; los otros tres son los *molares grandes*, el último de los cuales, que está en el fondo, se llama *muela del juicio*.

En una palabra, los incisivos sirven para *cortar*, los caninos para *desgarrar* y los molares para *triturar* los alimentos.

El número de los dientes es constante para una misma especie

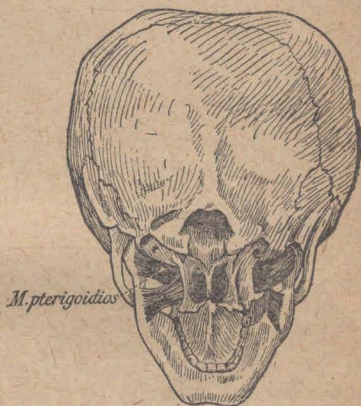


Fig. 26 — Músculos masticadores produciendo los movimientos laterales.



Fig. 27. — Exterior de una muela.

animal. Luego cada especie puede ser caracterizada por su *fórmula dental*, que se obtiene escribiendo en el numerador de una

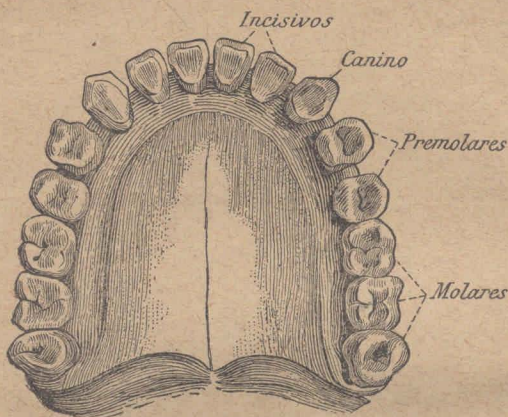


Fig. 28. — Mándibula superior vista por abajo

fracción el número de los dientes de la mandíbula superior, y en el denominador el número de los dientes de la mandíbula inferior.

La fórmula dental del hombre adulto es

$$\frac{4}{4} I + \frac{2}{2} C + \frac{4 PM + 6 GM}{4 PM + 6 GM};$$

son, por consiguiente, 16 dientes en cada mandíbula y 32 en total.

En los niños la fórmula no es igual. Los primeros dientes ó *dientes de leche* comienzan á salir hacia el sexto mes : primero los incisivos, después los premolares y á mediados del tercer año los caninos. Esta salida de los dientes es muy variable : Luis XIV y Mirabeau parece que vinieron al mundo con sus incisivos.

La fórmula dental del niño es

$$\frac{4}{4} I + \frac{2}{2} C + \frac{4}{4} PM;$$

luego son 10 dientes en cada mandíbula y 20 en total.

Los dientes de leche empiezan á caer á los 7 años y son reemplazados por los definitivos. Los grandes molares ó *muelas del juicio* suelen aparecer muy tarde, á los 30 años por ejemplo : también pueden faltar completamente, sobre todo en las razas civilizadas, cuyo arte culinario ha disminuído considerablemente el trabajo de los dientes, de modo que éstos tienen cierta tendencia á atrofiarse.

Un diente cortado longitudinalmente presenta cuatro partes esenciales : el *esmalte*, el *cemento*, el *marfil* y la *pulpa* (fig. 29).

1º El *esmalte* cubre completamente la corona; tiene aspecto blanco brillante; está casi enteramente compuesto de sales calcáreas, por lo cual le atacarían fácilmente los ácidos de nuestros alimentos si su parte externa, que forma una especie de cutícula, no fuera más dura que lo demás; esta parte resiste á la acción de los ácidos y la multitud de microbios de la boca. Pero tan pronto como desaparece la cutícula en cierto grado, los microbios llevan á cabo su obra de destrucción, roen el marfil y ocasionan lo que se llama la *caries* dental. Luego se necesita mucha limpieza en la boca si se quieren evitar estos accidentes.

2º El *cemento*, de color amarillento, envuelve la raíz y tiene la misma composición que el hueso.

3º El *marfil* es la parte fundamental del diente; es una sustancia dura, recorrida por canaliculas, en cuyo interior hay prolongaciones de las células de la pulpa dental.

4º La *pulpa dental* es una sustancia blanda colocada en medio del diente y formada de tejido conjuntivo, en cuyo centro se ramifican las arterias, las venas y los filamentos nerviosos que han penetrado por la extremidad de las raíces. Estos filamentos nerviosos son los que causan el dolor de muelas cuando la caries dental los deja descubiertos.

Los dientes se forman á expensas de la mucosa que tapiza el interior de la boca. Este trabajo de desarrollo, que comienza desde

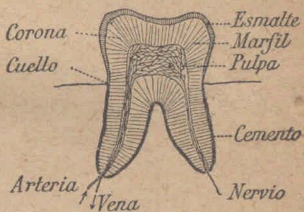


Fig. 29. — Corte longitudinal de un diente.

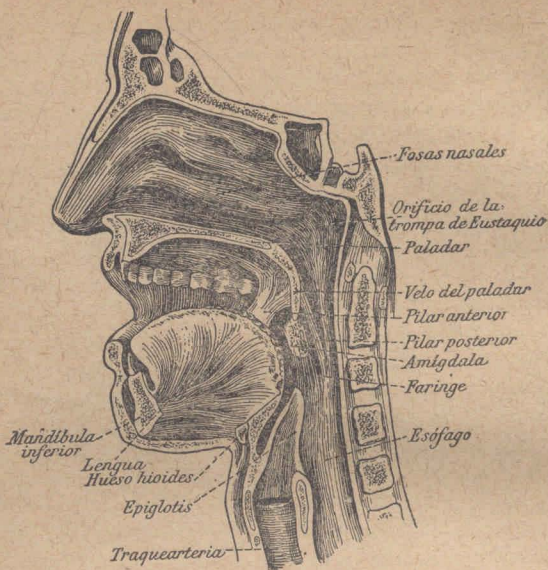


Fig. 30 — Sección vertical y media de la cara y del cuello.

el segundo mes de la vida embrionaria, se efectúa en la encía; pero sólo algunos meses después del nacimiento es cuando los

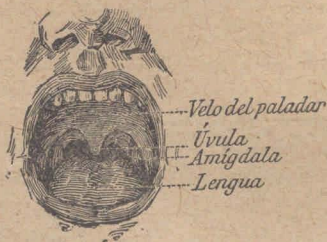


Fig. 31. — Boca abierta enseñando el velo del paladar, la úvula y las amígdalas.

dientes empiezan á romper la encía. El desarrollo del diente es analogo al del pelo.

La faringe. — La *faringe* es una cavidad que está á continuación de la boca y que comunica, por arriba, con la boca y las fosas nasales, y por abajo, con el esófago y la traquearteria (fig. 30).

Por delante se encuentra el velo del paladar que se prolonga en el centro por una lengüeta, el *galillo* ó úvula, y se extiende á los lados por dos pliegues, el *pilar anterior* y el *pilar posterior* del velo del paladar, entre los cuales hay una masa glandular llamada *amígdala*. Todas estas partes se ven fácilmente abriendo mucho la boca delante de un espejo (fig. 31). El estrecho espacio comprendido entre estos órganos, situado á la entrada de la faringe, se llama *istmo de la garganta*.

Más abajo, la faringe comunica, por detrás, con el esófago y, por delante, con la traquearteria que remata en una laminilla, la *epiglotis*.

El esófago. — El esófago, que es la continuación de la faringe, es un tubo de 25 centímetros de largo, el cual desciende verticalmente al tórax, por delante de la columna vertebral y por detrás de la traquearteria. Luego, atraviesa el diafragma y desemboca en el estómago.

Su estructura es igual á la de las demás partes del tubo digestivo que más adelante estudiaremos. El esófago está formado de tres envolturas ó tunicas (fig. 32) :

- 1ª Una túnica externa *fibrosa* de naturaleza conjuntiva ;
- 2ª Una túnica media *musculosa* que comprende fibras musculares longitudinales por fuera y fibras circulares por dentro ;

- 3ª Una túnica interna *mucosa*, formada de una capa de tejido conjuntivo cubierto por el epitelio pavimentoso estratificado, que forma glándulas cuya función es secretar moco.



Fig. 32. — Sección transversal del tubo digestivo.

El estómago. — Es un ensanche del tubo digestivo que tiene la forma de una cornamusa (fig. 33) y se encuentra debajo del diafragma un poco á la izquierda. El estómago comunica, por una parte, con el esófago por un orificio llamado *cardias* y, por otra,

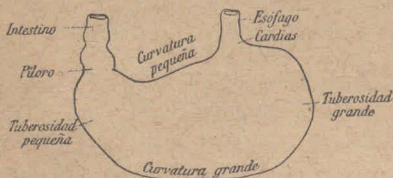


Fig. 33. — Estómago.



Fig. 34. — Sección esquemática de la válvula del píloro.

con el intestino por el orificio llamado *píloro*. Este orificio presenta una estrechez que funciona como una especie de válvula (fig. 34).

Las paredes del estómago, así como las del esófago, tienen tres túnicas :

- 1º Una túnica externa de naturaleza *conjuntiva*;
- 2º Una túnica media *musculosa* más espesa que la del esófago y formada de tres especies de fibras : longitudinales, circulares y

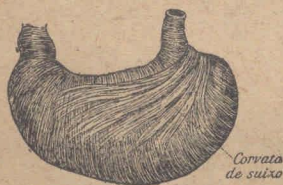


Fig. 35. — Músculos del estómago.



Fig. 36. — Sección de una glándula gástrica.

oblicuas. Estas últimas, que envuelven el estómago á manera de faja, forman lo que se llama la *corbata de suizo* (fig. 35);

3º Una túnica interna *mucosa* formada de una capa de tejido conjuntivo y de un epitelio cilíndrico formado sobre todo de

células caliciformes. Este epitelio es el que, penetrando en el tejido conjuntivo, forma las *glándulas gástricas*.

Las *glándulas gástricas* son tubos simples ó ramificados (fig. 36); son de dos clases: las *glándulas mucosas*, situadas sobre todo en la región del píloro, y las *glándulas de pepsina*, situadas en la región cardíaca, cuya función es segregar el jugo gástrico.

El intestino. — Á continuación del estómago sigue el intestino, cuya longitud llega en el hombre á 10 metros poco más ó menos.

El intestino presenta dos partes distintas: el *intestino delgado*, que tiene 8 m. de longitud y 3 cm. de diámetro, y el *intestino grueso*, que tiene 2 m. de longitud y 6 cm. de diámetro.

Intestino delgado. — El intestino delgado, para alojarse en el abdomen, se pliega formando muchas sinuosidades ó *circunvoluciones*.

La pared del intestino está formada de tres túnicas (fig. 37): 1º una túnica externa de naturaleza *conjuntiva*; 2º una túnica media *musculosa* con fibras longitudinales y circulares; 3º una túnica *mucosa*, tapizada por un epitelio cilíndrico, que forma las *vellosidades* y las *glándulas intestinales*.

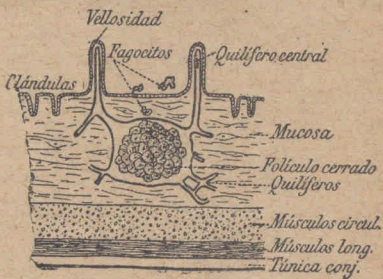


Fig. 37. — Sección del intestino delgado.

La mucosa intestinal presenta muchos pliegues transversales llamados *válvulas conniventes*. Estos pliegues, en número de 800 en el hombre, aumentan considerablemente la superficie del intestino, tanto más cuanto que están cubiertos de estrias llamadas *vellosidades*, que, apretadas unas contra otras, dan á la mucosa intestinal un aspecto aterciopelado.

La *vellosidad intestinal* (fig. 38) se compone: 1º de un epitelio cilíndrico; 2º de un tejido conjuntivo en el que circulan las ramificaciones de las arterias y de las venas; 3º en el centro, de

un canal que contiene un líquido blanco, al que se da el nombre de *quilífero central*.

Entre las vellosidades se ven pequeños granitos blanquecinos son los *foliculos cerrados* ó montones glandulares formados de tejido conjuntivo, en cuyo centro circulan *células linfáticas* ó *fagocitos* (véase sistema linfático). Varios foliculos cerrados pueden agruparse y dar una *placa de Peyer*. En estas placas es donde se verifican las ulceraciones en la fiebre tifoidea.

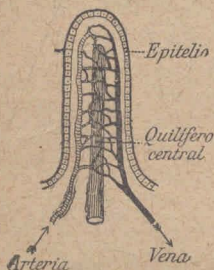


Fig. 38. — Vellosidad intestinal.

En fin, el epitelio intestinal en vez de hincharse para dar las vellosidades, puede deprimirse para dar las glándulas que segregan el *jugo intestinal*.

Intestino grueso. — Comprende tres regiones: el *ciego*, el *colon* y el *recto*.

El *ciego* está provisto de un apéndice en forma de lombriz, el *apéndice vermicular*, que sólo se encuentra en el hombre y en los Monos superiores, y cuya enfermedad se conoce con el nombre de *apendicitis*. La parte terminal del

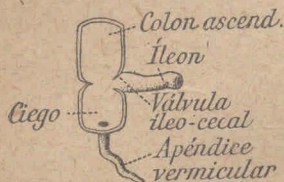


Fig. 39. — Válvula ileo-cecal.

intestino delgado ó *íleon* penetra en el *ciego* formando una especie de ojo, llamado *válvula ileocecal* (fig. 39) *barrera de los boticarios*; esta válvula impide á las materias del intestino grueso retrogradar al *íleon*, mientras que no se opone al paso de las materias del intestino delgado al

intestino grueso. Y en efecto, las materias del intestino grueso apoyan sobre los dos labios de la válvula y cierran el ojal.

El *colon*, que envuelve el intestino delgado, comprende el *colon ascendente*, *transversal* y *descendente*.

El *recto* remata en el *ano*, cerrado por un músculo circular llamado *esfínter*.

La mucosa que tapiza el interior del intestino grueso, es lisa, pero aun así forma cierto número de glándulas.

El peritoneo. — Es una vasta membrana que envuelve el

estómago, el intestino, el hígado, en una palabra, casi todas las



Fig. 40. — Sección teórica enseñando la disposición del peritoneo.

visceras contenidas en el abdomen, y enlaza los órganos unos con

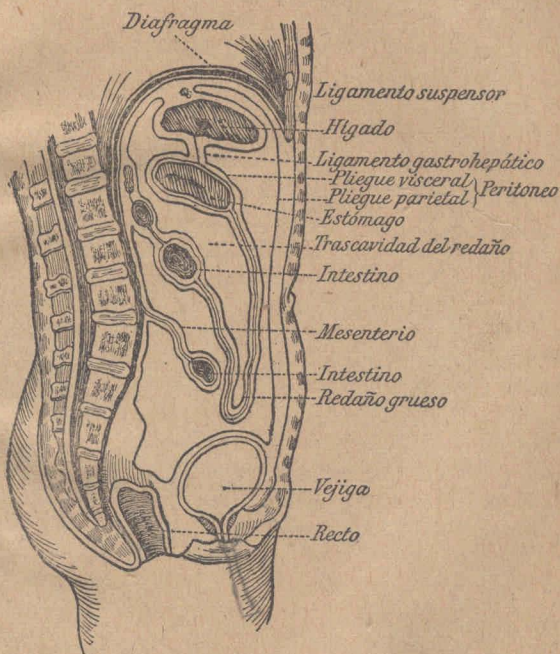


Fig. 41. — Sección vertical del abdomen.

otros y los ata á la pared del cuerpo. El peritoneo es una membrana serosa de doble pared, de dos hojas, una de las cuales está

pegada al órgano, es la *hoja visceral*, y la otra pegada á las paredes de la cavidad general, es la *hoja parietal*. Entre estas dos hojas hay una cavidad, la *cavidad peritoneal*, llena de un *liquido peritoneal*, cuya función es facilitar el deslizamiento de las dos hojas una sobre otra (fig. 40).

Para comprender bien la disposición del peritoneo basta imaginar el abdomen vacío de órganos y ocupado por un saco de

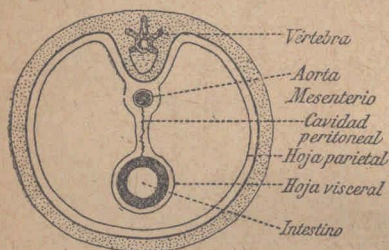


Fig. 42. — Sección transversal del abdomen.

paredes membranosas, el peritoneo; después, aparecen los órganos entre la pared del cuerpo y el saco, empujan el peritoneo y se cubren como una cabeza que se pone un gorro de algodón, sin entrar en la cavidad. De manera que á medida que los órganos abdominales se desarro-

llan, va disminuyendo la cavidad peritoneal, y al irse aproximando las dos hojas se reduce mucho el liquido peritoneal. En ciertos puntos las dos hojas pueden llegar á pegarse é ir á fijarse en la columna vertebral para suspender el intestino: es el *mesenterio* (fig. 40). Entre las dos hojas del mesenterio se encuentran los vasos y los nervios que van al intestino. La sección longitudinal (fig. 41) y la sección transversal (fig. 42) del cuerpo muestran bien esta disposición. Delante del abdomen el peritoneo forma un vasto repliegue, el *gran épiplon* (fig. 41), que suele cargarse de grasa sobre todo en las personas obesas: es el *delantal* que los carniceros extienden para preparar la carne.

§ 2. — Las glándulas anexas.

Estas son: las *glándulas salivales*, el *páncreas* y el *higado*.

Las glándulas salivales. — Estas están situadas en los contornos de la mandíbula inferior y son en número de tres pares: las *glándulas parótidas*, *submaxilares* y *sublinguales*:

1º Las *glándulas parótidas* son las más gruesas y están situadas

algo debajo y delante de la oreja (fig. 43). La saliva que producen sale por un canal que viene á abrirse en la boca á la altura de la segunda muela superior. En la enfermedad bien conocida con el nombre de *paperas*, estas glándulas se hinchan y hacen sufrir;

2º Las *glándulas submaxilares* están alojadas en una fosita del

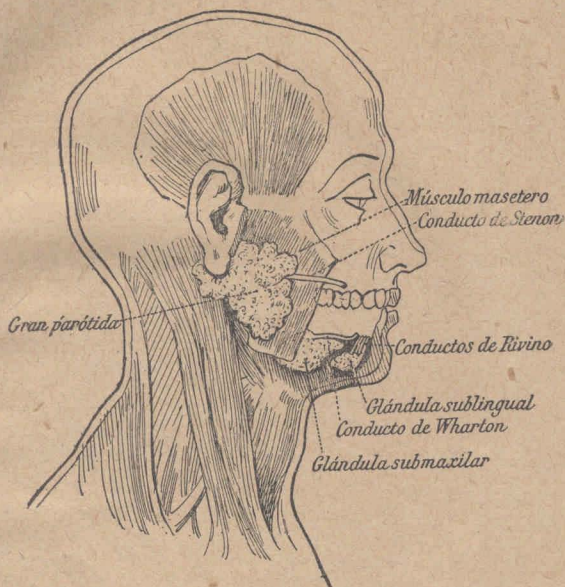


Fig. 43. — Las glándulas salivales.

maxilar inferior, y su conducto excretorio va á desembocar en los lados del frenillo de la lengua,

3º Las *glándulas sublinguales*, más pequeñas aún que las anteriores, están situadas debajo de la lengua y derraman su contenido al rededor del frenillo de la lengua por varios conductos.

Por su semejanza exterior con un racimo de uvas, se les llama *glándulas en racimo* (fig. 44); cada grano está rodeado de tejido conjuntivo, de vasos y de nervios. El interior es una cavidad

tapizada de diversas clases de células epiteliales (fig. 45); células *caliciformes* y células *granulosas*. Después de la secreción, las



Fig. 44. — Porción de glándulas salivales.

A. — Antes de la secreción.

B. — Después de la secreción.

Fig. 45. — Estructura de las glándulas salivales.

células cambian de aspecto; son más bajas por haber desaparecido su parte líquida para suministrar los elementos de la saliva.

El páncreas. — Es una glándula voluminosa situada en el abdo-

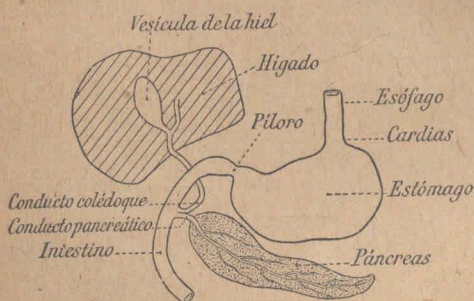


Fig. 46. — El hígado y el páncreas.

men, detrás del estómago. Su estructura es semejante á la de las glándulas salivales. El páncreas (fig. 46) tiene una forma oblonga y está atravesado por un conducto excretorio, el *canal pancreático*, que va á desembocar donde

empieza el intestino delgado, al lado del conducto excretorio del hígado, el *canal colédoque*. Del canal pancreático parte un *canal accesorio*, que va á abrirse en el intestino delgado, 2 centímetros por encima del primero.

Lo mismo que en las glándulas salivales el epitelio que tapiza los fondos glandulares está formado de células granulosas, que tienen aspecto diferente, según que se los observe antes ó después de la secreción.

El hígado. — Es la viscera más voluminosa; pesa casi 2 kilo-

gramos en el hombre. Proviene, lo mismo que el páncreas, de un brote del tubo intestinal. Está situado debajo del diafragma, en la parte derecha del abdomen sobre el estómago, lo cual explica por qué ciertas personas que se acuestan del lado izquierdo sienten un malestar causado por la presión del hígado sobre el estómago. El hígado está sostenido por repliegues del peritoneo, que le ligan por un lado al diafragma y por otro al estómago (fig. 41).

Aspecto exterior. — De aspecto rojo obscuro, presenta : 1º una cara superior convexa tocando al diafragma; 2º una cara inferior cóncava, tocando por la izquierda al estómago y por la derecha al intestino y al riñón derecho. Esta cara inferior presenta tres surcos que figuran la letra H y dividen el hígado en cuatro lóbulos (fig. 47). El surco transversal forma lo que se llama el *hilio* del hígado : ahí es donde van a parar las venas, las arterias y los nervios del hígado, así como también el canal excretorio del hígado, el *canal hepático* (fig. 48). Más allá, este canal hepático, que conduce la bilis segregada, se divide en dos conductos : uno, el

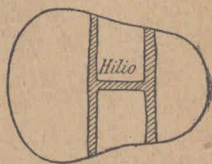


Fig. 47. — Cara inferior del hígado enseñando los surcos.

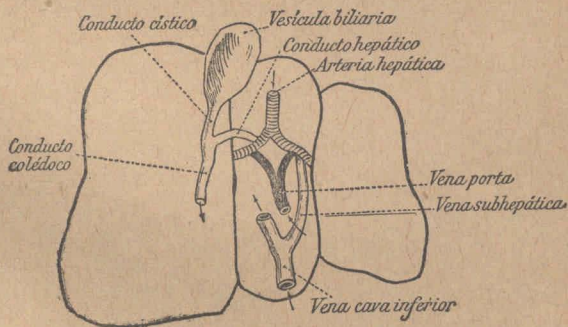


Fig. 48. — Cara inferior del hígado : los vasos sanguíneos y los canales biliaris.

canal cístico, que va a la *vesícula de la hiel* ó *vesícula biliar* situada en la parte anterior del surco derecho; el otro, el *canal*

colédoque, que se junta al canal pancreático para desembocar en el intestino delgado

El hígado recibe sangre de dos fuentes : 1º de la *arteria hepática*, que entra por el *hilio* y se divide en dos ramas; 2º de la

vena porta, que ha recogido la sangre que proviene del intestino y del estómago. Estos dos vasos penetran en el hígado y se ramifican en capilares.

Estos dos sistemas de capilares acaban por confundirse y van á vaciarse en una vena única, la *vena subhepática*, que va á echarse en la *vena cava inferior*, la

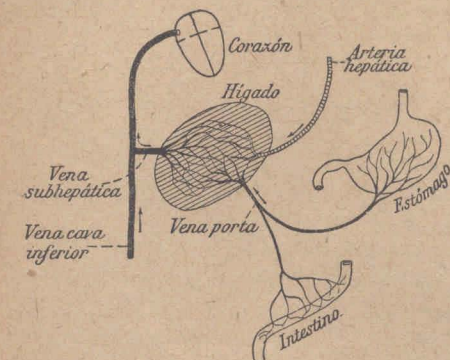


Fig. 49. — Circulación de la sangre en el hígado.

cual lleva la sangre á la aurícula derecha del corazón (fig. 49).

Cuando un sistema circular presenta en su trayecto dos veces capilares (capilares de los intestinos, capilares del hígado), se dice

que hay un *sistema porta* : el que acabamos de describir es el *sistema porta hepático*.

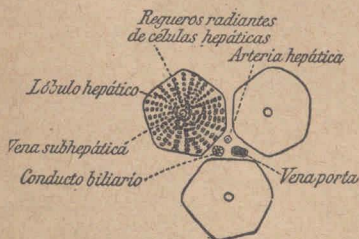


Fig. 50. — Lóbulos hepáticos.

Estructura. — El hígado está cubierto por una membrana lisa, fibrosa, que envía al interior de la masa del hígado ciertas prolongaciones, las cuales dividen

al hígado en un gran número de pequeñas masas llamadas *lóbulos hepáticos*, lo cual da al hígado un aspecto granuloso. Luego basta estudiar la estructura de un lóbulo para conocer la estructura del órgano entero.

Lóbulo hepático. — Es una pequeña masa, generalmente poliédrica que sólo tiene un milimetro próximamente de diámetro. Los lóbulos están separados por líneas blanquecinas formando á cada una una envoltura conjuntiva, que no es otra cosa que la prolongación de la envoltura fibrosa del hígado. Entre los lóbulos hay espacios triangulares donde están las ramificaciones de la vena porta, de la arteria y del canal hepático (fig. 50).

Al rededor de cada lóbulo hay una doble red sanguínea formada

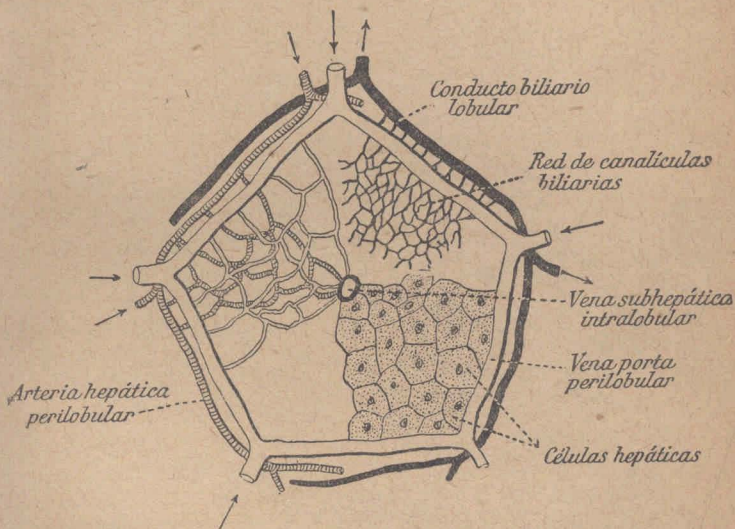


Fig. 51. — Sección teórica de un lóbulo hepático.

por las ramificaciones de la vena porta y de la arteria hepática; estos vasos envían capilares al interior del lóbulo y forman una red capilar que penetra en el centro del lóbulo y se echa en la vena intralobular, que se une á la vena intralobular de los otros lóbulos para formar la vena subhepática (fig. 51).

La disposición de los canales biliares (fig. 52) demuestra bien que el hígado es una glándula, cuyos conductos excretores son los canaliculos biliares rodeados por las células hepáticas, que son las células glandulares. Estas células hepáticas aglomeradas

para formar el lóbulo, están situadas en las mallas de la red sanguínea. Cada célula hepática está socavada por medio canal (fig. 53), que, uniéndose al medio canal de la célula vecina, forma un *canaliculo biliar*; por consiguiente cada cara de la célula está recorrida por un canaliculo biliar. Estos canaliculos, que son numerosos, se reunen hacia la periferia del lóbulo para dar

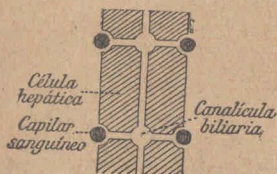


Fig. 52. — Esquema que muestra las células hepáticas vistas de frente.

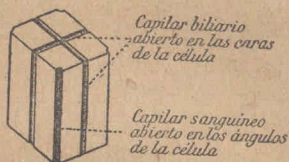


Fig. 53. — Célula hepática aislada.

un *canal perilobular* (fig. 51); después los canales de los lóbulos vecinos se juntan y acaban por dar un conducto excretorio único, el *canal hepático*.

Célula hepática. — Las células hepáticas forman una especie de rastros que parten del centro del lóbulo para radiar hacia la periferia (fig. 50). La célula hepática es poliédrica y está formada de un núcleo y de una masa de protoplasma reticulado; no está limitada por una membrana de envoltura.



Fig. 54. — Célula hepática muy aumentada.

El protoplasma (fig. 54) contiene granulaciones de diferentes órdenes : 1º granulaciones de materia pigmentaria, que aparecen en forma de granos de rojo verdoso, es la *birilubina*; 2º el *glicógeno*, que se deposita en las mallas del protoplasma en forma de gotecillas difusas que se coloran por el yodo en caoba oscuro; 3º gotecillas de *grasa*, que están uniformemente esparcidas en el protoplasma, las cuales son muy abundantes después de la digestión.

En resumen, cada célula hepática es una célula glandular que da dos productos diferentes : 1º la *bilis*, que sale por el canal

hepático; 2º el *glicógeno*, que sale por la vena sushepática después de haber sido transformado en azúcar. En la sangre que traen la vena porta y la arteria hepática toma la célula los elementos de la bilis y del glicógeno.

II. — Los alimentos.

El hambre. — Los alimentos son materiales tomados del mundo exterior con objeto de reparar las pérdidas que experimenta nuestro organismo. La necesidad de tomar alimentos se manifiesta por necesidades tales como el *hambre* y la *sed*, que se presentan á intervalos regulares y son como una especie de señal de alarma advirtiéndolo al organismo de su empobrecimiento. Ciertos animales, como los Conejos, cuyo decaimiento es rápido y los alimentos poco nutritivos, comen continuamente y su estómago siempre está lleno de alimentos.

El hambre procura, al principio, una sensación que no es desagradable : es el *apetito*; pero si se prolonga degenera en dolorosa. Esto proviene de que la sangre no contiene suficientes materias nutritivas. Es difícil decir dónde se tiene hambre; sin embargo, esta sensación, aunque vaga, parece situada en el estómago : esto explica por qué se la puede calmar introduciendo en el estómago materias inertes. Ciertos venenos, como el tabaco y el opio, y algunas enfermedades pueden hacer desaparecer la sensación del hambre. Al contrario, hay enfermedades, como la diabetes, por ejemplo, que producen un efecto inverso : entonces el hambre es permanente; á esto se le llama *bulimia*.

La sed. — La sed está caracterizada por la sequedad de la boca y de la garganta y por la falta de saliva; pero, en realidad, proviene de que los tejidos, y particularmente la sangre, han perdido agua. Esto está probado por el hecho de que la sensación de sed es intensa si el organismo pierde agua por una hemorragia importante ó por una diarrea; al contrario, la sed se calma si se vuelve al organismo el agua que ha perdido. Así, después de haber hecho correr perros hasta producir una sed ardiente, se ha logrado hacer desaparecer esta sensación en esos animales inyectando agua en las venas. Por el contrario, el simple paso de una bebida por la

boca no calma la sed. Esto se ha demostrado experimentalmente en un animal, cortándole transversalmente el esófago : el animal, tonel de las Danaides, bebe indefinidamente sin poder apagar la sed.

La resistencia en el ayuno. — El organismo no puede resistir mucho tiempo á la privación completa de alimentos. Porque no sólo los alimentos le son necesarios para reparar las pérdidas que ha sufrido, sino que son para la máquina humana lo que el carbón para la máquina de vapor. Estos le dan, como lo probaremos más adelante, la energía que necesita para producir trabajo.

Así es que los hombres y los animales que tienen grande actividad no pueden resistir mucho tiempo el ayuno completo. El conejo de Indias, por ejemplo, no resiste más de 6 días : un perro puede resistir 30 días; se admite que el hombre puede aguantar la abstinencia durante 20 días; pero este tiempo puede ser más corto ó más largo según las circunstancias. Por el contrario, los animales que pasan todo el invierno durmiendo, como la Marmota y el Erizo, no comen nada durante ese tiempo; es porque su vida se ha paralizado y hacen poco gasto.

El fisiólogo Claudio Bernard ha probado que los animales de sangre fría, los Sapos por ejemplo, pueden vivir varios años encerrados en un bloque de yeso, privados por consiguiente de todo alimento.

El primer efecto de ayuno es el enflaquecimiento : primero, desaparece la grasa completamente y después el hígado y los músculos. El corazón y el sistema nervioso no pierden nada por decirlo así, y esta es la razón por qué la vida se sostiene; pero tan pronto como llegan á sufrir una decadencia el animal muere.

Principales alimentos. — El alimento más útil sería evidentemente aquel cuya composición se acercase más á la de nuestro organismo. Ahora bien, estudiando la composición del cuerpo humano, encontramos : agua, sales minerales (carbonatos, fosfatos, sulfatos, cloruros de sodio, de potasio, de magnesio) azúcares, grasas, materias albuminoideas, etc. Por consiguiente, el alimento perfecto debería contener todos los elementos que entran en estas sustancias. Pero en realidad no existe, y sólo por la mezcla de los diversos alimentos, tales como se encuentran en la natu-

raleza, podemos procurar á los órganos los elementos reparadores que necesita.

Los principales alimentos pueden ser agrupados en cuatro grupos, según su origen ó su composición química :

1º LOS ALIMENTOS MINERALES, de los cuales los más importantes son : el agua, la sal común, las sales calcáreas y el hierro.

El *agua* entra por los $\frac{2}{3}$ en la composición del organismo. Es de absoluta necesidad para la formación de los líquidos del organismo.

La *sal* ó *cloruro de sodio* es indispensable para la nutrición de los órganos y el buen funcionamiento del estómago. No se podría uno privar de sal sin causar trastornos en el organismo. Por otra parte, sabido es que los ganaderos colocan en los establos bloques de sal que los animales lamen con avidez. La sal parece que excita su apetito y les da al mismo tiempo más vigor y más cuerpo.

Las *sales calcáreas* (fosfato y carbonato de calcio) son necesarias sobre todo para el niño en el momento de la formación de los huesos.

El *hierro* es un elemento que entra en la composición de la sangre.

2º LOS ALIMENTOS HIDROCARBONADOS : *feculentos* y *azúcares*. Estos alimentos, esencialmente formados de hidrógeno, de oxígeno y de carbonó, pueden ser considerados como una combinación del carbono con el agua : de ahí les viene su nombre.

Los *feculentos* tienen la composición química del almidón ó de la fécula, cuya fórmula es $C^6H^{10}O^5$ ó $C^6(H^2O)^5$. Son sobre todo de origen vegetal : Trigo, Arroz, Patata, etc.

Los *azúcares* comprenden dos series : la de la *glucosa* y la de la *sacarosa*. La *glucosa* ($C^6H^{12}O^6$) es el azúcar de uvas ó de frutas : es soluble en el alcohol y puede fermentar bajo la influencia de la levadura. La *sacarosa* ($C^{12}H^{22}O^{11}$) es el azúcar de Caña ó de Remolacha : es insoluble en el alcohol y no puede fermentar directamente bajo la acción de la levadura.

3º Las GRASAS están también formadas de hidrógeno, de oxígeno, y de carbono; pero no son hidratos de carbono. Estas se presentan en forma de grasa, de manteca ó de aceite, y resultan de la mezcla de varias sustancias tales como la *estearina*, la *margarina* y la *oleína*, que son combinaciones de un *ácido graso* (ácido esteárico.

margárico, *oleico*) con la *glicerina*. Estos cuerpos grasos se encuentran en los animales y en los vegetales.

4º Los alimentos nitrogenados ó ALBUMINOIDEOS, cuyo tipo es la clara de huevo ó albúmina, constituyen la mayor parte de los tejidos animales y vegetales. Contienen como elementos esenciales : carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno; y como elementos accesorios : azufre, fósforo y lecitina. Entre los que son de origen animal citaremos la *miosina* de la carne, la clara de huevo, la *caseína* de la leche, la fibrina y la globulina de la sangre, la *gelatina* de los huesos. Entre los de origen vegetal encontramos el *gluten* del trigo, la *legumina* de las habichuelas y de los garbanzos, etc.

En fin, debemos formar aparte otro grupo de alimentos que por mucho tiempo han sido designados con el nombre de *alimentos de ahorro*, porque se creía que con su simple presencia favorecían la transformación del calor en fuerza, y que por consiguiente daban más energía al organismo. En realidad, estos alimentos, tales como el alcohol, el te, el café, son excitantes del sistema nervioso; son más bien una causa de debilitamiento de las fuerzas físicas y de las facultades intelectuales. De modo que por su acción merecen mejor el nombre de *alimentos de perjuicio* que se les podría dar. Además, tomados en fuertes dosis, estos alimentos resultan verdaderos venenos.

La alimentación debe ser mixta. — Ninguno de los alimentos simples que acabamos de enumerar, tomado solo, puede sostener la vida. Esto se ha demostrado experimentalmente : un perro alimentado exclusivamente con carne, sucumbe al cabo de tres meses; sometido al régimen exclusivo de feculentos ó de cuerpos grasos muere al cabo de un mes. Luego la alimentación mixta es necesaria.

Por otra parte, los alimentos ordinarios resultan siempre de la mezcla de alimentos simples. Así, el pan se compone de gluten (materia albuminoidea), de almidón (materia feculenta) y de fosfato y carbonato de calcio (materias minerales).

A ciertos alimentos se les ha llamado *completos*, porque contienen diversos alimentos simples en una buena proporción. Pero en sentido riguroso, se puede decir que no hay alimentos com-

pletos, excepto la leche, que contiene á la vez caseína (albuminoide), azúcar (hidrato de carbono), manteca (grasa), sales y agua. Así es que la leche es para los niños el único alimento; lo mismo que el huevo para el pajarito que se desarrolla dentro del cascarón. El huevo, en efecto, se compone de yema (grasa y lecitina) y de clara (albuminoide). He aquí, por otra parte, un cuadro que da en números redondos la composición de algunos alimentos, según A. Ch. Richet :

	LECHE	HUEVOS	CARNE	PAN
Agua.	87	71	77	40
Albuminoides.	4	16	20	8
Grasas.	4	12	2	1
Hidratos de carbono.	4	rastros	rastros	50
Sales.	1	1	1	1

Este cuadro muestra que el pan contiene poca grasa, que la carne y los huevos no contienen bastantes hidratos de carbono. De donde resulta la necesidad de asociar los alimentos : pan y carne, pan y huevos, etc.

Existen, sin embargo, animales exclusivamente herbívoros ó exclusivamente carnívoros. Pero el hombre no puede someterse á los regímenes extremos, vegetariano ó carnívoro, sin exponerse á graves inconvenientes.

En otro capítulo indicaremos lo que debe entenderse por *ración alimenticia* y cómo debe variar según los casos.

III. — Fisiología de la digestión.

Las acciones que se ejercen sobre los alimentos son de dos clases : unas son *mecánicas*, otras *químicas*.

§ 1. — Fenómenos mecánicos.

Masticación. — Tan pronto como se meten los alimentos en la boca, los dientes los despedazan y trituran con los movimientos

de las mandíbulas. En ese momento, la saliva sale en abundancia é impregna los alimentos que se van uniendo sobre la cara superior de la lengua y forman una masa blanda llamada *bolo alimenticio*. Es de suma importancia que los alimentos sean bien masticados para que los jugos digestivos puedan obrar pronto y bien. Numerosos trastornos del tubo digestivo (*dispepsia*) sobrevienen con frecuencia en las personas que no mastican completamente los alimentos. Luego es muy importante no tragar ávidamente los alimentos, so pena de exponerse á malas digestiones.

Deglución. — La *deglución* es el paso del bolo alimenticio de la boca al esófago. Esta se opera en dos tiempos 1º la punta de

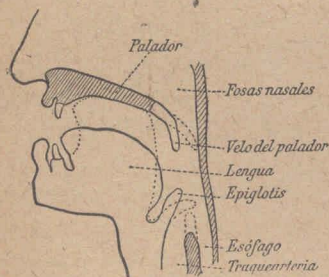


Fig 55. — La boca en el momento de la deglución (las líneas de puntitos indican la posición de los órganos durante la deglución).

la lengua se apoya contra la bóveda del paladar (fig. 55) y empuja el bolo alimenticio hacia atrás contra el velo del paladar, que se levanta y va á cerrar la abertura de las fosas nasales; 2º los músculos de la faringe se contraen, levantan la laringe y la traquearteria, como se puede observar metiendo el dedo en la parte de la laringe conocida con el nombre de bocado de Adán; el orificio de la traquearteria se encuentra entonces cerrado por una lengüeta, la *epiglotis*, que,

tocando la base de la lengua, cae hacia atrás é impide así la introducción de partículas alimenticias en las vías respiratorias. Solo el esófago queda bien abierto y por él pasa el bolo alimenticio. Puede suceder, sin embargo, que los alimentos sean expulsados por las fosas nasales cuando se ríe ó tose al hacer la deglución. También puede penetrar una partícula alimenticia en la traquearteria y provocar una tos incómoda.

Movimientos peristálticos. — Desde el esófago los alimentos van avanzando gracias á las contracciones sucesivas de las fibras musculares circulares y longitudinales del tubo digestivo. Estas

contracciones, que comienzan por arriba para dirigirse hacia abajo, producen los movimientos *peristálticos* del tubo digestivo. En el vómito, y normalmente en los Rumiantes, estos movimientos del esófago se verifican de abajo hacia arriba : son *antiperistálticos*.

Los movimientos del estómago son enérgicos, de modo que los alimentos se mezclan bien con el jugo gástrico, y sólo después de haber sufrido la acción de este jugo pueden pasar al intestino. *Hasta ese momento permanece cerrado el píloro.*

Si el diafragma y los músculos de la pared abdominal se contraen al mismo tiempo, se apoyan sobre el estómago que entonces se encuentra comprimido por dos lados á la vez y arroja su contenido por el cardias : ese es el *vómito*.

Los movimientos peristálticos del intestino delgado empujan los alimentos al intestino grueso; después, la válvula ileo-cecal impide que las materias vuelvan al intestino delgado; de modo que éstos siguen avanzando hacia el colon, el recto, donde son contenidas por el esfínter anal antes de ser expelidas por el ano. Cuando los movimientos peristálticos son violentos, son causa de dolores conocidos con el nombre de *retortijones* ó *cólicos*.

Todos los movimientos del tubo digestivo, excepto los de la boca, de la faringe y del esfínter anal, son *involuntarios*.

§ 2. — Fenómenos químicos.

Los jugos digestivos. — Los diferentes jugos digestivos, tales como la saliva, el jugo gástrico, el jugo pancreático, el jugo intestinal hacen experimentar á los alimentos ciertas transformaciones que los vuelven *solubles* y *asimilables*. Conviene, en efecto, que el alimento sea, no sólo soluble, sino también asimilable. Así, la albúmina de huevo, el azúcar de caña son alimentos líquidos, pero incapaces de alimentar el organismo tales como son, porque no son directamente asimilables. Si se les inyecta en una vena, al poco tiempo se les encuentra en la orina; luego el organismo no los ha podido utilizar. Si, por el contrario, se les inyecta en la sangre después de haberlos sometido á la acción de los jugos digestivos, entonces no van á la orina; luego han servido para la nutrición del organismo.

Cada uno de los jugos digestivos contiene una substancia parti-

cular llamada *diástasa*, y cada diástasa produce en tal ó cual alimento una transformación particular.

La saliva. — La saliva es mixta, pues resulta de la mezcla de tres salivas *parotidiana*, *submaxilar* y *sublingual*, que provienen de tres glándulas salivales. Claudio Bernard separó y estudió cada una de estas salivas :

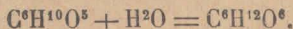
1º La *saliva parotidiana* es muy fluída y siempre alcalina, sirve especialmente para la masticación; por eso la glándula parótida está muy desarrollada en los animales que comen alimentos secos (Carnero, Caballo), y es nula en los animales acuáticos, cuyos alimentos están siempre empapados de agua (Cetáceos). La saliva contiene fosfato de calcio que se deposita en forma de *tártaro dental*.

2º La *saliva submaxilar* es viscosa y sirve sobre todo para saborear los alimentos; por eso la glándula submaxilar está muy desarrollada en los carnívoros (Perro, Gato) y muy reducida en las Aves granívoras, que no saborean los alimentos.

3º La *saliva sublingual* es muy viscosa y contiene mucho moco, que sirve para facilitar la deglución de los alimentos.

Puesta en un vaso, la *saliva mixta* es un líquido incoloro que se separa al momento en tres capas : una superior, un poco espumosa, la del medio acuosa y la inferior contiene células epiteliales de la mucosa bucal y numerosos microbios.

La *saliva mixta* contiene agua, sales, tales como cloruros, carbonatos y fosfatos alcalinos y una diástasa particular, la *ptialina*. Esta diástasa transforma los feculentos en glucosa por hidratación :



Almidón + Agua = Glucosa.

Por lo demás, puede uno convencerse de esta transformación conservando algunos minutos en la boca miga de pan : entonces se siente un sabor *azucarado*.

Para que la transformación del almidón en glucosa se efectúe rápidamente, es preciso que el almidón esté cocido. Se puede obtener la transformación del almidón en glucosa, colocando almidón en un tubo con saliva y teniendo este tubo cierto tiempo á la temperatura del cuerpo (37º). En seguida se observa que el líquido ya no se vuelve azulado por el yodo, como lo hace siempre el

almidón; además se ve que el líquido da un precipitado rojo con el licor de Fehling (tartrato doble de cobre y de potasio), que es lo que caracteriza la glucosa. El almidón ha sido digerido. Entonces se dice, cuando se ha verificado este experimento, que se ha hecho una *digestión artificial*.

La secreción de la saliva se hace por influencia del sabor de los alimentos; pero la vista, el olor ó la simple idea de un bocado sabroso « hace la boca agua », como suele decirse. Por el contrario, otras impresiones pueden cortar la salivación; por eso una fuerte emoción seca la boca.

El jugo gástrico. — Hasta el año 1750 se admitía que la digestión consistía en una *trituration* de los alimentos por el estómago.

Hacia 1750 aplicó Réaumur por primera vez el método experimental á los experimentos fisiológicos. Para esto hizo tragar á ciertas aves tubos de vidrio con agujeros llenos de carne, la cual fué digerida á pesar de estar al abrigo de la acción mecánica del estómago. De aquí dedujo que la digestión de la carne provenía de la acción de un líquido particular producido por el estómago.

Hacia 1780 repitió Spallanzani los experimentos de Réaumur, haciendo tragar á ciertas aves una esponjita atada á una cuerda; así pudo sacar la esponjita tirando de la cuerda y recoger el jugo gástrico que había impregnado la esponja; luego observó que este jugo digería la carne.

En 1833 el médico americano Beaumont tuvo ocasión de curar á un cazador canadiense, que había recibido un balazo en el vientre. La herida se curó, pero dejando una abertura que ponía en comunicación el estómago con el exterior : á esto se le llama una *fístula gástrica*. Por ese orificio se podía observar lo que pasaba en el estómago durante la digestión de los alimentos. De ese modo se vió que la mucosa del estómago se vuelve roja en el momento de la digestión y que de todas partes aparecían finas gotitas de jugo gástrico, aun antes de llegar los alimentos al estómago.

En fin, hacia 1845 el Dr Blondlot hizo una fístula gástrica á un perro, operando de la manera siguiente : hizo una incisión en la pared abdominal y otra en la pared gástrica y luego juntó los labios de la primera con los de la segunda para establecer una

comunicación directa entre la cavidad del estómago y el exterior. Después introdujo por este orificio un tubo por donde podía gotear el jugo gástrico, que era recogido en un recipiente suspendido del tubo, y en seguida estudiaba su composición y su acción sobre los alimentos. Hoy se hacen estas fistulas corrientemente en los laboratorios de fisiología.

El jugo gástrico es un líquido claro, que contiene 98 por 100 de agua, sales (cloruro de sodio y fosfato de calcio) ácido clorhídrico y una diástasa particular, la *pepsina*.

Se pueden efectuar digestiones artificiales poniendo jugo gástrico en un recipiente á la temperatura del cuerpo humano (37° á 38°); la carne puesta en ese jugo se hincha, se vuelve transparente y al fin se transforma en líquido soluble en el agua. El jugo gástrico obra de la misma manera sobre todos los albuminoides transformándolos en sustancias absorbibles llamadas *peptonas*. Esta transformación se verifica por influencia de la *pepsina* y del *ácido clorhídrico*, sin el cual no podría obrar la diástasa.

El estómago de los terneros contiene, á más de la *pepsina*, otro fermento, el *cuajo*, que tiene la propiedad de coagular la caseína de leche. Primero se coagula la leche y luego se disuelven los cuajaronos de caseína.

La papilla que resulta de la transformación de los alimentos por el jugo gástrico se llama *quimo*. El píloro no deja pasar los alimentos sino después de haber sufrido esta modificación, que exige dos ó tres horas. Pero este tiempo varía según los alimentos: así, la carne cruda se disuelve con más rapidez que la cocida, y la asada más pronto que la cocida. Cuando termina la digestión estomacal, se abre el píloro y en unos cuantos minutos pasa al intestino el contenido del estómago.

El jugo gástrico digiere todas las sustancias albuminoideas, pero no digiere las paredes del estómago, porque están protegidas por una capa de moco y por el epitelio.

La secreción del jugo gástrico no se produce sino en el momento de la comida y mientras permanecen los alimentos en el estómago. Tan pronto como el estómago haya evacuado su contenido en el intestino, cesa la secreción. Recientes experimentos del fisiólogo ruso Pawlow han demostrado que el jugo gástrico es segregado: 1° por influencia gustativa de los alimentos: 2° por la acción

directa de los alimentos sobre la mucosa del estómago. Por eso, la vista ó el olcr de la carne provocan una secreción gástrica que se puede observar fácilmente en un perro que tenga una fistula gástrica. Si á ese perro se le hace comer un pedazo de esponja empapado de agua, no se observa secreción; al contrario, si la esponja está empapada de jugo de carne, la secreción es abundante. En fin, si se introduce por el orificio de una fistula una varita de vidrio, se verá que la mucosa del estómago se pone roja en los puntos tocados y que se cubre de un rocío de jugo gástrico, pero poco abundante. Para que la secreción sea copiosa es preciso que las materias introducidas en el estómago obren químicamente. Por eso hay abundante secreción de jugo gástrico cuando se toma caldo.

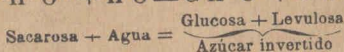
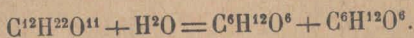
El jugo pancreático. — Se puede obtener jugo pancreático haciendo una fistula pancreática, es decir, abriendo el canal pancreático é introduciendo una canilla para recoger el jugo que destile. Este es un líquido incoloro, viscoso, de reacción alcalina como la saliva, que contiene agua, sales, particularmente fosfatos, y sobre todo diástasas. Estas son tres y cada una tiene una acción particular : una continúa la acción de la saliva obrando sobre los *feculentos*; es la *amilopsina*; otra, como la pepsina, obra sobre los *albuminoides*, pero en un medio alcalino; es la *tripsina*, y, en fin, la tercera, llamada *esteapsina*, obra sobre los cuerpos grasos emulsionándolos, es decir, reduciéndolos á finas gotitas que quedan en suspensión en el líquido, y saponificándolos, es decir, separándolos en glicerina y en ácido graso.

La digestión de las grasas exige la acción combinada del jugo pancreático y de la bilis. Así, en el conejo la bilis se vierte donde empieza el intestino, mientras que el canal pancreático desemboca 20^{cm} más abajo; por consiguiente si el conejo ingiere grasa, ésta no se digiere sino desde el punto de confluencia del canal pancreático. Inversamente, recientes experimentos han demostrado que el jugo pancreático no digiere las grasas hasta que la bilis se haya mezclado con él.

Se ha demostrado experimentalmente que es el jugo gástrico el que provoca, por una acción sobre la mucosa del intestino, la producción del jugo pancreático

El jugo pancreático es el más importante de los jugos digestivos. Por eso un animal sin páncreas no puede apagar el hambre y enflaquece rápidamente aunque se le dé exceso de alimentación, mientras que un perro soporta perfectamente, sin desmejorar, la extirpación del estómago.

El jugo intestinal. — Se puede obtener el jugo intestinal *entérico*, como se le llama todavía, haciendo dos ligaduras en el intestino delgado. La porción comprendida entre estas dos ligaduras se llena de jugo entérico. Es un líquido alcalino que contiene agua, sales, particularmente carbonato de sodio y una diástasa especial, la *invertina*. Esta diástasa tiene la propiedad de transformar el azúcar de caña ó sacarosa, que no es asimilable, en una mezcla de dos azúcares, glucosa y levulosa. Esta mezcla, llamada *jugo invertido*, puede así ser absorbido. La acción de la invertina está resumida en la fórmula siguiente :



La bilis. — Se obtiene la bilis haciendo una *fistula biliaria*, es decir, recogiendo el líquido que sale por una canilla introducida en el canal colédoque. Es un líquido amarillo cuando está fresco, que se vuelve verde en contacto del aire; es algo alcalino y contiene agua, sales y materias colorantes ó pigmentos.

Las sales son cloruro y fosfato de sodio, taurocolato y glicocolato de sodio. Estas últimas sales son las que comunican el amargor á la bilis.

La *materia colorante* es la *bilirrubina*, que, al alterarse, da la *biliverdina*; esta materia deriva de la hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre. Luego es probable que el hígado tome á los glóbulos rojos los elementos de esta substancia. Luego el hígado parece ser un destructor de los glóbulos rojos.

En fin, la bilis contiene una substancia poco soluble, la *coles-terina*, que se precipita fácilmente en forma de agujas, las cuales por su aglomeración van á formar los *cálculos biliares*, cuya expulsión produce violentos dolores que se conocen con el nombre de *cólicos hepáticos*.

La secreción de la bilis por el hígado es continua; por eso el líquido va á acumularse en la vesícula de la hiel para salir en el momento de la digestión intestinal.

La bilis es sobre todo un producto de eliminación, es decir que contiene materias nocivas para el organismo, que deben ser expulsadas fuera; pero no obstante desempeña cierto papel en la digestión. En efecto : 1° digiere los cuerpos grasos emulsionándolos : todo el mundo sabe que la bilis quita las manchas de grasa. Si se practica en un perro una fistula biliaria, el animal enflaquece y se le cae el pelo; 2° impide la putrefacción de las materias alimenticias en el intestino; 3° limpia al intestino de viejas células epiteliales que acortarian sus poderes digestivo y absorbente.

Cuando, por causa de la obstrucción del canal colédoque, la bilis no se derrama en el intestino, se acumula en los canales biliares y acaba por pasar á la sangre, la cual la transporta á todos los órganos : es la causa de la enfermedad conocida con el nombre de *ictericia hepática*.

El hígado puede destruir ciertos venenos introducidos, sea por la alimentación, sea por las fermentaciones del tubo digestivo. Si, en efecto, se inyecta un veneno en la vena de un miembro, el animal muere; si, por el contrario, se le inyecta en la vena porta, el animal sobrevive.

La secreción de los jugos digestivos. — Los experimentos del fisiólogo Pawlow han evidenciado la influencia del sistema nervioso en la secreción de los jugos digestivos, y han demostrado que el trabajo de las glándulas digestivas depende de la naturaleza de los alimentos. Por eso, los alimentos que contienen albúmina vegetal (pan) más difícil de digerir que la albúmina animal (carne), provocan la secreción de un jugo gástrico que contiene mucha pepsina y poco ácido.

Parece que las glándulas adaptan sus esfuerzos al fin fisiológico deseado. Á cada alimento corresponde un trabajo fisiológico adecuado. Luego hay una especie de adaptación del trabajo digestivo al régimen alimenticio del individuo. De ahí viene la explicación de los trastornos digestivos que resultan cuando se cambia bruscamente de régimen alimenticio

Las diástasa. — La transformación de los alimentos en materias solubles y asimilables se verifica con una absorción de agua. Ya hemos demostrado que mediante la hidratación el almidón se transforma en glucosa, los albuminoides en peptonas, la sacarosa en azúcar invertido, etc. Esta hidratación se produce por influencia de cuerpos especiales llamados *diástasas* ó *fermentos solubles*. Estos son cuerpos albuminoideos formados por las células del organismo y que es difícil preparar en estado de pureza. No obstante, las diástasas, así como la mayor parte de las sustancias albuminoideas, son precipitables por el alcohol, y en seguida se las puede precipitar con agua que disuelve la diástasa. Este es un método general de preparación de las diástasa.

Las diástasas poseen esta propiedad general : que en pequeña cantidad pueden transformar masas considerables de materias; teóricamente una pequeña cantidad de fermento es capaz de transformar una cantidad indefinida de substancia. Una vez empezada la acción, continúa sin que sea necesario introducir nueva cantidad de diástasa. Por eso un peso mínimo de diástasa puede convertir en azúcar masas enormes de feculentos. Esta desproporción entre la causa y el efecto es precisamente la característica de las fermentaciones; por eso se ha dado á las diástasas el nombre de fermentos solubles.

No sólo se encuentran esparcidos en todos nuestros órganos fermentos análogos á las diástasas digestivas, sino que éstas no son peculiares al organismo animal; pues se las ha encontrado también en los vegetales más inferiores, como los hongos. Su número parece ser tan considerable como el de las materias que transformar.

En ciertos casos patológicos, las células del organismo pueden segregar ciertas especies de fermentos solubles que obran como verdaderos venenos y pueden envenenar el organismo produciendo lo que se llama una *autointoxicación*. Los microbios también pueden dar diástasas ó *toxinas*, tales como la toxina del tétanos y de la difteria.

Papel de los microbios en la digestión. — En el tubo digestivo no hay sólo *fermentos solubles*; existen también *fermentos figurados*, es decir organismos microscópicos que efectúan también la fermentación de los líquidos y que se designan general-

mente con el nombre de *microbios*. En las conferencias de higiene se suele hablar de ellos con prolijidad á propósito de las enfermedades contagiosas de que son causa; aquí nos concretaremos a decir que los microbios que contiene el tubo digestivo son variados y numerosos.

Según la opinión de Pasteur y Duclaux, ciertos microbios desempeñan un papel útil en la digestión. Pueden, así como las células del tubo digestivo, segregar diástasas que obran sobre los alimentos. Así, por ejemplo, el *Bacillus subtilis* da una diástasa capaz de digerir los albuminoides.

Recientes experimentos han demostrado que estos microbios eran necesarios para la nutrición del individuo. Si, por ejemplo, se nutren animales encerrados en jaulas ó cajas esterilizadas, es decir limpias de sus microbios, con alimentos también esterilizados, se observa que enflaquecen y tienen trastornos intestinales; mientras que otros animales, de la misma raza, del mismo peso, alimentados en jaulas sin esterilizar con alimentos idénticos, pero no esterilizados, se desarrollan normalmente.

RESUMEN

La *digestión* es la transformación de los alimentos en sustancias líquidas y absorbibles.

Aparato digestivo. — El aparato digestivo comprende dos partes :

1° *Tubo digestivo* : { Boca, faringe, esófago, estómago, intestino, ano.

2° *Glándulas anexas* : Glándulas salivales, páncreas, hígado.

El tubo digestivo. — En el interior de la boca están los *maxilares y dientes*.

Músculos motores del maxilar inferior : { 1. M. elevadores : *temporal y masetero*.
2. M. abajador : *digástrico*.
3. M. para movimientos laterales : *pteri-goideos*.

Tres regiones : *corona, cuello, raíz*.

Tres formas : *incisivos, caninos, molares*.

Estructura : *esmalte, cemento, marfil, pulpa dental*.

Dientes : { Dentición de leche :
$$\frac{4}{4} I + \frac{2}{2} C + \frac{4}{4} P. M = 20.$$

Fórmulas dentales : { Dentición definitiva :
$$\frac{4}{4} I + \frac{2}{2} C + \frac{4}{4} P. M + \frac{6}{6} G. M = 32.$$

La *faringe* comunica, por arriba, con la boca y las fosas nasales, y por abajo, con el esófago y la traquearteria.

El *esófago* desciende verticalmente hacia el estómago; su pared está formada de tres túnicas; externa *fibrosa*, media *musculosa*, interna *mucosa*.

El *estómago*, situado debajo del diafragma, contiene en el espesor de sus paredes las glándulas gástricas, que segregan el *jugo gástrico*.

El *intestino* comprende dos partes: el *intestino delgado* y el *intestino grueso*.

La mucosa del intestino presenta resaltos o *vellosidades intestinales* y depresiones ó *glándulas*.

Los diferentes órganos contenidos en el abdomen (estómago, hígado, intestino, etc.), están ligados unos con otros y con la pared del cuerpo por una membrana serosa, el *peritoneo*.

Las glándulas *anexas*. — Glándulas salivales, páncreas é hígado.

1. *Glándulas salivales* : { G. parótidas.
G. submaxilares.
G. sublinguales.

2. *Páncreas* : Glándula en racimo; el canal *pancreático* se une al *colédoque* para echarse en el intestino delgado.

3. *Hígado* : { Aspecto exterior : 4 lóbulos, hilio del hígado, vesícula biliaria, canal hepático.
Circulación. { 1° La sangre llega por la arteria hepática y la *vena porta*.
2° La sangre sale por la *vena sushepática*. Entre estos dos vasos se encuentra el *sistema porta hepático* [dos redes de capilares].
Formado de *n lóbulos hepáticos*.
Estructura. { un lóbulo comprende { *n células hepáticas* (glucógeno y pigmentos biliares).
Vasos *sanguíneos* : perilobularios é intralobularios.
Vasos *biliares* : Canal hepático que se une a. canal cístico para dar el canal colédoque.

Los alimentos. — Los alimentos tienen por objeto reparar las pérdidas que sufre el organismo. La necesidad de tomar alimentos se manifiesta por el *hambre* y la *sed*. El organismo no puede resistir mucho tiempo al ayuno.

Los principales pueden agruparse en 4 grupos :

1. *Alimentos minerales*: Agua, sal, fosfato y carbonato de calcio, hierro.
2. *Alimentos hidrocarbonados*: [C, O, H]
 - 1. Feculentos: almidón, fécula, patata, trigo.
 - 2. Azúcares: glucosa, sacarosa.
3. *Grasas* [C, O, H]: Grasas, aceites, mantecas.
4. *Alimentos nitrogenados ó albuminóideos* [C, O, H, N]:
 - Albúmina de la carne, de la clara de huevo.
 - Caseína de la leche.
 - Gluten del trigo.

La alimentación debe ser mixta, es decir formada de una mezcla de diversos alimentos. Hay ciertos alimentos que son completos: leche, huevo.

Mecanismo de la digestión. — Masticación, deglución, movimientos peristálticos.

1. *Masticación*: Movimientos de la mandíbula inferior.

2. *Deglución*:

- 1. El velo del paladar se levanta para cerrar la abertura de las fosas nasales.
- 2. La laringe se levanta, la epiglotis baja para cerrar la traquearteria.

3. *Movimientos peristálticos*. — Las contracciones de las fibras musculares hacen avanzar los alimentos hacia el estómago y luego hacia el intestino; estos movimientos son involuntarios.

Química de la digestión. — Los diferentes jugos digestivos contienen una substancia especial llamada *diástasa*, que tiene la propiedad de hacer *solubles* y *asimilables* los alimentos. Cada jugo gástrico tiene su diástasa especial.

Se puede resumir en el cuadro siguiente la acción de las diferentes diástasas.

JUGOS DIGESTIVOS	DIÁSTASAS	ALIMENTOS	PRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN
Saliva	Ptialina	Feculentos . . .	Azúcar.
Jugo gástrico . .	Pepsina	Albuminóides .	Peptonas.
Jugo pancreático	3 diástasas . . .	1. Feculento . .	Azúcar.
		2. Albuminóides	Peptonas.
		3. Cuerpos grasos	Emulsión y saponificación.
Jugo entérico . .	Invertina	Sacarosa	Azúcar invertido { glucosa. levulosa.
Bilis		Grasas	Emulsión y saponificación.

Las *diástasas* ó *fermentos solubles* obran sobre los alimentos hidratándolos. Son materias nitrogenadas que se pueden precipitar por el alcohol. Existen en los animales y los vegetales.

Ciertos *microbios* contenidos en los alimentos y en el tubo digestivo desempeñan un papel útil en la digestión.

CAPÍTULO III

LA ABSORCIÓN ALIMENTICIA

La absorción es el paso á la sangre de las materias nutritivas que resultan de la digestión. Vamos á estudiar por qué *vías* y qué *mecanismo* se hace esta absorción.

Vías de la absorción. — Sabido es que ciertos medicamentos pueden ser absorbidos por la piel mediante fricciones; sabido es también que el oxígeno del aire, en la respiración, es absorbido por los pulmones; pero es más difícil de saber en qué parte del tubo digestivo se efectúa la absorción alimenticia.

Al principio se había creído que la absorción no se hacía por el estómago. En efecto, se daba á un caballo, cuyo píloro se ligaba, un veneno violento, la *estricnina*, y no ocurría ningún accidente. De ahí se deducía que el estómago no absorbía. Sin embargo, abriendo después el píloro, el contenido del estómago pasaba al intestino y el caballo no se envenenaba, lo cual demostraba que el veneno había desaparecido y que lo había absorbido el estómago, mas con tanta lentitud que había podido ser expelido por la orina antes de mezclarse con la sangre en cantidad suficiente para matar el animal.

En realidad, es en el intestino, especialmente en el intestino delgado, donde la absorción es más activa. En el intestino grueso es más débil la absorción, y eso no obstante se la utiliza, sea para subvenir á la alimentación de ciertas enfermedades haciendo penetrar en el recto materias directamente absorbibles, peptonas por ejemplo, sea para hacer penetrar en el organismo ciertos medicamentos.

Aselli es el primero que en 1622 demostró que la absorción se

hacia sobre todo por el intestino. Abriendo á un perro vió, en el momento de la digestión, trazas blancas en el mesenterio; y picando esas líneas blancas, que son los *vasos quilíferos*, vió salir un líquido blanco, que no era otra cosa que una emulsión de materias grasas. Por otra parte, sabido es también que las venas intestinales absorben ciertas substancias. Luego hay dos vías de

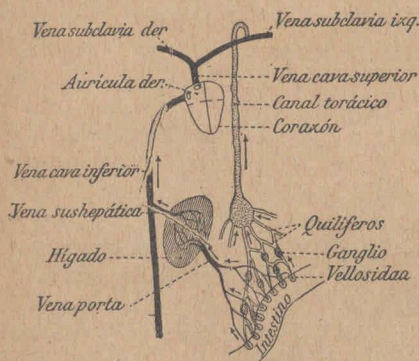


Fig. 56. — Absorción intestinal.

2º por las venas intestinales que las conducen á la vena porta, las *peptonas*, las *glucosas* y las *sales minerales*, son transportadas al hígado; después por la vena sushepática llegan á la vena cava inferior y á la aurícula derecha del corazón.

En resumen, sea por los quilíferos, sea por las venas, las substancias que resultan de la digestión llegan siempre al torrente de la circulación que las distribuye á todos los órganos, asegurando así su nutrición.

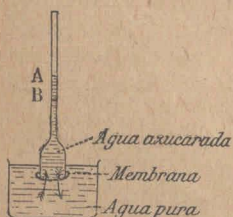


Fig. 57 — Experiencia de Dutrochet: la ósmosis.

Mecanismo de la absorción. —

Para explicar cómo penetran las materias digeridas, sea en los quilíferos, sea en los vasos sanguíneos, hay que apoyarse en la experiencia de Dutrochet, la cual consiste en verter en un tubo de ancha base (fig. 57) y

cerrado por una membrana animal (vejiga de cerdo) agua azucarada hasta cierto nivel A. En seguida se mete la parte inferior de este tubo en un recipiente que contenga agua pura. Al cabo de cierto tiempo el nivel del líquido sube en el tubo hasta B; luego á través de la membrana ha pasado agua pura á la azucarada : es la *endósmosis*. Al propio tiempo se observa que una pequeña cantidad de azúcar ha pasado al agua pura : es la *exósmosis*. Esta doble corriente es conocida con el nombre de *ósmosis* ó *diálisis*.

Si se metiera clara de huevo ó albúmina en el tubo, se produciría sólo la endósmosis, porque la albúmina no es dializable. Las sustancias han sido divididas en dos grupos : 1º las sustancias *cristaloides*, que atraviesan fácilmente las membranas; los cuerpos que cristalizan están en este caso; 2º las sustancias *coloides*, que no atraviesan las membranas : la gelatina y la albúmina por ejemplo.

Luego la absorción es una ósmosis de las sustancias cristaloides á través del epitelio intestinal. Hay que tener presente, sin embargo, que en el experimento de Dutrochet la membrana es muerta, inerte, mientras que las células epiteliales del intestino son activas. Luego si las sustancias pasan á las células epiteliales por ósmosis, es probable que son modificadas por las células epiteliales antes de llegar á las venas y á los quilíferos. La transformación de estos jugos explica por qué ciertos venenos, tal como el de las serpientes y el *curare* de los indios de la América del Sur causan efectos mortales cuando se introducen bajo la piel, mientras que no causan ningún accidente cuando se introducen en el tubo digestivo : esto consiste en que han sido modificados por las células que atraviesan. Luego el fenómeno de la absorción no es más que un simple fenómeno físico; y es además un fenómeno fisiológico puesto que depende de la actividad de las células epiteliales del intestino. Por eso se comprende que esta absorción se haga mal si se alteran estas células con ciertos venenos como el alcohol y el opio.

Las células epiteliales que absorben se usan pronto; entonces la bilis las arranca y son reemplazadas por otras nuevas situadas en la base de las viejas.

RESUMEN

La *absorción* es el paso á la sangre de las sustancias procedentes de la digestión.

Las *vías de absorción*. — Dos vías de absorción :

- 1° Las materias grasas por las *vellosidades intestinales*;
- 2° Las peptonas, las glucosas y las sales minerales por las *vías intestinales* y la *vena porta*.

Mecanismo de la absorción. — El experimento de Dutrochet demuestra que la absorción puede ser considerada como un caso particular de la *ósmosis*. Las sustancias *cristaloides* atraviesan las membranas, las *coloides* no. La absorción depende también de la actividad de las células epiteliales del intestino.

CAPÍTULO V

LA RESPIRACIÓN

I. — La respiración es un hecho biológico general.

La respiración es la función mediante la cual se verifican cambios gaseosos entre el *ser vivo* y el *medio exterior*.

Todo ser vivo respira. — Los animales y los vegetales necesitan alimentos *gaseosos* (*oxígeno*) así como alimentos *sólidos* y *líquidos*. *Todo ser vivo absorbe oxígeno* en el medio ambiente y exhala *gas carbónico*.

Por mucho tiempo se ha pensado que los animales superiores (Mamíferos y Aves) eran los únicos que necesitaban aire. Después se supo por un experimento muy simple que un pez moría al momento en agua privada de aire por la ebullición. Luego los animales acuáticos respiran mediante el aire que está en disolución en el agua.

El embrión de pollo que se desarrolla dentro del huevo necesita aire que pasa á través de los poros del cascarón. En efecto, si se da una capa de barniz á la cáscara, el aire ya no penetra, el embrión deja de desarrollarse y en seguida muere.

Más adelante demostraremos que las plantas respiran lo mismo que los animales (véase *Botánica*).

Ciertos seres pueden no absorber oxígeno libre, y aun morir por este oxígeno. Tales son los numerosos *microbios*, como el *Bacillus amylobacter* del que hablaremos más adelante, así como la mayor parte de los *microbios* patógenos. En este caso el ser vivo descompone el líquido en que vive para tomar oxígeno. Así es cómo la *levadura de cerveza*, que es un hongo, puesta en agua azucarada

y privada de aire, descompone el azúcar para tomar oxígeno; el azúcar privado de una parte de su oxígeno da alcohol, gas carbónico, glicerina, ácido succínico, etc. Luego la levadura ha tomado oxígeno en combinación; pero también puede vivir en presencia del oxígeno libre, en un pedazo de limón por ejemplo: en este caso no descompone los productos orgánicos, respira como la mayoría de los seres vivos. Todas las células del organismo, sumergidas en la profundidad de nuestros tejidos, no tienen oxígeno libre á su disposición; por consiguiente están en el caso de los glóbulos de levadura que viven en agua azucarada; así es que toman oxígeno descomponiendo la oxihemoglobina de la sangre.

En resumen, todos los seres vivos necesitan oxígeno: unas veces lo toman en *estado libre* en el aire; otras en *disolución* en el agua; otras, en fin, en *combinación* en las sustancias orgánicas oxigenadas.

Luego se puede decir con Claudio Bernard que si el *mecanismo de la respiración* varía con los diferentes animales, la *respiración propiamente dicha* de la célula, del elemento anatómico, es idéntica en todos los seres y se resume en la *absorción de oxígeno y exhalación de gas carbónico*.

Los diversos modos de la respiración. — Los cambios gaseosos entre el ser vivo y el medio exterior deben hacerse á través



Fig. 94. — Esquema de un aparato respiratorio.



A. — Pulmón. B. — Branquia.
Fig. 95. — Pulmón y branquia.

de la membrana que envuelve el cuerpo. De modo que se puede considerar un aparato respiratorio muy simple, como formado de una *membrana epitelial* (fig. 94), separando el *medio exterior* (aire ó agua) que contiene el oxígeno, de la *sangre* que va á absorber este oxígeno y rechazar el gas carbónico. Este modo de

Gracias á la elasticidad del cartílago, la extremidad anterior de la costilla es movable y puede ser solivada por arriba, por delante y por fuera.

Esta especie de caja está cubierta de gran número de músculos, de los cuales sólo estudiaremos aquí los que desempeñan cierto papel en los movimientos respiratorios.

Los músculos de la respiración. — Los más importantes son los *músculos intercostales*, los *escalenos* y el *diafragma*.

Los *músculos intercostales* reúnen las costillas entre sí; y

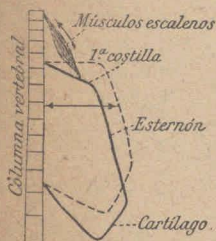


Fig. 107. — Aumento del diámetro anteroposterior del pecho.

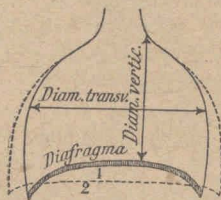


Fig. 108. — Aumento del diámetro vertical y del transversal del pecho.

forman dos planos : uno interno (*músculos intercostales internos*) y el otro externo (*músculos intercostales externos*).

Los *músculos escalenos* (fig. 107) se unen por su extremidad superior á las vértebras cervicales, y por la inferior á las primeras costillas.

El *diafragma* (fig. 108) es un tabique muscular dispuesto en forma de bóveda entre el tórax y el abdomen. Las fibras musculares del diafragma se insertan en el contorno de la caja torácica y van á convergir hacia el centro de la bóveda, donde terminan en un tendón brillante llamado *centro frénico*. Se ha dicho con razón que el diafragma es el más importante de los músculos después del corazón; pues tiene, en efecto, una acción predominante sobre los movimientos respiratorios.

La aspiración. — La *aspiración* ó entrada del aire en los pulmones se debe á la actividad de los músculos intercostales, escalenos y diafragma.

Los *músculos intercostales* al contraerse separan las costillas y agrandan transversalmente el pecho (fig. 108).

Los *músculos escalenos* (fig. 107) al levantar las primeras costillas empujan el esternón hacia adelante, de modo que la cavidad torácica se ensancha en el sentido *antero-posterior*.

El *diafragma* (fig. 108) al contraerse baja de la posición 1 á la posición 2 apoyándose sobre las vísceras abdominales, que, empujadas, producen un ligero levantamiento del vientre : luego hay aumento de la cavidad torácica en el sentido *vertical*.

Ensanchándose la caja torácica en las tres direcciones, resulta un aumento de su volumen. Los pulmones, apoyados contra la pleura, siguen pasivamente la caja torácica; de modo que los alvéolos pulmonares se aflojan y, aumentando su volumen, disminuye la presión del aire que contienen. Entonces el aire exterior se precipita por las vías respiratorias para restablecer el equilibrio. Esta entrada del aire es lo que constituye la *aspiración*.

De este modo, en cada aspiración, entra *medio litro de aire* poco más ó menos.

Las diferentes regiones de la caja torácica no se agrandan siempre de la misma manera. En ciertos individuos el diafragma es el que funciona especialmente mientras que las costillas permanecen casi inmóviles : en otros casos la parte inferior del pecho es la que se ensancha; en otros es la parte superior. Luego hay tres modos de aspiración muy diferentes : la aspiración es *abdominal* (movimientos del diafragma) en los niños; *torácica inferior* en el hombre, y *torácica superior* en la mujer.

La espiración. — La *espiración* es la expulsión de una parte del aire contenido en los pulmones. El diafragma, que estaba contraído durante la aspiración, descansa y vuelve á tomar su curvatura pasando de la posición 2 á la posición 1 (fig. 108). Al mismo tiempo los otros músculos de la respiración se aflojan y las costillas se bajan. Disminuyendo en todos sentidos la caja torácica comprime los pulmones, los cuales expulsan el aire contenido en sus alvéolos. Á cada espiración sale así por las vías respiratorias *medio litro de aire*.

La espiración ordinaria es un *fenómeno pasivo*, mientras que la aspiración es un fenómeno *activo*.

Durante la aspiración la dilatación del pecho se verifica progresivamente y el aire entra *lentamente* : mientras que en la espiración, los músculos se aflojan rápidamente y el aire es expulsado *bruscamente*; esto facilita la expulsión de las mucosidades y polvo que podrían obstruir las vías respiratorias.

Un experimento sencillo nos permite comprender el mecanismo de estos movimientos. Tomemos una campana de vidrio cuya abertura superior está cerrada con un tapón atravesado por un tubo de vidrio (fig. 109). En la extremidad de este tubo se atan la traquearteria y los pulmones de un conejo, ó simplemente dos vejiguitas elásticas. La abertura inferior de la campana está cerrada por una membrana de caucho que se puede bajar á voluntad. Si se tira de esta membrana, el volumen de la campana aumenta; hay atracción de aire, el cual penetra por el tubo en las vejigas que se hinchan : es la *aspiración*. Si soltamos la membrana para que vuelva á su posición, el volumen de la campana disminuye; el aire es expulsado y las vejigas se deshinchán : es la *espiración*. En una palabra, el aire entra cuando el volumen de la campana aumenta y sale cuando este volumen disminuye.

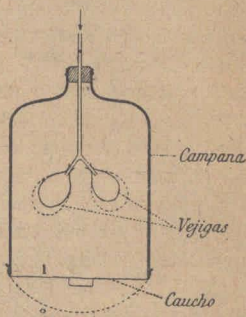


Fig. 109.— Aparato que muestra el mecanismo de los movimientos respiratorios.

Aspiración y espiración forzadas. — Estos movimientos respiratorios *forzados* son producidos por la acción de los músculos especiales, acción que se junta á la de los músculos ordinarios de la respiración.

En la *aspiración forzada*, son músculos que están ligados, sea al cráneo, sea á los miembros superiores (esterno-mastoideo, gran dentado, gran pectoral, etc.). Estos músculos que van á insertarse en la parte superior de la caja torácica, levantan y dilatan las paredes de esta cavidad. Cuando el pecho está dilatado así á su máximo, el volumen de la cavidad pulmonar es de unos 5 litros.

En la *espiración forzada* los músculos de la pared abdominal

se pegan á la base de la caja torácica y al contraerse bajan las costillas y disminuyen la cavidad torácica. Cuando el tórax está reducido á su minimum, el volumen de la cavidad pulmonar es de 1 litro y 1/2, poco más ó menos.

La diferencia entre estos dos volúmenes extremos de la cavidad pulmonar es de unos 3 litros : esto es lo que se llama la *capacidad respiratoria*.

En nuestros pulmones queda siempre, aun después de la espiración más enérgica, cierta cantidad de aire que no puede ser expulsada : es el *aire residual*.

Ciertos movimientos especiales como el *hipo*, el *sollozo* no son otra cosa que aspiraciones bruscas, debidas generalmente á contracciones enérgicas del diafragma; la *risa* y el *estornudo* son espiraciones bruscas; en fin, el *bostezo* y el *suspiro* son aspiraciones prolongadas seguidas de largas espiraciones.

La *tos* es una espiración brusca, precedida de una aspiración lenta, la cual tiene por efecto arrojar las mucosidades que obstruyen las vías respiratorias.

Hay que advertir que la cantidad de aire puro que penetra en el pulmón durante la aspiración no se utiliza toda entera, sino que una parte es expulsada por la espiración siguiente, y la otra queda en el pulmón, donde se mezcla con el aire que existía antes. Los fisiólogos han dado á esta mezcla el nombre de *ventilación* del pulmón. Se ha demostrado por medio de experimentos y medidas precisas que una fuerte aspiración produce una ventilación más eficaz que dos aspiraciones más pequeñas, allegando sin embargo el mismo volumen de aire.

Cantidad de aire. — Á cada aspiración, el hombre introduce medio litro de aire en sus pulmones; es así que el número de aspiraciones por minuto es de unos 15, luego la cantidad de aire que entra en los pulmones en 24 horas es de :

$$0 \text{ lit. } 5 \times 15 \times 60 \times 24 = 10.800 \text{ litros.}$$

Por otra parte, como unos, 20.000 litros de sangre *pasan* cada día por los pulmones, se admite que 10.000 litros de aire sirven á la hematosiis de 20.000 litros de sangre en el espacio de 24 hora.

Ruidos respiratorios. — El estudio de estos ruidos es de suma importancia en medicina : á esto se le llama *auscultación*, que fué descubierta por el médico francés Laënnec á principios del siglo XIX.

Cuando se aplica el oído al pecho de una persona que respira, se oyen *dos ruidos* : 1º un *aliento suave* que acompaña la aspiración y proviene del despliegue de los alvéolos pulmonares en el momento en que entra el aire; 2º un ruido más fuerte y rudo, el *aliento brónquico* que se oye mejor al nivel de los grandes bronquios y de la tráquea, el cual proviene de la corriente de aire que pasa por la tráquea y los bronquios.

Las alteraciones de estos ruidos (estertores, silbidos, etc.) indican al médico el estado del pulmón y de los bronquios.

Influencia del sistema nervioso. — El sistema nervioso regula los movimientos respiratorios. El *centro nervioso* que dirige estos movimientos está situado en el *bulbo raquídeo* (véase el *Sistema nervioso*), en un sitio llamado *nudo vital*. Una lesión en esta región puede causar instantáneamente la muerte paralizando los movimientos respiratorios y el corazón. Este centro nervioso es excitado por el gas carbónico; así es que cuando este gas se acumula en la sangre, se produce una aceleración convulsiva de la respiración, es la *disnea*. Al contrario, el exceso de oxígeno en la sangre suprime temporalmente la necesidad de respirar y suspende los movimientos respiratorios : entonces hay *apnea*. Por esta razón antes de saltar al agua, los buzos ejecutan movimientos respiratorios sumamente profundos, á fin de aguantar más tiempo la privación de aire.

También la piel parece tener cierta influencia en estos movimientos, porque se ha observado que hombres con muchas quemaduras que cubrían la superficie de la piel, no podían respirar sino por un esfuerzo de la voluntad. Si en ese estado les sorprende el sueño, la voluntad se paraliza, los movimientos respiratorios se paran y sucumben.

Se ha probado, por medio de un experimento muy sencillo, que para provocar los movimientos respiratorios se necesita un excitante externo : se mete un pez en el agua, teniendo cuidado de que la boca quede fuera del agua y las branquias dentro. En este

caso el pez no hace ningún movimiento respiratorio; al contrario, si la boca está dentro del agua y las branquias afuera, entonces si hace movimientos respiratorios. Luego el agua, medio respiratorio del pez, es el excitante que, en contacto con la boca, es el punto de partida de los movimientos de la respiración.

§ 2. — Fenómenos químicos de la respiración.

Historia. — En todo tiempo los fenómenos de la respiración han llamado la atención del hombre por su regularidad y presencia constante. ¿No son movimientos respiratorios el primer vagido del niño y el último suspiro del hombre? Por eso se comprende que hayan venido á ser sinónimas las palabras *vivir y respirar*.

Sin embargo, hasta el siglo XVII no se tuvo ninguna idea precisa sobre los fenómenos respiratorios. Los médicos de la antigüedad se contentaban con decir que la entrada del aire en los pulmones servía sencillamente para *refrescar* la sangre.

Priestley fué el primero que en 1775 demostró que los animales al respirar arrojan aire incapaz de mantener la respiración y la combustión. Pero no llegó á pronunciarse acerca de la naturaleza de esta alteración del aire respirado.

Lavoisier es quien demostró en 1777 que el aire respirado contenía *gas carbónico*. Por medio de experimentos rigurosos, estableció que la *respiración era una combustión* que se verificaba en los pulmones, y que resultaba de la combinación del *oxígeno* del aire con *carbón*, y que esta combustión producía *gas carbónico y vapor de agua*. Desde hace más de cien años la ciencia ha venido confirmando este célebre descubrimiento. Más adelante veremos que si los cambios gaseosos (absorción de oxígeno y exhalación de gas carbónico) se verifican en los pulmones, la combustión se produce en realidad en la intimidad de los tejidos, en la célula.

Modificaciones del aire aspirado. — **Cociente respiratorio.** — Desde el punto de vista químico la respiración consiste en una *absorción de oxígeno* por la sangre, y en una exhalación de *gas carbónico y de vapor de agua*.

Se puede demostrar la absorción del oxígeno analizando el aire de un espacio perfectamente cerrado en el que se mete un animal.



La presencia del gas carbónico en el aire espirado es fácil de observar soplando con un tubo de vidrio en un vaso que contenga *agua de cal* (fig. 110). Á los pocos minutos esta agua de cal se pone turbia, por haberse formado carbonato de calcio, insoluble en el agua, el cual se deposita en forma de polvo blanco. Este carbonato se forma mediante el gas carbónico que exhala el aire espirado.

La presencia del vapor de agua puede demostrarse fácilmente soplando en un cristal frío; entonces se deposita un *vaho* que resulta de la condensación del vapor de agua. En invierno este vapor forma delante de la boca una especie de neblina. Se ha calculado que un hombre adulto exhala por la superficie pulmonar unos 500 gramos de agua en 24 horas.

El cuadro siguiente indica la composición del aire aspirado y del espirado.

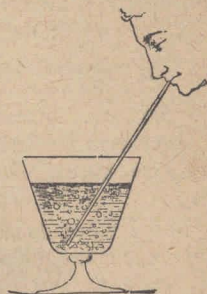


Fig. 110. — Experimento para demostrar que el aire espirado contiene gas carbónico.

	AIRE	NITRÓGENO	OXÍGENO	GAS CARBÓNICO
Aire aspirado. .	100	79	21	0,0003
Aire espirado. .	99,5	79	16	4,5

Sumando los volúmenes de los gases procedentes del aire espirado, se tiene 99,5 en vez de 100, porque una parte del oxígeno se ha utilizado en el organismo, no para producir gas carbónico, sino para dar otros productos de oxidación, tales como la *urea* por ejemplo.

En este cuadro se ve que el nitrógeno es exhalado íntegramente, luego es un gas *inerte* en la respiración. De los 10,000 litros de aire que son aspirados en 24 horas, hay unos 2,000 litros de oxígeno, y de estos 2,000 litros, 540 son absorbidos por los pulmones, que no exhalan más que 400 litros de gas carbónico. Ya sabemos

que el gas carbónico contiene su volumen de oxígeno; por consiguiente hay $540 - 400 = 140$ litros de oxígeno que son utilizados en el organismo, donde producen oxidaciones é hidrataciones (agua, urea, ácido úrico, etc.).

La proporción del gas carbónico producido y el oxígeno consumido se llama *cociente respiratorio*. Esta proporción $\frac{CO^2}{O}$ es más pequeña que 1. Varía con la alimentación; sube con los feculentos y los azúcares y baja con las grasas y los albuminoides; también varía con la edad, pues es mayor en el niño que en el adulto

Respiración de los tejidos. — *Lavoisier* pensaba que la combustión respiratoria se verificaba en los pulmones. Pero más tarde *Lagrange*, *Spallanzani* y *Edwards* demostraron que la respiración se efectuaba en todos los órganos, en los tejidos.



Fig. 111. — Respiración de los tejidos.

Paul Bert puso en una probeta que contenía aire (fig. 111) órganos y tejidos arrancados á un animal. El análisis de este aire demostró : 1º que los tejidos animales respiran absorbiendo oxígeno y exhalando gas carbónico; 2º que los diversos tejidos de un

animal respiran con una intensidad variable (el tejido muscular es el que respira con más actividad); 3º que los tejidos de los animales de temperatura constante (Mamíferos y Aves) respiran con más actividad que los tejidos idénticos de los animales de tempera-

tura variable (Reptiles, Batracios, Peces).



Fig. 112. — Respiración de las células.

vasos muy finos de tripa en una artesita (fig. 112) que contenga agua tibia y glóbulos de levadura, que son verdaderas células. La sangre arterial que pasa por estos vasos se transforma en venosa; es que las células de la levadura han absorbido el oxígeno de la sangre arterial á través de la membrana y han exhalado gas carbónico.

En resumen, cada célula viva, que esté sola ó asociada, respira

absorbiendo oxígeno en el medio ambiente y exhalando gas carbónico (fig. 113). Si el medio no contiene oxígeno libre, y esto ocurre para las células del organismo, éstas descomponen la oxihemoglobina de la sangre para tomar el oxígeno.

Mecanismo de los cambios gaseosos. — En la intimidad de los tejidos que forman los órganos, al nivel de los capilares sanguíneos, y á través de sus paredes, las células (fig. 113) toman el oxígeno de la oxihemoglobina, á la vez que forman gas carbónico,

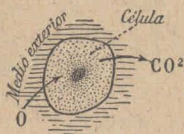


Fig. 113. — Respiración celular.



Fig. 114. — Cambios gaseosos al nivel de la vesícula pulmonar.

que va á combinarse con las sales del plasma sanguíneo para dar bicarbonatos y fosfocarbonatos.

En los capilares del pulmón, estas sales del plasma sanguíneo se disocian dando gas carbónico, carbonatos y fosfatos. Por ósmosis, el gas carbónico va á pasar á través de las paredes de los capilares y del epitelio de la vesícula pulmonar (fig. 114) para llegar á esta vesícula, de donde saldrá con el aire espirado. Mientras tanto el oxígeno del aire es absorbido por la hemoglobina de los glóbulos y da de nuevo oxihemoglobina que la sangre va á llevar á los tejidos.

Luego la sangre es el intermediario entre el *medio exterior* donde toma el oxígeno, y las *células* á las que lleva este oxígeno en forma de oxihemoglobina; pero, inversamente, quita el gas carbónico á las *células* para arrojarlo al *medio exterior*.

En resumen, la química de la respiración comprende tres fases: 1º la *respiración* ó la *combustión en las células*; 2º el *transporte de los gases* (oxígeno y gas carbónico) *por la sangre*; 3º la *purificación* ó *hematosis de la sangre en los pulmones*.

La intensidad de la respiración varía según el individuo y

el medio. — La cantidad de oxígeno absorbido y de gas carbónico exhalado que mide la intensidad de la respiración, varía según muchas circunstancias, de las cuales las principales son :

1° La *edad* : en el hombre aumenta con la edad hasta un máximo que alcanza hacia los 32 años, después disminuye hasta la muerte.

2° La *especie y la talla* : es más intensa en los animales de sangre caliente que en los de sangre fría; y entre los primeros los que respiran con más actividad son las Aves. Contando la cantidad de oxígeno absorbido por kilogramos de materia y por horas, se ve que la rana consume 50 centímetros cúbicos de oxígeno, el lagarto 130, el hombre 300 y el pollo 1000. En fin, los animales de poca talla respiran con más actividad que los grandes.

3° El *sueño* : La intensidad respiratoria disminuye durante el sueño, en una cuarta parte poco más ó menos. Los animales invernantes (marmota) exhalan durante su sueño 75 veces menos gas carbónico que despiertos.

4° Los *ejercicios físicos* : Los movimientos del cuerpo ensanchan el pecho y hacen penetrar más oxígeno en los pulmones. Por otra parte la combustión en los músculos es más activa; por consiguiente hay más necesidad de oxígeno, y por tanto se producen movimientos respiratorios más frecuentes y amplios. Estos efectos tienen suma importancia en la infancia, cuyos juegos al aire libre contribuirán á ensanchar el pecho y á fortalecer los pulmones.

5° La *temperatura* : En el hombre y en los animales de sangre caliente, la intensidad de la respiración aumenta cuando baja la temperatura, y viceversa. Por el contrario, en los animales de sangre fría y en los invernantes, el frío, que los aletarga, disminuye también su respiración, mientras que el calor, que los reaviva, activa su respiración.

§ 3. — Asfixia.

Causas de la asfixia. — Paul Bert define la asfixia la *paralización de los fenómenos respiratorios*; de modo que para este sabio la muerte natural es también una asfixia.

La asfixia se puede producir : 1° por *falta de oxígeno*; 2° por *exceso de gas carbónico*; 3° por *variaciones de presión del aire*

(aire enrarecido ó comprimido); 4º por la absorción de *gases tóxicos*.

1º FALTA DE OXÍGENO. — Paul Bert ha demostrado que si se mete un pájaro en una campana llena de aire y se recoge con una disolución de potasa el gas carbónico que exhala la respiración del pájaro, se ve que éste no tarda en morir, es decir cuando el aire de la campana no contiene más que 4 á 5 por 100 de oxígeno.

Cuando la proporción de oxígeno baja á menos de 15 por 100, como sucede á veces en las minas, el aire se vuelve irrespirable para el hombre y la asfixia es completa cuando la proporción de oxígeno baja á menos de 9 por 100.

2º EXCESO DE GAS CARBÓNICO. — Se pone un animal en un vaso cerrado, pero se deja acumular el gas carbónico y se mantiene constante la presión del oxígeno. El animal muere al cabo de cierto tiempo, cuando la presión del gas carbónico llega á unos 19 centímetros de mercurio. En este caso, siendo la presión del gas carbónico en el medio ambiente superior á la que el animal tiene en la sangre, el gas carbónico no se puede desprender y se acumula en la sangre produciendo la asfixia.

Cuando se pone un animal en un medio reducido, la asfixia se produce por las dos razones precedentes : *falta de oxígeno y exceso de gas carbónico*. Luego es muy importante renovar el aire donde hay muchas personas. Se ha calculado que para una respiración normal cada persona necesita 10 metros cúbicos de aire puro por hora. Cuando las habitaciones son pequeñas es indispensable mucha *ventilación*.

El malestar que se experimenta en un teatro lleno de espectadores ó en un salón lleno de gente, se debe más bien á estas dos causas que al calor.

3º VARIACIONES DE PRESIÓN. — Aquí hay que tener en cuenta dos casos, según que la presión disminuye (aire enrarecido) ó según que aumenta (aire comprimido).

a) *Aire enrarecido*. — Poniendo un pájaro bajo el recipiente de una máquina neumática, muere al cabo de algún tiempo cuando la presión descende á menos de 180 milímetros. Pero si antes de llegar á este límite se deja entrar aire, el pájaro no muere. Las personas que suben en globo ó á montañas elevadas, se ponen en idénticas condiciones, porque la disminución de presión corresponde á la rarefacción. Los trastornos que sobrevienen son muy conoci-

dos con el nombre de *mal de montañas* : zumbidos de oídos, epistaxis, pesadez de cabeza, cansancio y hasta síncope y accidentes mortales. La famosa ascensión del globo *Zenit* en 1875 en la que murieron dos aeronautas, es un ejemplo de los peligros del aire enrarecido. Por lo general, estos accidentes comienzan á sentirse á unos 4 000 metros (450 mm. de presión); en la cima del Monte Blanco á 4,800 m. (410 mm. de presión) casi todos los experimentan.

Esta asfixia sobreviene por falta de oxígeno; pero según los experimentos del fisiólogo italiano Mosso el mal de montañas se debe también á la disminución de gas carbónico en la sangre. La observación demuestra que este mal es más grave la noche y durante el descanso cuando es menor la producción de gas carbónico. Del mismo modo se explica también el bienestar que se siente de levantarse por la noche cuando se experimenta una opresión; dando algunos pasos se produce más gas carbónico y se restablece el equilibrio de este gas en la sangre. Haciendo M. Mosso el experimento de encerrarse en un cuarto donde se podía enrarecer el aire, pudo aguantar sin accidente una presión de 192 milímetros; pero habia tomado la precaución de agregar al aire del cuarto gas carbónico en cantidad suficiente para restablecer el equilibrio de los gases de la sangre. Esta presión barométrica de 192 milímetros corresponde á 11,650 metros de altura. Á este respecto M. Mosso es el hombre que ha subido más en la atmósfera.

Esto se explica teniendo presente que el gas carbónico excita los centros nerviosos que rigen los movimientos respiratorios, como hemos dicho más arriba.

b) *Aire comprimido*. — Paul Bert ha demostrado que cuando se pone un animal, un perro por ejemplo, en oxígeno puro á la presión de 3 á 4 atmósferas, es atacado de convulsiones semejantes á las que produce la estricnina y muere al instante en un estado de rigidez especial. Luego el oxígeno á alta presión obra como verdadero veneno.

Al contrario, si la presión del oxígeno no excede de 1,5 á 2 atmósferas, el hombre puede vivir en el aire á la presión de 5 atmósferas. Tal es el caso para los obreros que trabajan en las campanas de buzos ó en cámaras de aire comprimido. Lo que hay que evitar entonces, es producir una expansión brusca poniendo la presión

del aire en el estado de la presión atmosférica normal. Los gases que se habían disuelto en la sangre bajo la influencia de la alta presión se desprenden y forman en los vasos sarta de pompas de gas, que oponen una resistencia considerable á la circulación y aun pueden paralizarla. Luego para evitar accidentes, muchas veces mortales, es preciso expandir lentamente la compresión.

En resumen, la respiración depende mucho más de la presión del oxígeno que de la del aire.

4º ABSORCIÓN DE GASES TÓXICOS. — Ciertos gases esparcidos en el aire, pueden producir la asfixia.

El más temible de todos y el más frecuente, porque se produce en todas las combustiones incompletas, es el *óxido de carbono*, el cual forma con la hemoglobina de los glóbulos rojos un compuesto muy estable que no comunica su oxígeno á los tejidos. Por consiguiente los glóbulos no pueden transportar el oxígeno á los tejidos y sobreviene la muerte.

También se pueden citar entre los gases tóxicos el hidrógeno sulfurado, el ácido sulfuroso, el ácido cianhídrico, etc.

Ciertos gases que son tóxicos en fuerte dosis producen, cuando se absorben en pequeña cantidad, la insensibilidad del sistema nervioso y aun la inmovilidad : son *anestésicos*, tales como el protóxido de nitrógeno, el éter y el cloroformo. Primero se produce una excitación cerebral, sueños, movimientos desordenados; después, aumentando un poco la dosis, el sujeto se vuelve completamente insensible é inmóvil. Este estado es el que falcita las operaciones quirúrgicas. Si se aumenta mucho la dosis, la *anestesia* ataca los centros nerviosos que gobiernan los movimientos del corazón y de la respiración y al paralizarse éstos, se produce la muerte.

Asfixia brusca y respiración artificial. — En ciertos casos, sea por inmersión en el agua (*ahogados*), sea por compresión de la tráquea (*ahorcados*), la asfixia es brusca, pues se produce en 4 ó 5 minutos. Durante un primer periodo que sólo dura de 30 á 40 segundos, el individuo experimenta angustia; después, acumulándose en la sangre el gas carbónico, produce una excitación del sistema nervioso : las facultades intelectuales, y particular-

mente la memoria, son exageradas; el asfixiado ve pasar por delante de sus ojos en unos cuantos segundos, los principales episodios de su vida con prodigiosa claridad. Y continuando el gas carbónico acumulándose en la sangre, los latidos del corazón se acortan y luego se paran, resultando la muerte, que sobreviene generalmente al cabo de 4 á 5 minutos.

Pero aun entonces se puede intentar volver al asfixiado á la vida por medio de la *respiración artificial*. Para esto se tiende al sujeto y se oprime lenta y enérgicamente la base del pecho para expulsar el aire de los pulmones, y luego se deja bruscamente la compresión para que entre cierta cantidad de aire. Para ayudar los movimientos del pecho se levantan y bajan sucesivamente los brazos. Finalmente, también se puede hacer la *insuflación*, es decir enviar aire, sea de boca á boca, sea con un fuelle de cocina.

Desde hace algunos años se emplea un método muy sencillo, que ha dado buenos resultados. Consiste en hacer *tracciones rítmicas* de la lengua; tirando enérgicamente y á intervalos regulares se pueden restablecer los movimientos respiratorios y por consiguiente volver al asfixiado á la vida. Esto se explica fácilmente, porque excitando los nervios de la base de la lengua, esta excitación puede transmitirse á los centros nerviosos de la respiración y sacarlos de su letargo. En muchos casos se ha logrado volver á la vida después de tres horas de muerte aparente.

RESUMEN

Todo ser vivo respira. — Todo ser vivo verifica cambios gaseosos con el medio exterior, absorbiendo oxígeno y exhalando gas carbónico. Los animales aéreos toman O libre en el aire; los acuáticos toman O en disolución en el agua, y ciertos microbios toman O en combinación.

Aparato respiratorio. — Este comprende las *vías respiratorias* y los *pulmones*.

- | | | | | |
|-------------------------------|---|--|---|---|
| 1° <i>Vías respiratorias.</i> | { | <i>Traquearteria</i> , delante del esófago : | { | Anillos cartilagosos,
Epitelio vibrátil. |
| | | 2 <i>bronquios</i> : | | penetran por el hilio del pulmón y se ramifican para dar las <i>bronquiolas</i> . |

2° Pulmones.

Situados en el pecho; cubiertos por una membrana serosa; la *pleura*.

Formados por los lobos y los lóbulos;

Lóbulo formado por varios alveolos, y cada alveolo comprende varias vesículas.

Una vesícula está formada {
 1° Por un epitelio pavimentoso muy fino;
 2° Por un tejido elástico;
 3° Por una red de capilares sanguíneos.

Mecanismo de la respiración. — La renovación del aire se efectúa por los movimientos de la caja torácica y del diafragma. Cada movimiento respiratorio se descompone en dos :

1° *La aspiración.* { El abajamiento del diafragma y la contracción de los músculos aspiradores dilatan el pecho.
 A cada aspiración entra 1/2 litro de aire.

2° *La espiración* : pasiva.

Se verifican unos 15 movimientos respiratorios por minuto.

Los *ruidos respiratorios* son producidos por la corriente de aire que pasa por los bronquios, y por la dilatación de los alveolos.

Química de la respiración. — Al nivel de la vesícula pulmonar, la sangre venosa deja CO_2 y absorbe O que se fija en la hemoglobina de la sangre para dar *oxihemoglobina*.

En los tejidos la oxihemoglobina deja su O para producir la combustión respiratoria.

Al mismo tiempo CO_2 formado por esta combustión se fijará en las sales del plasma sanguíneo y será transportado hasta los pulmones, de donde saldrá con el aire espirado.

El cociente respiratorio $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$ es < 1 .

La intensidad de la respiración varía según el individuo y el medio.

Asfixia. — La *asfixia* es la paralización de los movimientos respiratorios. Esta se produce :

1° Por falta de O;

2° Por exceso de CO_2 ;

3° Por variaciones de presión (aire enrarecido, aire comprimido)

4° Por intoxicación (CO , H_2S , etc.)

CAPÍTULO VI

ELIMINACIÓN

I. — Objeto de la eliminación. — Las glándulas.

Objeto de la eliminación — La eliminación tiene por objeto desembarazar el organismo de los productos no asimilables que resultan de la actividad del protoplasma celular. Siendo la nutrición de los elementos anatómicos la causa de la desasimilación, resulta que la eliminación es, como la respiración, un hecho biológico que existe en todos los seres vivos y en todas las partes de estos seres. Así como el aparato respiratorio arroja el gas carbónico y el vapor de agua, así también el aparato eliminador desembaraza el organismo de los productos de desasimilación, tales como la urea, el ácido úrico, etc.

Aparato eliminador. Las glándulas. — No pudiendo verificarse la expulsión de estos productos más que por las superficies libres del cuerpo, resulta que el *aparato eliminador*, lo mismo que el *respiratorio*, está en relación con el tubo digestivo y con los tegumentos.

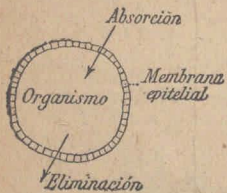


Fig. 115. — Esquema que muestra los cambios del organismo con el medio exterior.

Para comprender bien el mecanismo de la eliminación, hay que tener presente que el organismo está limitado exteriormente por una membrana epitelial (fig. 115), por consiguiente, los cambios

entre el organismo y el medio exterior se efectúan á través de esta membrana. Para esto existen dos corrientes : por una parte la *absorción* de sustancias útiles á la nutrición (oxígeno en los

pulmones, productos de la digestión en el tubo digestivo) : por otra, la *eliminación* de sustancias inútiles y aun nocivas para el organismo.

Las partes del epitelio que son más aptas para desempeñar estas funciones forman el *aparato eliminador*, llamado también *secretorio*. Este aparato extrae de la sangre los productos de la desasimilación; el riñón, por ejemplo, que es el aparato de la eliminación urinaria, retira de la sangre la urea, el ácido úrico, etc., del mismo modo que el pulmón extrae el gas carbónico de la sangre venosa. Se da el nombre de *glándulas* á los órganos destinados á extraer de la sangre estos diferentes productos.

Una *glándula* se compone esencialmente : 1º de una *membrana epitelial* (fig. 116); 2º de una *superficie sanguínea* formada por arterias y venas que se ramifican en finos capilares; 3º de *filamentos nerviosos* que influyen en la actividad secretoria.

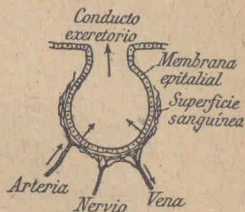


Fig. 116. — Estructura de una glándula.

Los productos secretados son arrojados fuera, ó en ciertas cavidades del cuerpo, por un conducto llamado *canal excretorio*. Estos productos pueden ser *gaseosos* (gas carbónico y vapor de agua en los pulmones); *líquidos* (orina, sudor, lágrimas, etc.); *semisólidos* (grasas, mocos, cera de los oídos, etc.); *sólidos* (escamación de la piel, despojos epiteliales, huevos, etc.).

Ciertos venenos obran de una manera notable sobre las secreciones. Así, la atropina, veneno de la Belladona, corta las secreciones, mientras que la pilocarpina, extracto del Jaborandi, las estimula.

Por otra parte, un experimento de Claudio Bernard demuestra bien la acción diferente de ciertas glándulas en la eliminación de materias introducidas en el organismo : se inyecta en las venas de un animal una mezcla de yoduro y de ferrocianuro de potasio, y en seguida se encuentra yoduro en la saliva y ferrocianuro en la urina.

Diversas especies de glándulas. — Desde el punto de vista anatómico, se distinguen varias categorías de glándulas : la *célula*

caliciforme, las *glándulas en tubo*, las *glándulas en racimo* y las *glándulas cerradas* :

1º La célula *caliciforme* (fig. 117) es la glándula más sencilla. Es una célula epitelial que se singulariza y en cuyo interior se acumulan ciertas sustancias (mocos, serosidad, etc.) que provienen de la actividad protoplásmica. Estas sustancias pueden

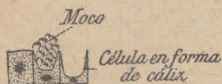
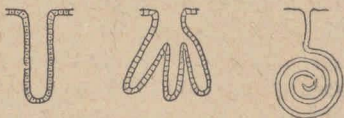


Fig. 117. — Células caliciformes.



A Simple. B Ramificada. C Enrollada.

Fig. 118. — Glándulas en tubo.

salir luego al exterior y la célula toma entonces la forma de un cáliz en cuyo fondo se encuentran el protoplasma y el núcleo;

2º Las *glándulas en tubo* (fig. 118) tienen la forma de un simple tubo, que es en realidad una depresión en forma de dedo de guante del epitelio. Las que secretan son generalmente las células profundas del tubo. Las glándulas pueden ser *simples* (fig. 118, A) (glándulas del intestino); *ramificadas* (fig. 118, B) (glándulas gástricas) *enrolladas* (fig. 118, C) (glándulas sudoríparas).



Fig. 119. — Glándula en racimo.



Fig. 120. — Porción de glándulas salivales.

3º Las *glándulas en racimo* son también depresiones del epitelio, sólo que la parte profunda es ancha y abombada; es el *acino* (fig. 119). El canal excretorio está revestido de un epitelio ordinario, mientras que el acino está tapizado de células epiteliales glandulares. Á veces este canal se ramifica mucho y cada conducto va á terminar en un acino (fig. 120). Los acinos están pegados á la extremidad de los conductos como los granos de uva en un racimo. Ejemplo : las glándulas salivales.

4º Las *glándulas cerradas* son glándulas cuyos productos no salen fuera, porque no tienen canales excretores y sus productos no pueden pasar á la sangre. Ejemplo : el bazo, las cápsulas suprarrenales, el cuerpo tiroideo, etc.

Principales procedimientos de eliminación. — Cuando las células glandulares han acumulado en su interior ciertos productos tomados por el protoplasma en el medio ambiente, generalmente en la sangre, se pueden presentar dos casos : 1º los productos pueden ser útiles para el organismo y absorbidos por él, tales como los jugos digestivos (saliva, jugo gástrico, etc.); 2º los productos pueden ser no utilizables y aun dañosos, tales como la orina, el sudor, etc.; entonces son expulsados; estas materias inútiles ó dañosas constituyen la *eliminación*.

Esta eliminación se efectúa por tres procedimientos principales : por la *secreción de la orina*; por la *secreción del sudor* y por la *secreción de la bilis*.

II. — Secreción de la orina.

La secreción urinaria es la vía principal de la eliminación del agua. Se calcula en 3 kilogramos por día la cantidad de agua que penetra en el cuerpo por los alimentos y las bebidas, y se estima que 1.500 gramos son eliminados por la orina, 1.000 por el sudor y 500 por la respiración.

§ 1. — Anatomía del aparato urinario.

El aparato urinario comprende dos partes : 1º las glándulas secretoras ó *riñones*, que toman la orina de la sangre; 2º el aparato excretorio, formado de los *uréteres*, que llevan la orina á la *vejiga*, de donde sale por un canal llamado *uretra*.

Los riñones. — Los *dos riñones* están situados en la cavidad abdominal, simétricamente en cada lado de la columna vertebral (fig. 121), y fuera del peritoneo que sólo cubre su cara anterior; de modo que en las operaciones quirúrgicas se pueden registrar

estos órganos por la cara posterior sin abrir el peritoneo. Los riñones tienen la forma de una habichuela y cada uno pesa unos

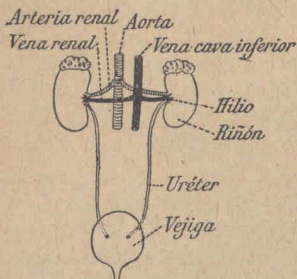


Fig. 121. — Conjunto del aparato urinario.

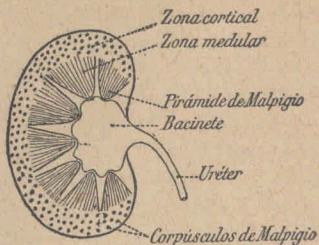


Fig. 122. — Sección longitudinal de un riñón.

160 gramos. Su color es rojo obscuro y rematan en glándulas especiales que luego estudiaremos y que se llaman *cápsulas suprarrenales*. En la escotadura del riñón ó *hilio* hay tres canales : la *arteria renal*, que viene de la aorta y trae la sangre; la *vena renal*, que lleva la sangre a la vena cava inferior, y por fin el *uréter* que conduce la orina a la vejiga.

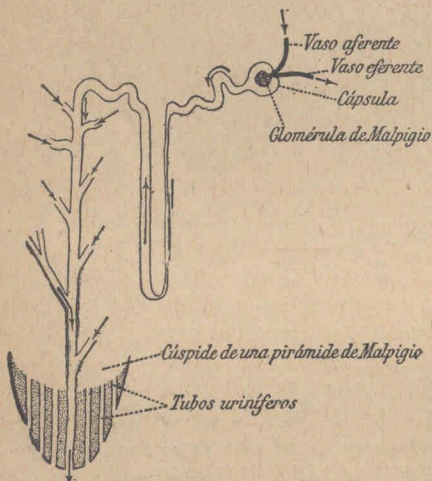


Fig. 123. — Tubo urinífero y cúspide de una pirámide de Malpighi.

membrana fibrosa que cubre el órgano; después dos regiones muy distintas : una externa, de aspecto granuloso, que es la *zona cortical*; la otra interna, de aspecto estriado, que es la *zona medular*.

Estructura. — En una sección longitudinal (fig. 122) del riñón se ve una

La zona cortical muestra muchos corpúsculos rojos llamados *corpúsculos de Malpighi*.

La zona medular se descompone en una serie de pirámides pequeñas cuya base se dirige hacia la zona cortical y la cúspide hacia el hilio del riñón : son las *pirámides de Malpighi*, que son de 10 á 15 en cada riñón. Cada una de estas pirámides presenta cierto número de tubos que van á desembocar en el vértice de la pirá-

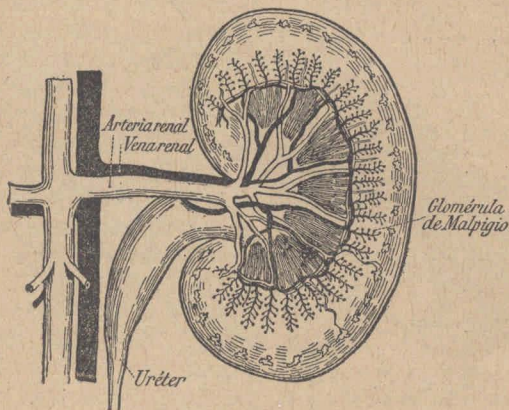


Fig. 124. — La circulación sanguínea en el riñón.

mide : son los tubos *uriníferos*, que reciben la orina : ésta sale en la cúspide de la pirámide por gotitas que caen en un depósito llamado *bacinete*, de donde parte el *uréter*.

Tubos uriníferos. — Cada tubo urinífero es una verdadera glándula en tubo (fig. 123), el cual se abre en la cúspide de las pirámides de Malpighi y comienza en la zona cortical por una especie de cápsula en la que encaja un pelotón vascular, el *glomérulo de Malpighi*; la cápsula y el glomérulo forman el *corpúsculo de Malpighi*, visible á la simple vista en forma de corpúsculo rojo. En seguida, el tubo se encorva en *asa*, cuya rama descendente es delgada y la ascendente tres veces más gruesa; por fin, el tubo se encorva todavía un poco y se ensancha para llegar al canal colector, que recibe gran número de tubos uriníferos seme-

jantes y desemboca por un orificio en la cúspide de esta pirámide de Malpighi : en la cúspide de esta pirámide hay de 15 á 20 orificios semejantes.

Los corpúsculos de Malpighi y los tubos encorvados están situados en la zona cortical; las asas y los tubos colectores en la zona medular.

Circulación sanguínea. — Al entrar en el riñón, la arteria renal se divide en cierto número de ramas dispuestas en abanico (fig. 124), que van á reunirse en el límite de las zonas cortical y medular en una especie de arcada. De esta arcada parten arterias que se dirigen hacia la región cortical, de donde se desprenden las *arterias aferentes* que forman el *glomérulo de Malpighi* (fig. 124).

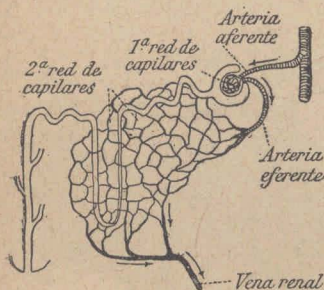


Fig. 125. — Sistema porta renal.

En el corpúsculo hay una primera red de capilares (fig. 125); después sale una *arteria eferente* que va á formar una *segunda red* de capilares al rededor de los tubos uriníferos; de esta segunda red nace la *vena renal*. Por consiguiente, entre la arteria y la vena hay dos sistemas de capilares, que constituyen el *sistema porta renal*, disposición parecida á la del *sistema porta hepático*.

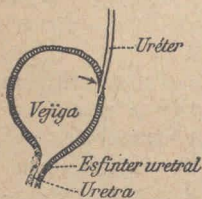


Fig. 126. — Aparato excretorio de la orina.

Aparato excretorio. — La orina, formada en el tubo urinífero, se vierte en el *bacinete*, de donde la lleva el *uréter* á la *vejiga*.

El *uréter* baja de la región lumbar hasta la vejiga, que está situada en la parte inferior del abdomen, y entra oblicuamente en la vejiga (fig. 126), de suerte que la orina que penetra apoya contra la pared y cierra el orificio del uréter. Por consiguiente la orina no puede remontar los uréteres.

La *vejiga* es una bolsa muscular, de fibras lisas, cubierta interiormente de un epitelio estratificado. En los seres vivos este epitelio es impermeable á la orina; pero algunas horas después de la muerte, la orina filtra á través de las paredes de la vejiga para caer en la cavidad general. La orina llega gota á gota á la vejiga, donde es contenida en estado normal por un *esfínter uretral*, músculo circular cuya contracción cierra la entrada de la uretra.

§ 2. — La orina.

Composición de la orina. — La orina del hombre es un líquido ácido, de color amarillo de ámbar. El hombre adulto arroja unos 1.500 gramos de orina al día.

La composición de la orina se puede resumir en el cuadro siguiente :

Agua	955
Urea.	25
Acido úrico	0,50
Cloruro de sodio.	11
Sales minerales.	8,50
	1.000

Esta composición demuestra que se puede considerar la orina como una *disolución de urea en agua salada*.

La *urea* es una substancia nitrogenada, cuya fórmula es $\text{CO}(\text{NH}^2)^2$; puede transformarse en *carbonato de amonio* por influencia de un fermento, el *Micrococcus ureæ*, lo cual explica el olor amoniacal de la orina que se descompone en contacto del aire.

La urea es un producto de transformación de las materias albuminoideas; su cantidad, que es de 25 gramos al día, aumenta con un régimen carnívoro y puede llegar hasta 50 gramos, una alimentación vegetal, por el contrario, puede disminuir esta cantidad á 20 gramos. Luego la urea da á conocer la transformación de las materias albuminoideas; esta es la razón por qué tiene tan grande importancia en medicina estudiar la dosis de la urea.

Ya sabemos que el hígado es el órgano principal que forma la urea. En efecto, se ha observado que la sangre de la vena sub-hepática contiene dos veces más urea que la sangre de la vena porta.

El *ácido úrico* proviene también de la transformación de las materias albuminoideas, formándose casi 1 gramo al día. En ciertos casos el ácido úrico se acumula en los tejidos, particularmente en las articulaciones, en forma de cristales (*gota*); existe en la orina, sobre todo en estado de *uratos* que sólo son solubles mediante el fosfato ácido de sodio.

En fin, la orina del hombre contiene trazas de *ácido hipúrico*.

Las *sales minerales* son el cloruro de sodio, los sulfatos y fosfatos ácidos de sodio y de magnesio. Los sulfatos provienen de la oxidación del azufre contenido en los alimentos albuminoideos; los fosfatos son especialmente productos de desasimilación del tejido óseo y del sistema nervioso.

La orina evacuada y dejada al aire, deposita con frecuencia estas substancias en forma de posos amarillentos, los cuales pueden ocurrir en la vejiga y producir concreciones (cálculos urinarios, piedra). El paso de estos cuerpos extraños por las vías urinarias produce los terribles dolores conocidos con el nombre de *cólicos nefríticos*.

La materia colorante de la orina es la *urobilina*, que proviene de la substancia colorante de la bilis, la *bilirrubina*.

Productos anormales. — Entre los productos anormales de la orina, debemos citar el *azúcar* y la *albúmina*.

Cuando la sangre contiene mucho azúcar (más de 3 por 1.000), éste es expulsado por las orinas : es la *diabetes azucarada*. La orina de un diabético puede contener más de 200 gramos de azúcar por día.

También la *albúmina* puede aparecer en la orina : esta enfermedad (*albuminuria*) indica una alteración profunda en los tejidos del riñón.

La orina varía según el régimen. — La composición de la orina varía en un mismo individuo, no sólo según la edad sino también según la alimentación.

En los *Carnívoros* la orina es ácida, amarilla clara, rica en urea y ácido úrico.

En los *Herbívoros* la orina es alcalina, turbia y rica en ácido hipúrico : la del Caballo por ejemplo.

Claudio Bernard ha demostrado que un conejo que no coma dos

ó tres días tiene una orina que, de turbia y alcalina que era (herbívoro), se vuelve clara y ácida (carnívoro). Esto consiste en que en esos dos ó tres días de ayuno, el Conejo se nutre á expensas de su sangre y grasa; por consiguiente se ha vuelto *carnívoro*. Cuando un hombre tiene fiebre, no toma alimentos; entonces se nutre á expensas de sus tejidos, y su orina se vuelve muy ácida, como la de un carnívoro.

§ 3. — Fisiología de la secreción urinaria.

La orina preexiste en la sangre. — Todos los elementos de la orina se encuentran en la sangre. Esto se puede demostrar con varios experimentos.

1° Se arrancan los riñones á un animal (*nefrotomía*), y se ve que los productos urinarios se acumulan en la sangre, causando accidentes mortales; se produce una verdadera intoxicación que se llama *uremia*.

2° Se hace una *ligadura* en un uréter y la urea aumenta en la sangre porque está detenida la excreción urinaria.

3° Se somete á dosis la cantidad de urea en la sangre que entra en el riñón por la arteria renal y en la que sale por la vena renal; entonces se ve que la sangre de la arteria renal contiene más urea que la de la vena; esto prueba que el riñón ha tomado urea de la sangre.

Luego la *urea preexiste en la sangre* (unos 0,02 por ciento); la misma observación se puede hacer respecto de los otros principios de la orina. El riñón tiene por consiguiente la función fisiológica de *extraer la orina de la sangre*. Á este respecto se puede considerar el riñón como un filtro.

Mecanismo de la secreción urinaria. — La secreción de la orina en el tubo urínifero se efectúa en dos fases:

1° El *agua* y las *sales* del plasma sanguíneo, por la presión de éste en el interior del glomérulo, filtran á través de las paredes de la cápsula y se vierten por el tubo urínifero; por eso cuando la presión sanguínea se eleva por la absorción de bebidas calientes ó simplemente después de las comidas, la secreción urinaria aumenta. Entonces la orina es más acuosa y menos colorada.

2° En los contornos del tubo urinífero las células epiteliales toman de la sangre la urea y los demás principios de la orina.

Esto se puede demostrar por el experimento siguiente : se inyecta en la sangre de un animal una materia colorante, el carmín de índigo ; á las pocas horas se nota que los tubos uriníferos están colorados, mientras que los glomérulos no. Estas regiones coloradas indican las partes secretorias.

Del mismo modo se encuentra en las Aves, cuya orina contiene muchos uratos, cristales de estas sales en los tubos uriníferos y no en los glomérulos.

Luego las células epiteliales del tubo urinífero tienen grande importancia en la secreción urinaria, puesto que por su trabajo protoplásmico las substancias de la orina son extraídas de la sangre. Por eso las lesiones de este epitelio causan siempre desórdenes graves en el organismo.

Excreción de la orina. — La orina está detenida en la vejiga, porque no puede refluir hacia los uréteres y no puede salir por la uretra cerrada normalmente por el esfínter. Cuando la vejiga está muy dilatada produce una sensación particular, que indica la necesidad de orinar. Entonces las fibras musculares lisas de la vejiga se contraen lentamente, el esfínter uretral se afloja y la orina sale fuera.

Papel de la secreción urinaria. — La secreción urinaria desembaraза al organismo de ciertos productos de desasimiliación que son verdaderos tóxicos. Para darse cuenta de esta toxicidad, basta inyectar orina en las venas de un animal y se ve entonces trastornos nerviosos graves, convulsiones y por fin la muerte, si la cantidad de orina es suficiente.

El organismo fabrica continuamente este veneno urinario. Se ha calculado que un hombre de un peso regular de 65 kilogramos tardaría unos 2 días y 4 horas en fabricar la cantidad de veneno necesario para intoxicarse él mismo. Además se ha observado que las orinas del día eran más tóxicas que las de la noche.

En una palabra, se ve que la eliminación de la orina desempeña un papel protector muy importante para el organismo.

III. — Secreción del sudor.

Estando la piel en comunicación con el medio ambiente, es muy natural que contenga diversos órganos secretorios, tales como las *glándulas sudoríparas*, las *glándulas sebáceas* y las *glándulas mamarias*. Estas dos últimas categorías de glándulas las estudiaremos más adelante.

Las glándulas sudoríparas. — Las *glándulas sudoríparas*, que segregan el sudor, se componen de dos partes : 1° el *glomérulo*, que es un tubo apelonado situado en la profundidad de la dermis de la piel (fig. 127, A); 2° el *canal excretorio*, que atraviesa la dermis y la epidermis y va á abrirse en la superficie de la piel.

El canal excretorio está formado de una doble capa de células cilíndricas (fig. 127, B); y el tubo del glomérulo está formado de una fila de células glandulares (fig. 127, C).

Se cuentan unos 2 millones de glándulas sudoríparas repartidas por toda la superficie del cuerpo, diseminadas sin regularidad.

El sudor y su papel. — Al empapar el sudor la epidermis, da á la piel cierta suavidad y un mador característico. En estado ordinario la secreción del sudor no es visible, pero se la puede descubrir poniendo en la piel seca un papel impregnado de nitrato de plata y entonces se verá en este papel, después de expuesto á la luz, unos puntitos muy finos correspondientes á los orificios de las glándulas. Estos puntos provienen de la acción de los cloruros del sudor sobre el nitrato de plata, formándose cloruro de plata.

El *sudor* es un líquido ácido que contiene mucha agua, cloruro

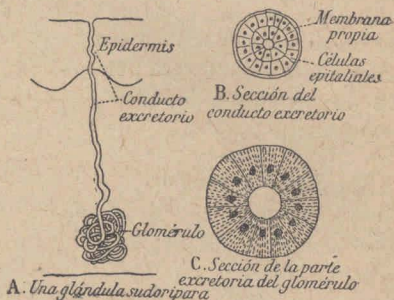


Fig. 127. — Una glándula sudorípara.

de sodio y un poco de urea. Es en cierto modo orina muy diluida. Su olor especial proviene de los ácidos grasos volátiles, cuya naturaleza varía según las regiones del cuerpo. La cantidad de sudor expelida en 24 horas es de unos 1,000 gramos. Esta cantidad varía según diversas condiciones : por la influencia de un ejercicio físico violento puede llegar hasta 400 gramos por hora; aumenta con una alimentación carnívora y por la absorción de bebidas calientes y alcohólicas; las emociones, como el miedo y el dolor, tienen también mucha influencia sobre la secreción.

La excreción del sudor despoja al organismo de 2 gramos de urea por día : por consiguiente ayuda la función urinaria. El sudor, lo mismo que la orina, contiene materias tóxicas, pues si se suprime la transpiración cubriendo con un barniz la piel de un animal, el sudor queda en la sangre y se advierte pronto un envenenamiento. Este hecho muestra la importancia higiénica de la limpieza esmerada de la piel, que por falta de aseo podría cubrirse con una costra impermeable.

Más adelante veremos (*calor animal*) que el sudor tiene por efecto, al evaporarse en la superficie del cuerpo, enfriar el organismo y regularizar su temperatura.

IV. — Secreción de la bilis.

Papel de la secreción biliaria. — Antes hemos visto que la bilis era segregada por el hígado y cuál era su papel digestivo. Ahora vamos á ver que tiene otro papel : el de despojar al organismo de productos inutilizables y aun dañosos. Varios experimentos han demostrado que la bilis es más tóxica que la orina : por eso un Conejo muere convulsionado si se le inyecta en las venas 4 á 5 centímetros cúbicos de bilis por kilogramo de su peso; lo cual representa una toxicidad nueve veces mayor que la de la orina. Todos estos residuos tóxicos arrojados por la bilis fuera del organismo provienen de la actividad de las células hepáticas.

V. — Glándulas cerradas.

El bazo. — El bazo es una glándula situada en el abdomen, á la izquierda del estómago. Su peso es de unos 200 gramos. Está

formado por una *envoltura fibrosa* que tiene prolongaciones hacia el interior, las cuales limitan mallas en las que se encuentra una *materia pulposa* formada sobre todo de glóbulos rojos y blancos.

Ya hemos visto que el papel esencial del bazo es formar los glóbulos rojos.

El bazo, lo mismo que los ganglios linfáticos, tiene la propiedad de retener las partículas sólidas que acarrea la circulación sanguínea. La hinchazón de esta glándula en las enfermedades infecciosas muestra su actividad en la destrucción de los gérmenes patógenos.

El cuerpo tiroides y el timoides. — El *cuerpo tiroides* es una glándula situada debajo del bocado de Adán (cartilago tiroides). Su peso es de unos 30 gramos y puede hipertrofiarse y producir el *bocio*.

El *timoides* es una glándula situada entre la tráquea y la pared torácica. Está muy desarrollado en los animales jóvenes (mollejas de ternera); pero se atrofia en el adulto.

Ya hace tiempo que los médicos saben que si el cuerpo tiroides se atrofia, sobrevienen trastornos en la nutrición; la dermis se infiltra de grasa y da una piel semejante á la del elefante (*elefantiasis*). Los mismos trastornos observan los cirujanos después de la ablación del cuerpo tiroides; estos trastornos tienen por complemento una debilidad de las facultades intelectuales que paran en idiotismo y cretinismo. En los jóvenes se observa una paralización en el desarrollo.

Si al contrario, sólo se hace la ablación de una parte del cuerpo tiroides, no se produce semejante cosa, y aun se pueden evitar estos trastornos haciendo que tome el enfermo el líquido obtenido exprimiendo el cuerpo tiroides de un animal.

Es probable que el cuerpo tiroides suministra sustancias (*antitoxinas*) que destruyen los venenos de la sangre (*toxinas*). Estos venenos obran tan pronto como se atrofia ó se arranca esta glándula.

Las cápsulas surrenales. — Las *cápsulas surrenales* son glándulas que cubren los riñones (fig. 121). Si á un animal se le quita una cápsula suprarrenal, la otra engruesa y trabaja por la que

falta. Si se le arrancan las dos, el animal presenta trastornos graves. Entonces se acumula en la sangre un veneno que produce el mismo efecto que el curare (parálisis muscular). Es probable que estas glándulas segregan también antitoxinas capaces de neutralizar las toxinas producidas por el organismo.

En suma el organismo está obligado á defenderse contra sí mismo. Y este papel de defensa está reservado á las glándulas cerradas y también á otros órganos, tales como el hígado y el páncreas.

Por otra parte es probable que todos los elementos anatómicos poseen este poder antitóxico en mayor ó menor grado. Los experimentos de Behring y de Roux han demostrado que en los animales vacunados contra las toxinas del tétanos y de la difteria, el suero sanguíneo adquiere un poder antitóxico considerable. Parece que todo el organismo reacciona segregando una antitoxina muy activa.

RESUMEN

La *eliminación* tiene por objeto desembarazar el organismo de los productos de desasimilación.

Aparato eliminador. Las glándulas. — Ciertas partes del organismo resultan más aptas para efectuar la *eliminación* de estos productos, y constituyen el aparato *secretorio* ó *glandular*.

Una glándula comprende : { 1º Una membrana epitelial secretoria;
2º Capilares sanguíneos;
3º Filamentos nerviosos.

Las glándulas pueden ser en *tubos* ó en *racimos*.

Aparato urinario. — Comprende los *riñones* y las *vías urinarias*.

	{ Situados en el abdomen. { Glándulas en tubos, corpúsculos de Malpighi, { tubos uriníferos y pirámides de Malpighi. { Circulación : Arteria renal. Capilares formando el sis- { tema porta renal.
1º Riñones	
	{ Bacinete. { Uréter que va del bacinete á la vejiga. { Vejiga, de donde sale la uretra.
2º Vías urinarias	

La orina. — Es una disolución de *urea* en agua salada.

Urea : { Substancia nitrogenada $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$;
Producto de transformaciones de los albumoides;
25 gramos por día; aumenta con el régimen carnívoro.

La orina contiene también *ácido úrico* y *uratos*, *sales minerales* que pueden posarse y dar cálculos urinarios (piedra). Á veces contiene también productos anormales, azúcar (diabetes) y albúmina (albuminuria).

La orina preexiste en la sangre, pues la sangre que entra en los riñones contiene más urea que la sangre que sale.

La secreción urinaria tiene por principal objeto extraer de la sangre los productos urinarios que son tóxicos.

Secreción del sudor. — Esta se efectúa por las glándulas *sudoríparas*.

Gl. sudoríparas { Gl. en tubos situados en la piel;
Segregan el sudor, que contiene un poco de urea.

El sudor, lo mismo que la orina, contiene materias tóxicas. Luego su secreción ayuda á la secreción urinaria.

Secreción de la bilis. — La bilis, aparte de su papel digestivo, tiene también la misión de desembarazar el organismo de productos de desasimilación que resultan inútiles ó dañosos.

Glándulas cerradas. — Las glándulas cerradas son glándulas que carecen de canales excretorios. Las principales son : el *bazo*, el *cuerpo tiroides*, las *cápsulas surrenales*.

El *bazo* forma glóbulos rojos y tiene la propiedad de destruir los gérmenes de las enfermedades que causa la sangre.

El *cuerpo tiroides* y las *cápsulas surrenales* segregan *antitoxinas* capaces de neutralizar las *toxinas* de la sangre. El hígado y el páncreas tienen también esta propiedad.

CAPÍTULO VII

LA NUTRICIÓN. — LAS MATERIAS DE RESERVA. LA ENERGÍA EN LOS SERES VIVOS

§ 1. — La Nutrición.

Asimilación y desasimilación. — Las funciones estudiadas hasta ahora (digestión, respiración, circulación, eliminación) aseguran la nutrición del individuo. Entre estas funciones, unas traen alimentos, otras quitan los desechos orgánicos. Las primeras permiten la *asimilación*, las segundas la *desasimilación*.

Por la *asimilación* se transforman los alimentos y se convierten en parte integrante de la materia viva. Los elementos anatómicos toman á la linfa y á la sangre los productos de la digestión (peptonas, glucosas, sales, agua, etc.). Cada célula toma en la sangre el que le conviene y es útil; así es como el elemento muscular toma sobre todo hidratos de carbono, el elemento nervioso, materias albuminoideas, etc.

Por la *desasimilación*, los elementos anatómicos arrojan en la sangre ó la linfa las sustancias que resultan inútiles ó dañosas y que provienen de la actividad de su protoplasma. Entre los productos expulsados, hay que citar el gas carbónico, la urea, el ácido úrico, la colessterina, el agua, etc. Estos son productos de la oxidación de las diversas materias orgánicas.

Los cambios continuos que se producen entre cada célula y el medio que la rodea se traducen por dos movimientos : asimilación y desasimilación. Luego entre cada elemento anatómico y el medio nutritivo, y por consiguiente entre el organismo y el medio ambiente, hay una perpetua circulación de materia que Cuvier designaba con el nombre de *torbellino vital*.

El balance orgánico. La ración de alimento. — Cuando se establece un balance exacto entre los ingresos y los gastos del organismo, es decir entre la cantidad de alimentos que entran en el organismo y los despojos que salen, se dice que se forma el *balance orgánico*. Hay que tener mucho cuidado de este balance si queremos establecer un equilibrio fisiológico.

El cuadro siguiente demuestra las pérdidas que sufrimos cada 24 horas (en gramos) en las diversas funciones (respiración, transpiración, etc.).

VÍAS DE ELIMINACIÓN	H ² O	C	H	N	O	SALES
Pulmonar.	330	248,8	"	"	651,2	"
Cutánea	660	2,6	"	"	7,2	"
Urinaria	1.700	9,8	3,3	15,8	11,1	26
Excrementos . . .	128	20	3	3	12	6
Agua formada por el hidrógeno de los alimentos. .	"	"	32,9	"	263,4	"
	2.818	281,2	39,2	18,8	944,9	32

Este cuadro muestra que las pérdidas diarias ascienden a unos 4 kilogramos, sea $\frac{1}{20}$ poco más ó menos del peso del cuerpo.

La experiencia ha demostrado que para reparar estas pérdidas, el organismo debe consumir en 24 horas :

Agua	2.818 ^{gr}
Albúmina	120
Grasa	90
Hidratos de carbono.	330
Oxígeno (respiración)	945

Esta es la cantidad de alimentos que constituye lo que llamamos la *ración de alimento*. Una vez tomada, la restitución es igual á la consumación y el peso del cuerpo viene á ser cada día lo que era el día anterior.

Cuando la ración no llega á esta cantidad, se siente hambre, se

enflaquece y el organismo se debilita. Por el contrario, si la restitución excede la consumación, el peso del cuerpo aumenta y el organismo adquiere más vigor : á esto se le llama *sobre-alimentación*.

La ración alimenticia de los individuos y de las familias.

— La ración alimenticia varía necesariamente mucho de un individuo á otro. Por ejemplo, en el niño que crece los alimentos deben desempeñar doble papel : reparar las pérdidas y servir para el crecimiento del cuerpo. Del mismo modo, el hombre que trabaja debe comer más que cuando no hace nada. También debería tenerse presente el sexo, así como el peso del cuerpo, el clima, las estaciones, pues son factores que modifican las exigencias del organismo. Los estudios y experimentos de los químicos y fisiólogos contemporáneos han tenido por objeto determinar estas diferentes raciones, fundándose en las leyes de la nutrición. Hace ya 25 años que el fisiólogo americano Atwater prosigue investigaciones experimentales para fijar el régimen alimenticio mejor y más económico para los diferentes individuos, considerados separadamente, ó por familias, ó por colectividades, tales como colegios, hospitales, etc.

Los estudios del biólogo americano comprenden más de 4000 géneros alimenticios de origen animal y vegetal, y más de 10,000 individuos, hombres, mujeres y niños, de edad, profesión y estado social diversos. Los resultados obtenidos han sido comprobados y adoptados por fisiólogos contemporáneos. De todos estos resultados mencionemos solamente el caso de una familia de obreros americanos, compuesta del padre, de la madre y cierto número de hijos de edades y sexos diferentes. Tomando como *unidad* la cantidad de alimentos necesaria para el sostenimiento de un hombre adulto, de peso regular, dedicado á un trabajo moderado, de ahí se deducen las proporciones siguientes para los principales casos que se presentan :

		CANTIDAD DE ALIMENTOS
Hombre, trabajo moderado		1
— — intenso		1,2
— — muy moderado	}	0,9
Muchachos de 15 á 16 años		

Hombre, descanso sedentario.	}	 0,8
Mujer, trabajo moderado.		
Muchachos de 13 á 14 años.		
Muchachas de 15 á 16 años.		
Muchachos de 12 años.	}	 0,7
Muchachas de 13 á 14 años.		
Niños de 6 á 9 años.		0,5

§ 2. — Las materias de reserva.

Su formación y utilidad. — Acabamos de demostrar que cada elemento anatómico toma en el medio nutritivo lo que le es útil y arroja lo que es dañoso; en una palabra, cada elemento trabaja por cuenta propia. Pero entre todos los elementos, los hay menos egoístas que los precedentes; los hay que fabrican sustancias que no son inmediatamente empleadas, pero que el organismo entero utilizará más tarde. Estas materias son las que constituyen las *materias de reserva*, las cuales son de suma utilidad, porque las funciones digestivas son *intermitentes*, mientras que la nutrición de los elementos anatómicos es *continua*. En la dieta, así como en el intervalo de dos comidas, el animal, ya descansando, ya trabajando, vive á expensas de las reservas. La grasa de sus tejidos, el azúcar elaborado por su hígado son quemados por el oxígeno tomado del aire en la respiración.

Vamos á estudiar algunas de estas sustancias de reserva, tales como la *grasa*, el *glicógeno*, el *oxígeno*.

La grasa. — Bajo la influencia de una buena alimentación, la asimilación puede superar á la desasimilación, y se deposita grasa en el protoplasma de las células del tejido conjuntivo (fig. 128). Así es cómo se forma el *tejido adiposo* en la dermis de la piel, en el gran epiplón, al rededor de las vísceras, etc.

Las grasas provienen sobre todo de la transformación de los hidratos de carbono (féculas, azúcares). Así es cómo los herbívoros engordan rápidamente con un régimen feculento. Dando á un ganso flaco harina de maíz engorda 2 kilog. 500 (de los cuales 2 kilogramos de grasa) en cinco semanas. Del mismo modo en el régimen sobrealimenticio, los *purés* de judías, de guisantes ó de lentejas contribuyen al rápido desarrollo de la grasa.

La grasa es una *reserva alimenticia*. En efecto, cuando la alimentación es insuficiente, el organismo toma esta grasa acumulada en los tejidos y la célula adiposa disminuye. Esta reserva es consumida á medida que lo necesita el organismo : esta es la razón por qué enflaquece el cuerpo en una enfermedad

Los animales *invernantes* (Marmota, Erizo, etc.), es decir que



Fig. 128. — Desarrollo de una célula adiposa.

pasan el invierno en una especie de sueño letárgico, acumulan grasa en sus tejidos durante el buen tiempo ; pero cuando salen de su letargo en la primavera siguiente, están bastante flacos, porque el tejido adiposo ha servido para su nutrición. Del mismo modo la giba del Camello es una masa de grasa que sirve de reserva para cuando el animal no tiene qué comer : entonces es cuando la giba disminuye y se queda flácida, mientras que una alimentación abundante le hacen tomar en seguida sus dimensiones ordinarias.

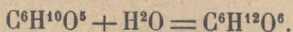
El glicógeno. — El *glicógeno* es una materia de reserva que se encuentra en forma de gotecillas difusas en el protoplasma de las células del hígado (fig. 129). Estas gotecillas pueden tomar el color violado con el yodo, y tienen la misma composición que el almidón ($C^6H^{10}O^5$); por eso al glicógeno se le llama también *almidón animal*.



Fig. 129. — Célula hepática muy aumentada.

Claudio Bernard ha demostrado que el hígado es el órgano productor del glicógeno, pues siempre hay glicógeno en el hígado, sea cual fuere la alimentación. Las células hepáticas forman el glicógeno á expensas de la glucosa ó de las peptonas traídas por la vena porta : esta es la función *glicogénica* del hígado.

Según las necesidades, el *glucógeno* es transformado en azúcar por hidratación :



Esta transformación del glucógeno en azúcar se verifica por la actividad de las células hepáticas. Esto se puede demostrar haciendo el experimento del *hígado lavado*, que consiste en inyectar una corriente de agua salada en el hígado de un perro, á fin de quitar el azúcar; después se pone el hígado en una estufa á 37°, y á los pocos minutos se dosifica, por una parte, la cantidad de glucógeno y, por otra, la cantidad de azúcar que contiene una parte del hígado; después de algunos minutos se toma otra parte del órgano y se vuelve á dosificar. Entonces se ve que la cantidad de glucógeno disminuye, mientras que el azúcar sigue produciéndose.

Claudio Bernard ha demostrado que esta producción de azúcar es independiente de la alimentación. Para esto analizaba en un animal que no hubiera absorbido féculas ni azúcar, la sangre que entra en el hígado por la vena porta; después analizaba la sangre que sale por la vena subhepática y observaba que esta última sangre contiene más azúcar : luego el hígado *produce azúcar*. Además, en los diferentes experimentos que hizo, demostró que : 1° la cantidad de azúcar contenido en la vena subhepática es constante; 2° que en la sangre de la vena porta la cantidad de azúcar depende de la alimentación.

Si el alimento no procura azúcar al hígado, éste la fabrica, sea con el glucógeno, sea con las peptonas ú otras substancias. Si, por el contrario, llega al hígado por la vena porta mucha cantidad de azúcar, deja pasar cierta cantidad (3 por 1000 partes de sangre), y transforma el resto, el exceso, en glucógeno que se acumula en las células del hígado y servirá más tarde según las necesidades del organismo. Luego se puede considerar el hígado, por su función glucogénica, como un verdadero *granero de abundancia* que almacena y provee el azúcar necesario para el organismo.

El oxígeno. — Se ha observado hace ya mucho tiempo que durante el día, y sobre todo durante el trabajo, la cantidad de gas carbónico exhalado es más considerable que durante la noche ó durante el descanso; así como el oxígeno absorbido durante la

noche es mucho mayor; de modo que este oxígeno se acumula en la sangre durante el sueño para ser utilizado después durante el día y producir las oxidaciones más enérgicas, que muestran mayor actividad vital.

§ 3. — La energía en los seres vivos.

La conservación de la energía en los seres vivos. — La suprema ley de la *conservación de la energía* demostrada y formulada por R. Mayer y Helmholtz es general y aplicable, tanto á los seres vivos como á los cuerpos brutos. En la naturaleza « nada se crea ni nada se pierde », ni en materia, ni en fuerza. Y cuando parece que ha desaparecido cierta cantidad de energía, en realidad no es así, pues no ha hecho más que transformarse. En los cursos de física se demuestran las leyes de la transformación del calor en energía mecánica y se establece la equivalencia entre la cantidad de calor desaparecido y el trabajo mecánico producido. Se sabe, en efecto, que *una caloría* representa en energía mecánica *425 kilográmetros*, es decir la cantidad de energía necesaria para levantar 425 kilogramos á 1 metro de altura.

Todos los fenómenos que ocurren en el organismo tienen como origen el calor contenido en potencia en los alimentos. El calor provocado por la transformación de los alimentos es el que permite al organismo producir el trabajo interno (digestión, circulación, etc.) y el trabajo externo (marcha, carrera, ejercicios físicos, etc.). Luego de los alimentos sacan los animales su energía; y en cuanto al origen de esta energía hay que remontar hasta los vegetales que, por su función clorofiliana, toman del sol la fuerza que guardan en reserva. Luego entre los seres vivos y el mundo exterior se establece una circulación de la energía, lo mismo que se verifica una circulación de materia.

En resumen, los seres vivos no crean la energía; lo único que hacen es transformar la energía que reciben del mundo exterior.

Las diferentes formas de la energía. — La energía se manifiesta en los seres vivos en diferentes formas, de las cuales las principales son : el *movimiento*, el *calor*, la *luz* y la *electricidad*.

El **MOVIMIENTO** es la forma de la energía más fácil de observar,

tanto en todos los animales como en ciertos vegetales. La causa del movimiento reside en el protoplasma. Más adelante veremos que ciertos elementos, las células musculares, poseen en sumo grado la propiedad de moverse energética y rápidamente.

El CALOR es otra forma de la energía fácil de demostrar. En el capítulo siguiente veremos que se ha medido con métodos calorimétricos precisos el calor producido por los animales y aun por los vegetales. Se sabe, por ejemplo, que la temperatura puede subir á 40° en una colmena, que granos en germinación se calientan ligeramente, que el calor emitido por el *Arisaro* en flor es apreciable al tacto.

La LUZ es producida por gran número de animales. Se encuentran animales luminosos en los grupos zoológicos más diversos. Numerosos animales inferiores y especialmente los insectos y ciertos peces que viven en las grandes profundidades del mar tienen la propiedad de emitir radiaciones luminosas y á veces una luz bastante viva para poder leer á su inmediación. La fosforescencia del mar proviene de numerosos organismos inferiores que brillan en la obscuridad. Esta producción de luz está en relación con la actividad del protoplasma y se ha observado que era tanto más grande cuanto más considerable era la consumación del oxígeno. En fin, varios experimentos han demostrado que la fosforescencia de ciertos animales se debe al desarrollo en sus tejidos de microbios especiales: M. Giard ha conseguido inocular microbios luminosos á algunas especies de crustáceos. En este caso, es evidente que la fosforescencia es una enfermedad, pues, en general, el animal vuelto fosforescente está condenado á morir rápidamente. En ciertos animales la producción de la luz es un hecho biológico normal: por ejemplo, existen órganos productores de luz en las larvas de algunos insectos (luciérnagas) y en algunos peces de grandes profundidades.

La ELECTRICIDAD también es un fenómeno general de la vida. La producción de electricidad es aparente sobre todo en las glándulas, los músculos y los nervios. Y aun hay ciertos animales que tienen aparatos especiales encargados de producir electricidad. Tales son los peces eléctricos, como los torpedos, los gimnotos, los malapteruros, que tienen la propiedad de emitir electricidad en fuerte

tensión y de lanzar cuando son excitados, descargas análogas á las de los condensadores. Estas descargas son á veces tan fuertes, que estos animales son temibles para los otros á quienes persiguen.

Todos estos hechos demuestran que en los seres vivos, no sólo su calor, sino también sus movimientos, así como todos sus actos mecánicos ó físicos más íntimos, son diversas formas de esta energía que almacenan con los alimentos, fuente única de su actividad.

RESUMEN

La nutrición. — La *nutrición* comprende dos términos : 1° la *asimilación*, que allega las sustancias nutritivas; 2° la *desasimilación* que arrastra los despojos orgánicos.

Tres casos pueden presentarse.	{	1° Asimilación > desasimilación	{	Crecimiento y reserva de las materias nutritivas.
		2° Asimilación = desasimilación.		Estado estacionario.
		3° Asimilación < desasimilación.		Decrepitud.

El *balance orgánico*, es decir la cuenta de los ingresos y de los gastos del organismo debe guardar equilibrio. La *ración de alimento* es lo que el hombre necesita para reparar las pérdidas que tiene por las glándulas, los riñones y los pulmones.

La *ración* alimenticia varía con la edad, el sexo, el peso del cuerpo, la actividad física, etc.

Las materias de reserva. — Se verifican cuando la asimilación es mayor que la desasimilación. Entre ellas se pueden citar la *grasa*, el *glucógeno*, el *oxígeno*.

1° La grasa.

- { Se deposita en forma de gotecillas en el protoplasma de las células;
- { Proviene de la transformación de los alimentos hidrocarbonados (féculas).
- { Es utilizada por el organismo cuando la alimentación es insuficiente (ayuno, animales invernantes).

2° El glucógeno.

- { Se descompone en las células del hígado.
- { Igual composición que el almidón ($C^6H^{10}O^5$).
- { El hígado lo fabrica y transforma en azúcar según las necesidades del organismo ($C^6H^{10}O^5 + H^2O = C^6H^{12}O^6$).

3° *El oxígeno.*

{ Durante el *sueño* la cantidad de O absorbido es más considerable y se acumula en la sangre;
{ Durante el *día* este O produce oxidaciones más enérgicas, como lo demuestra CO_2 arrojado en mayor cantidad.

La energía en los seres vivos. — El principio de la *conservación* de la energía se aplica á los seres vivos como á los cuerpos brutos. Los seres vivos sacan su energía de los alimentos.

Las diferentes formas de la energía en los seres vivos son el *movimiento*, el *calor*, la *luz*, la *electricidad*.

CAPÍTULO VIII

EL CALOR ANIMAL

El calor animal, á la vez que el trabajo mecánico, es una de las principales formas de la energía en los seres vivos. Vamos á

demostrar primero que el calor es una manifestación exterior de la vida, y luego averiguaremos cuáles son las principales fuentes de este calor y cómo llega el animal á mantener un grado de calor constante en sus tejidos, á pesar del medio en que vive, el cual presenta variaciones de temperatura con frecuencia considerables.

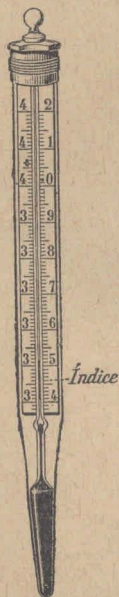


Fig. 130. — Termómetro médico.

El calor es necesario para la vida. — Todo el mundo sabe que el cuerpo del hombre posee un calor natural que se acaba con la vida : este es el *calor animal*.

Poniendo un termómetro en la boca ó bajo el sobaco se puede observar que la temperatura es de 37° . Esto es lo que se llama *tomar la temperatura*, y es lo que se hace frecuentemente con los enfermos. Para esto se usa un termómetro de máxima (fig. 130) cuya graduación está limitada á unos grados por encima y por debajo de 37° , es decir entre las temperaturas extremas en las que generalmente es imposible la vida.

El calor es una condición necesaria para la vida. Pero esta condición varía según los animales. Es preciso fijar bien la diferencia entre la temperatura del medio exterior y la del organismo.

Así, el organismo puede aguantar una baja considerable de temperatura del medio exterior, pero llega à morir tan pronto como su temperatura baja unos grados solamente.

Es evidente que en razón de la cantidad de agua que penetra los tejidos del organismo, la actividad orgánica no puede subsistir por debajo de 0°. Ciertos animales pueden resistir á la congelación, pero su actividad se suspende. Así, los Peces y los Batracios pueden ser cogidos entre el hielo, helarse y volver después á la vida : sus órganos se vuelven duros y quebradizos como vidrio ; pero adquieren su flexibilidad si se les calienta. Del mismo modo la congelación de la nariz y de las orejas del hombre no las destruye.

La temperatura de los animales. — Cuando se toca á un Mamífero ó á una Ave, se tiene una sensación evidente de calor : por eso se dice que son animales de *sangre caliente*. Si, por el contrario, se toma una Rana ó un Pez, se experimenta una sensación de frío ; á estos animales se les llama de *sangre fría*. Pero es preferible, como lo vamos á demostrar, llamar á los primeros *animales de temperatura constante*, y á los segundos, *animales de temperatura variable*.

1° ANIMALES DE TEMPERATURA CONSTANTE. — Estos son las Aves y los Mamíferos. Su temperatura es *casi constante*, cualquiera que sea la temperatura del medio exterior. La temperatura del hombre, por ejemplo, será de 37°, ya habite nuestro país templado, ya las regiones glaciales, ya los climas tropicales.

En un mismo individuo, la temperatura del cuerpo no podría sufrir grandes variaciones sin acarrear la muerte. Hay una enfermedad (el cólera) en que puede bajar hasta 24°, mientras que en otras enfermedades (el tétanos) se citan casos en que la temperatura ha podido subir hasta 45°.

En un mismo individuo, la temperatura varía un poco conforme con el momento del día ; así, en el hombre es mínima á eso de las 4 de la mañana (36°,6) y máxima hacia las 4 de la tarde (37°,4).

La temperatura varía según las especies : en general es más elevada en las Aves que en los Mamíferos, como lo demuestran las cifras siguientes :

MAMÍFEROS	Hombre	37°	AVES	Halcón	40°,5
	Caballo	37,7		Buho	41
	Mono	38,1		Perdiz	42
	Gato	38,8		Pato	42
	Perro	39,2		Gallina	43
	Conejo	39,5		Paloma	44
	Liebre	39,7		Gorrión	44,5
	Lobo	40,5			

2° ANIMALES DE TEMPERATURA VARIABLE. — Son todos los demás animales, es decir los Reptiles, Batracios, Peces y todos los invertebrados. En general, estos animales tienen una temperatura que se pone en equilibrio con la del medio exterior, pero siempre algo superior. Por consiguiente su temperatura es *variable* según el medio.

Animales invernantes. — Entre los animales de sangre caliente hay cierto número que al acercarse el invierno, se aletargan y parece que duermen. Tales son las Marmotas, los Lirones, los Murciélagos, los Erizos, los Osos, etc. Durante este sueño ó *invernación*, la actividad orgánica se paraliza y la temperatura del cuerpo baja á menos de 10°; temperatura que se acerca á la del medio ambiente. También se puede observar que los movimientos respiratorios se acortan (3 ó 4 minutos en la Marmota), así como los latidos del corazón. Pero desde que salen del letargo, la circulación y la respiración vuelven á tomar su ritmo habitual, y la temperatura sube á 37°. Por consiguiente, los animales invernantes son en cierto modo intermedios entre los animales de temperatura constante y los de temperatura variable.

Producción del calor. — El calor animal proviene de las reacciones químicas (oxidaciones, hidrataciones) que se verifican en los tejidos : luego los fenómenos de nutrición son las fuentes del calor animal.

Lavoisier es el primero que demostró que el calor animal es el resultado de las combustiones que se producen en el cuerpo, dando origen al gas carbónico, á la urea, etc. Ya hemos demostrado al hablar de la respiración y de la nutrición, que estas combustiones se verifican en los tejidos. La formación del gas carbónico es especialmente la fuente principal del calor animal; de

modo que se puede tener una idea de la cantidad de calor producida por la cantidad de gas carbónico formado. El calor se produce pues en todos los órganos y la sangre es la que distribuye este calor por todo el cuerpo, funcionando los vasos algo así como los tubos de un calorífero de agua caliente. Pero en los músculos, las *glándulas* y los *centros nerviosos* es donde se verifican con más intensidad las combustiones.

Los *músculos en actividad* son el centro donde se verifica una combustión activa : la sangre circula más que cuando están en reposo, y por consiguiente las oxidaciones son más enérgicas, la cantidad de gas carbónico formado más considerable y el calor desprendido más abundante. Así es que haciendo un ejercicio violento la temperatura puede subir á más de 38°. Sin embargo, en física se demuestra que para producir trabajo hay necesidad de calor ; por consiguiente el músculo debería enfriarse, y es lo contrario, pues se calienta. Esta contradicción no es más que aparente : el músculo, por su abundante oxidación, suministra tal cantidad de calor, que una parte se transforma en trabajo y el exceso es utilizado para elevar la temperatura del músculo.

Las *glándulas en actividad*, y en particular el hígado, tienen su temperatura que se eleva varios grados.

La *actividad nerviosa* determina también una ligera elevación de la temperatura.

Para darse cuenta del calor que producen los animales, no basta apreciar la temperatura de sus diferentes órganos, sino que es preciso medir la cantidad de calor que desprenden, es decir, recurrir á los métodos calorimétricos descritos en física. Mediante muchas experiencias se ha podido establecer que la cantidad de calor producida por el hombre en reposo en 24 horas es de 2500 calorías. En el hombre que trabaja, esta cantidad de calor puede subir de 3200 á 3900 calorías según la intensidad del trabajo.

Se ha calculado que si el calor producido por las combustiones quedara acumulado en el organismo, la temperatura del cuerpo llegaría á la del agua hirviendo al cabo de día y medio. Ahora bien, la temperatura del cuerpo permanece constante, luego la cantidad de calor perdida es igual á la que se produce durante el mismo tiempo

Pérdida del calor. — Las causas principales de la pérdida del calor son : la *traspiración* de la piel, la *evaporación* del agua por los pulmones, el *calentamiento* del aire aspirado, la emisión de la orina y de los excrementos expulsados á la temperatura del cuerpo, la *radiación* del organismo en el aire exterior.

El cuadro siguiente resume la repartición del calor que consume el organismo en 24 horas :

Traspiración cutánea.	384	Calorias
Evaporación pulmonar.	192	—
Calentamiento del aire aspirado	84	—
Emisión de la orina y de los excrementos	50	—
Radiación	1 790	—
	2 500	

Para que exista el equilibrio térmico, es decir para que la temperatura del cuerpo no suba ni baje, á pesar de las variaciones del medio exterior, es necesario un mecanismo regulador. El aparato regulador es el sistema nervioso, que regula la circulación de la sangre. Vamos á demostrar cómo puede luchar el organismo contra el *frío* y contra el *calor*, á fin de mantener su equilibrio térmico

Lucha contra el frío. — Para defenderse contra el enfriamiento, el organismo tiene dos procedimientos : aumentar sus combustiones; disminuir la pérdida de calor.

1º El AUMENTO DE LAS COMBUSTIONES se obtiene por una respiración más abundante y una actividad muscular más grande.

Cuando la temperatura exterior baja, la intensidad de los *fenómenos químicos de la respiración* aumenta; por consiguiente, la cantidad de gas carbónico formado aumenta. De este hecho se desprende una consecuencia : siendo las combustiones más activas, deberán ser más abundantes los combustibles, es decir los alimentos : esta es la razón porqué en los países fríos el hombre come mucho más que en los países cálidos.

Luego la *alimentación* debe ser abundante y compuesta especialmente de grasas, que son los alimentos que emiten más calor en la combustión. Así, 100 gramos de grasa emiten al oxidarse tanto calor como 210 gramos de albuminoides y 240 gramos de feculentos. Así se explica por qué los habitantes de las regiones polares, Esquimales y Lapones, buscan los alimentos grasos.

Siendo la *actividad muscular* la fuente principal de calor, es evidente que será un excelente medio para luchar contra el frío. El temblor muscular ó *escalofrío* que suele producir el frío es un indicio de la reacción del sistema nervioso contra el descenso de temperatura.

2º La DIMINUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE CALOR se obtiene en los animales por la *pluma* y el *pelo*, y en el hombre por los *vestidos* y las *pieles* de abrigo. Como el enfriamiento se verifica especialmente por el contacto con el aire frío, es preciso colocar al rededor del organismo una especie de pantalla mala conductora del calor. Este es el papel que desempeñan las plumas y los pelos que retienen en su abrigo una capa de aire mala conductora del calor. Por eso una piel de pelos finos, largos y sedosos abriga más contra el frío que otra de pelos ásperos.

La acumulación de la *grasa* debajo de la piel hace el mismo oficio que los pelos y las plumas, porque esta materia es mala conductora del calor. Por eso se encuentra una espesa capa de grasa en ciertos Mamíferos marinos, como la Ballena, cuya piel no tiene abrigo, y viven no obstante en las regiones frías.

En cuanto á los *vestidos*, se ha observado hace tiempo que la pérdida de calor depende ante todo de las capas de aire superpuestas entre los diferentes vestidos. Así, dos ó tres hojas de papel aplicadas á la piel evitan el enfriamiento mucho mejor que un espeso abrigo solo. Este hecho explica por qué ciertas personas tienen la costumbre de ponerse varias prendas unas sobre otras según la temperatura.

Tomando ciertas precauciones, el hombre puede resistir una temperatura de -50° y aun -60° , como lo han demostrado perfectamente las exploraciones hechas en las altas cumbres del Tibet.

Lucha contra el calor. — Cuando sube la temperatura ambiente, la del cuerpo no sube; lo cual sólo se explica por una pérdida más abundante de calor y una disminución de las combustiones.

1º El AUMENTO DE LA PÉRDIDA DE CALOR se obtiene por la *traspiración cutánea* y por la *evaporación pulmonar*. Tan pronto como sube la temperatura exterior, la traspiración aumenta en la

superficie del cuerpo, absorbe más calor é impide así que suba la temperatura del cuerpo. La sequedad del aire y su renovación en la superficie del organismo activan la evaporación del sudor y facilitan la lucha contra el calor. Por esta razón resistimos mejor el *calor seco* que el *húmedo*; porque en el primer caso la evaporación, que es considerable, produce gran pérdida de calor. Así, un Conejo resiste

10 minutos en una estufa seca	á 100°
7 " " " "	á 120°
2 " " " húmeda	á 80°

Se da el caso de algunos hombres que han podido resistir algunos minutos una temperatura de 100°, pero en un medio seco.

2° La DIMINUCIÓN DE LAS COMBUSTIONES no se puede obtener de una manera apreciable. Sin embargo, es cierto que una *alimentación ligera* y el *reposo* ó *siesta* ayudan al hombre á soportar el calor. Además, en los climas calientes es mayor la secreción biliaria; y como la bilis expulsa materias combustibles, disminuye el calor producido por el organismo. Esta actividad del hígado explica el aumento de volumen de este órgano en los países calientes.

Organismo y máquina. — Se ha comparado el organismo á una máquina en la cual el combustible está representado por los alimentos. En realidad, en la máquina animal hay algo más: en efecto, los alimentos proporcionan calor que será utilizado para la producción del trabajo y el sostenimiento de la temperatura; pero también deben reparar las pérdidas de la máquina, que se usa.

Más exacto sería comparar el organismo á una cuba de fermentación, en la cual los glóbulos de levadura estarían representados por los elementos anatómicos. En ambos casos el calor resulta de las reacciones químicas que residen en la materia viva.

RESUMEN

El calor es necesario para la vida.

Animales de temperatura constante y de temperatura variable. — El Hombre, los Mamíferos y las Aves tienen una temperatura casi *constante*, sea cual fuere la del medio exterior: la del Hombre por

ejemplo es de unos 37°. También se les llama *animales de sangre caliente*.

Todos los demás animales tienen una temperatura que se pone en equilibrio con la del medio exterior; razón por la cual su temperatura es *variable* según el medio. Se les llama también *animales de sangre fría*.

Ciertos animales de *temperatura constante* pueden *invernar*, es decir *aletargarse durante el invierno*, y entonces su temperatura puede bajar á menos de 10°.

Producción de calor. — El calor animal proviene de las oxidaciones y de las hidrataciones que se verifican en los tejidos. Las fuentes principales de calor son especialmente el *trabajo muscular*, la *secreción de las glándulas* y el trabajo de los *centros nerviosos*.

Las causas principales de pérdida del calor son la *traspiración*, la *evaporación pulmonar*, el *calentamiento del aire aspirado*, la *emisión de la orina y de los excrementos* y la *radiación*.

Lucha contra el frío y el calor. — El organismo debe luchar contra las variaciones exteriores para mantener su equilibrio térmico.

1° *Contra el frío* : con una respiración más activa, una alimentación más abundante y cargada de grasas, una actividad muscular más grande, y con los vestidos.

2° *Contra el calor* : con la transpiración cutánea, la evaporación pulmonar, alimentación ligera, la siesta y la secreción biliaria.

SEGUNDA SECCIÓN

LAS FUNCIONES DE RELACIÓN

El movimiento y la sensibilidad. — Para buscar y hacerse con alimentos, el animal tiene que moverse, ir de una parte á otra: es decir tiene que hacer *movimientos*. Pero, para que estos movimientos sean útiles, deben estar guiados por cierta *sensibilidad*. El *movimiento* y la *sensibilidad* son las dos funciones principales de relación: por ellas, efectivamente, estamos en relación con el mundo exterior.

El *esqueleto* y los *músculos* son los órganos esenciales del movimiento.

El *sistema nervioso* y los *órganos de los sentidos* constituyen los órganos de la sensibilidad.

CAPÍTULO IX

EL ESQUELETO

El *esqueleto*, que forma la armazón del cuerpo, se compone de un conjunto de piezas duras llamadas *huesos*. Vamos á estudiar sucesivamente el *hueso*, después los diferentes huesos que forman el *esqueleto*, y por último la manera como están unidos estos huesos ó sea las *articulaciones*.

I. — El hueso.

La forma de los huesos. — Los huesos que componen el esqueleto del hombre son más de 200. Según su forma, estos

huesos pueden reunirse en tres grupos : 1º Los *huesos largos*, tales como los de los miembros (húmero, fémur, etc.); estos huesos presentan generalmente una parte media, llamada *diáfisis*, más delgada que las dos extremidades, llamadas *epífisis*; 2º los *huesos planos*, que tienen la forma de láminas, generalmente de poco espesor, tales como los del cráneo, el omoplato, etc.; 3º los *huesos cortos*, que no llegan á las dimensiones de los otros, tales como los del carpo, del tarso, las vértebras, etc.

Generalmente, los huesos no son lisos, sino que presentan resaltos que se designan con el nombre general de *apófisis*.

Estructura de los huesos. — En una sección transversal de un hueso largo, tal como el fémur, se descubren tres partes, que

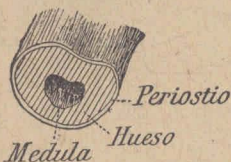


Fig. 131. — Sección transversal de un hueso largo



Fig. 132. — Sección transversal de un canal de Havers.

son, de fuera adentro; el *periostio*, el *hueso* propiamente dicho y la *medula* (fig. 131).

1º El *periostio* es una membrana que forma una vaina al rededor del hueso, al cual está unida fuertemente por numerosas fibras.

2º El *hueso* propiamente dicho. Se corta con una sierra en la diáfisis de un hueso largo una laminilla y se le pule hasta que esté muy delgada y transparente. Si la examinamos con el microscopio, veremos una serie de agujeritos (fig. 132) que representan las secciones de los canalitos que tiene el hueso, llamados *canales de Havers*. Estos canales están dispuestos paralelamente al eje del hueso y pueden anastomosearse (fig. 133), y contienen vasos sanguíneos procedentes de la ramificación de los vasos que han penetrado en el hueso por el *agujero nutricio*.

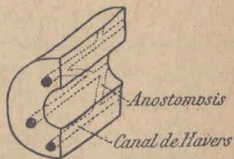


Fig. 133. — Hueso cortado á lo largo mostrando los canales de Havers y sus anastomosis.

Al rededor de cada canal de Havers hay un *tejido óseo* (fig. 134), dispuesto en laminitas concéntricas, en las que existen manchas negras, estrelladas, situadas con regularidad al rededor del canal y anastomoseándose unas con otras : son cavidades donde se hallan las *células óseas*, cuyas prolongaciones se ramifican y anastomosean con las de las células vecinas. Entre las células se halla la *substancia intersticial* de naturaleza esencialmente calcárea.

El *hueso largo* presenta en su diáfisis la estructura que aca-

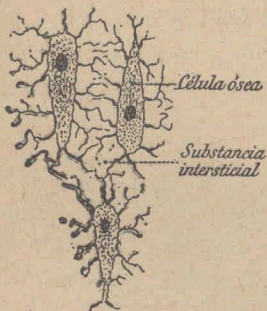


Fig. 134. — Tejido óseo muy aumentado.

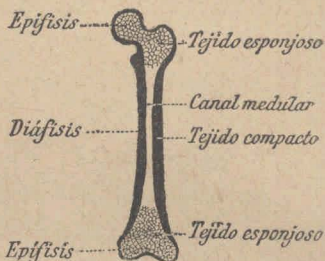


Fig. 135. — Sección longitudinal de fémur.

bamos de describir : es el *tejido compacto* (fig. 135); pero por el lado de las epífisis, el tejido está formado de laminitas con cavidades que dan al hueso un aspecto esponjoso : es el *tejido esponjoso*.

El *hueso plano* está formado de dos laminitas de tejido compacto entre las cuales se halla el tejido esponjoso.

El *hueso corto* tiene la estructura de la epífisis del hueso largo; de modo que está formado casi enteramente de tejido esponjoso.

3º La *medula de los huesos* es una sustancia blanda de color amarillento en el canal medular de los huesos largos; en el tejido esponjoso es de color rojo. La medula contiene muchos vasos sanguíneos, *células adiposas* y *células linfáticas*.

Composición de los huesos. — Los huesos están formados de dos partes : 1º una sustancia orgánica, la *oseína*; 2º una sustancia mineral en que predominan las *sales calcáreas*.

La *oseína* constituye casi la tercera parte del hueso, y las *sales minerales* las otras dos terceras partes.

Se puede separar la *oseína* de la materia mineral poniendo un hueso en ácido clorhídrico diluido en agua. Al cabo de algunos días la materia mineral está disuelta y queda la materia orgánica, transparente y elástica. La acción prolongada del agua hirviendo la transforma en *gelatina*.

Si, por el contrario, se pone un hueso al fuego vivo, al contacto del aire, se destruye la *oseína* y sólo queda como residuo la *materia mineral* en forma de ceniza blanca. Si se le calcina en vaso cerrado, el carbón de la *oseína* queda combinado con las sales minerales para dar el *negro animal*, que sirve en la industria como decolorante.

Las sales minerales son sobre todo fosfatos y carbonatos de calcio; la cantidad de fluoruro de calcio es muy débil en los huesos frescos, pero aumenta en los viejos y es mayor aún en los fósiles. Por consiguiente se puede emplear el dosaje del fluoruro de calcio para determinar la *edad relativa* de un hueso.

En 100 partes de cenizas de hueso se encuentra :

Fosfato tribásico de calcio.	85
Carbonato de calcio	9
Fluoruro de calcio	4
Fosfato de magnesio.	2
	100

Desarrollo del esqueleto. El cartilago. — Siguiendo las diferentes fases del desarrollo de un embrión, se ve que el esqueleto pasa por diferentes estancias : primero es *mucoso*, luego *cartilaginoso* y por fin *óseo*.

El esqueleto *mucoso* está formado de células estrelladas separadas por una materia intersticial mucosa, líquida.

El esqueleto *cartilaginoso* está formado de *tejido cartilaginoso*, que comprende células redondas, dispuestas en cavidades en medio de una substancia intersticial (*fig. 136*). Esta substancia, que es elástica, tiene la propiedad de transformarse en agua hirviendo en una materia soluble, la *condrina*; que se hiel a enfriamiento.

El esqueleto cartilaginoso tiene ya la forma de los huesos.

futuros, pero en pequeño; es en cierto modo la miniatura del esqueleto óseo del adulto.

El esqueleto cartilaginoso es transitorio, reemplazándole luego el óseo; sin embargo persiste toda la vida en ciertos Vertebrados inferiores (Raya, Tiburón).

Crecimiento del hueso en longitud. — El hueso no reemplaza bruscamente el cartílago. Generalmente se ve aparecer el tejido óseo en ciertos puntos del cartílago : estos puntos se llaman *puntos de osificación*. En un hueso largo (fig. 137), por ejemplo,

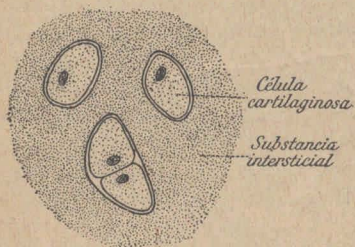


Fig. 136. — Tejido cartilaginoso.

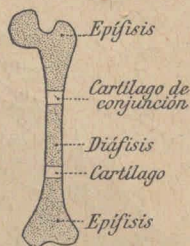


Fig. 137. — Hueso largo en vías de osificación.

se distinguen con frecuencia tres regiones de osificación : una da la diáfisis y las otras dos las epífisis. Estas zonas de osificación se agrandan poco á poco, pero permanecen mucho tiempo separadas por el cartilago.

Este cartílago desempeña un papel importante en el crecimiento del hueso : sus células se multiplican y elaboran una nueva materia cartilaginosa, que alarga el cartilago y por consiguiente el hueso. Pero tan pronto como la diáfisis quede soldada á las epífisis, el hueso no crecerá más y conservará toda la vida la longitud adquirida. En el hombre, esta soldadura se verifica, en los miembros, de 20 á 25 años; á esta edad el hombre no crece más : su talla es definitiva

Crecimiento del hueso en espesor. — Cuando el hueso reemplaza el cartilago, es macizo al principio; después, las laminas que forman el tejido esponjoso del centro de este hueso, se

resorben y queda la *cavidad medular*. Al mismo tiempo se forman bajo el periostio nuevas células que segregan una sustancia intersticial ósea y forman así una nueva zona ósea en la parte exterior.

Varios experimentos han demostrado esta propiedad del periostio.

Desde 1740 *Duhamel* observó que un Puerco alimentado con rubia presentaba bajo el periostio una zona colorada, y que alternando esta comida con otra ordinaria el hueso del Puerco presentaba zonas alternativamente rojas y blancas.

En 1840 *Flourens* puso bajo el periostio de un joven animal

un alambre de platino y se formó una llaga; más tarde sacrificó el animal y encontró el alambre de platino más profundo en el hueso y aun en el canal medular (fig. 138). Esto prueba que hay creci-



Fig. 138. — Experimento de Flourens para demostrar el crecimiento en espesor de un hueso largo.

miento exteriormente, mientras que las partes internas se destruyen, agrandando así el canal medular.

En fin, el experimento siguiente demuestra el poder que tiene el periostio de formar hueso. Se despega un jirón de periostio del hueso, dejándole unido por una punta y poniendo la otra en los músculos vecinos : así se ve que el periostio *forma hueso* en medio de estos músculos. En animales se logra transplantar jirones de periostio, sea en la carne, sea en la piel, y en una y otra el periostio produce tejido óseo. Esto es el *injerto animal óseo*.

Esta propiedad del periostio se pierde con la edad : en el anciano queda reducido á una envoltura fibrosa sin actividad celular.

Osificación. — Para que la osificación pueda formarse convenientemente se necesita una *alimentación rica en sales calcáreas*, si no el esqueleto no se osifica, queda blando y se deforma : entonces proviene el *raquitismo*. Esto es lo que sucede á los niños privados de leche, alimento rico en sales calcáreas, así como á los habitantes de las regiones graníticas, cuyas aguas carecen de sales calcáreas. Milne-Edwards ha demostrado experimentalmente

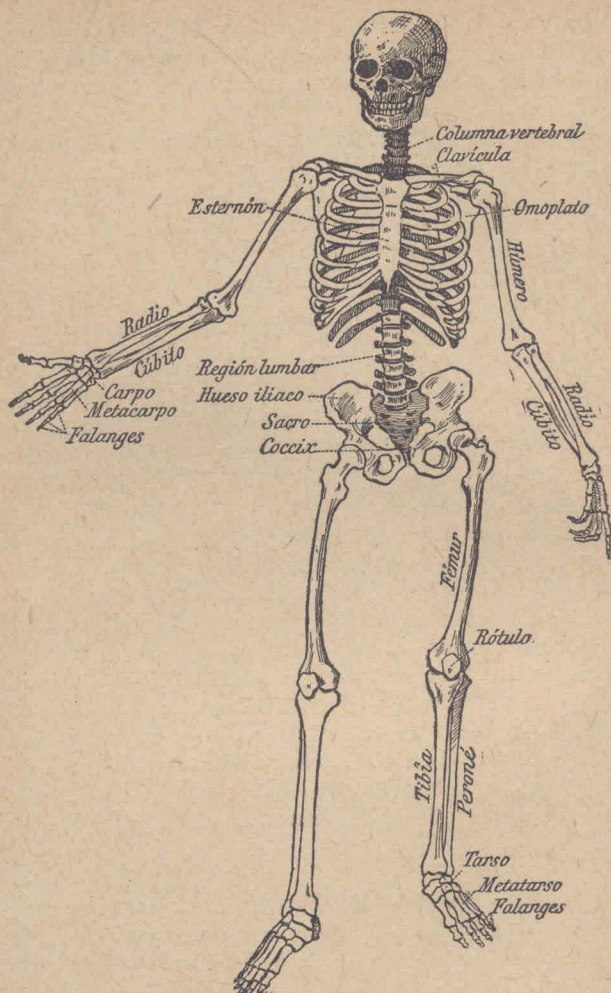


Fig. 139. — Esqueleto humano.

la importancia de estas sales. Al efecto cebó Pichones con ali-

mentos privados de calcáreo y observó que su esqueleto se alargaba, pero quedaba blando y se deformaba. Los Pichones se habían vuelto *raquiticos*.

II. — Esqueleto.

El esqueleto del hombre (*fig. 139*) comprende tres partes : el *tronco*, la *cabeza* y los *miembros*.

§ 1. — El tronco.

El esqueleto del tronco está formado de tres partes : la *columna vertebral*, las *costillas* y el *esternón*.

La columna vertebral. — La *columna vertebral* es en cierto modo el eje del cuerpo, y está formada de un conjunto de huesos pegados unos sobre otros, los cuales son las *vértebras*.

Una vértebra se compone de una parte central llamada *cuerpo* (*fig. 140*); por detrás, de un anillo óseo que forma el *arco neural* limitando el *agujero vertebral*, por el cual pasa la medula espinal. Este arco neural se prolonga por detrás por la *apófisis espinosa* : á estas apófisis debe la columna vertebral el nombre de *espinas dorsales*.

En los lados están las *apófisis transversales* y cuatro *apófisis articulares* que resultan de la superposición de las vértebras.

Los agujeros vertebrales forman el *canal raquídeo*, que contiene la medula espinal. En los lados de este canal se hallan los *agujeros de conjunción* (*fig. 141*) por donde salen los nervios raquídeos.

Las vértebras son 33 (*fig. 142*), repartidas de la manera siguiente :

1° Las *vértebras cervicales*, en número de 7, ocupan la región

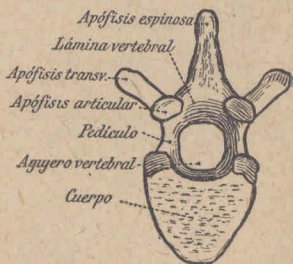


Fig. 140. — Una vértebra dorsal.

del cuello; tienen un cuerpo pequeño, y las apófisis transversas tienen un agujero para dejar pasar la *arteria vertebral*. La primera vértebra llamada *atlas* (fig. 143) presenta dos facetas articulares en las que descansan los dos cóndilos de la base del cráneo. La segunda, llamada *axis* (fig. 144), tiene una prolongación á manera de eje, al rededor del cual gira el atlas y la cabeza.

2º Las *vértebras dorsales*, en número de 12, ocupan la región del dorso; sus apófisis espinosas son oblicuas de arriba abajo (fig. 142); cada vértebra dorsal lleva un par de costillas.

3º Las *vértebras lumbares*, en número de 5, ocupan la región de los riñones; éstas son las más gruesas y sus apófisis son largas.

4º Las *vértebras sacras*, en número de

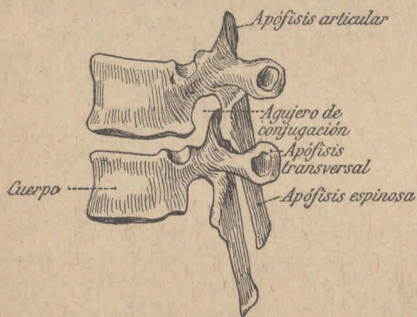


Fig. 141. — Dos vértebras superpuestas

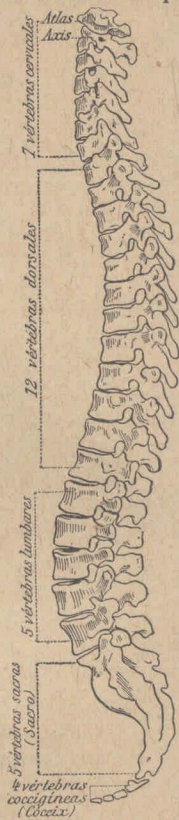


Fig. 142. — La columna vertebral.

5, están soldadas en un solo hueso, el *sacro* (fig. 145), y ocupan la región sacra, es decir la región que contiene las visceras que estaban reservadas para los dioses en los sacrificios. Por la conformación del sacro es muy fácil ver que este hueso resulta de la soldadura de 5 vértebras.

5° Las *vértebras coccigíneas* (fig. 145), en número de 4, son



Fig. 143. — El atlas (primera vértebra cervical).

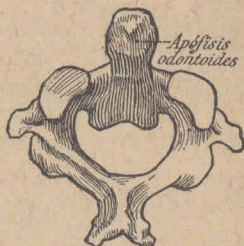


Fig. 144. — El axis (segunda vértebra cervical).

pequeñas, atrofiadas y soldadas en un solo hueso que remata la columna vertebral, el cual se llama el *cóccix*.

La columna vertebral del hombre presenta, en conjunto, *dos curvaturas* (fig. 142): una convexidad dorsal en la región torácica y una concavidad dorsal en la región lumbar. Esta curvatura lumbar, que no existe en ningún otro Mamífero, está en relación, en el hombre, con su actitud vertical.

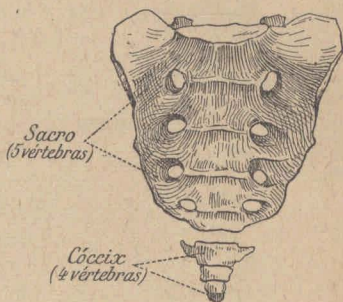


Fig. 145. — El sacro y el cóccix.

Las costillas y el esternón. — Las *costillas* son en número de 12 pares. Cada costilla tiene la forma de un arco óseo (fig. 146), que se apoya por detrás contra las vértebras, y por delante, por medio de un cartilago (*cartilago costal*) sobre el *esternón*. El conjunto de la vértebra, de las costillas, del esternón y de los cartílagos forma lo que se llama un *segmento vertebral*.

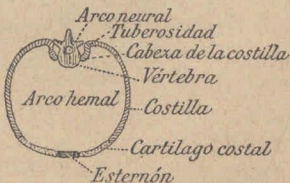


Fig. 146. — Segmento vertebral.

El *esternón* (fig. 139) es un hueso plano, mediano, situado delante del pecho y terminado en punta en su parte inferior, en el cual se apoyan las dos clavículas. Los 7 primeros pares de costillas están soldadas á él directamente; los 3 pares de costillas siguientes ó *falsas costillas* están también soldadas á él por medio de las costillas precedentes, y en fin las 2 últimas costillas llamadas *flotantes* porque están libres por delante.

§ 2. — La cabeza.

La cabeza comprende dos partes : el *cráneo* y la *cara*.

El cráneo. — El cráneo es una caja huesosa que contiene el encéfalo (cerebro, cerebelo, bulbo, etc.) y que está formado por huesos planos soldados por engranaje.

El cráneo tiene una forma ovoidea (fig. 147) de gruesa extremidad posterior, pues carece de simetría. Su volumen y su forma varían en las diferentes razas humanas : es decir que la parte más desarrollada es la anterior en la raza blanca, la parte media en la raza amarilla y la parte posterior en la raza negra.

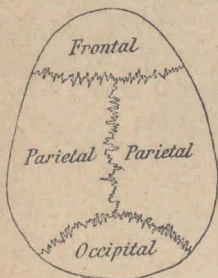


Fig. 147. — Cráneo visto por la cara superior.

La forma del cráneo presenta, en la misma raza, variaciones interesantes desde el punto de vista etnográfico : unas veces el cráneo es redondo (*braquicéfalo*) otras es prolongado (*dolicocefalo*). Lo que varía también es el

ángulo facial, es decir el ángulo que formaría una línea trazada desde la frente que pasara por los incisivos con otra que viniera del agujero auditivo á la espina nasal. Este ángulo es de 70 á 80 grados, y cuanto más se acerque á los 90, tanto más se aproxima al tipo ideal de la belleza tal como nosotros la concebimos. Esta es la razón porqué los estatuarios griegos daban á las cabezas de dioses y de héroes un ángulo facial generalmente superior á 90 grados.

El cráneo se compone de 8 huesos encajados fuertemente unos en otros. Estos son : el *esfenoides* (fig. 148) en el centro de la

bas del cráneo, el *etmoides* algo avanzado, el *frontal* delante, el

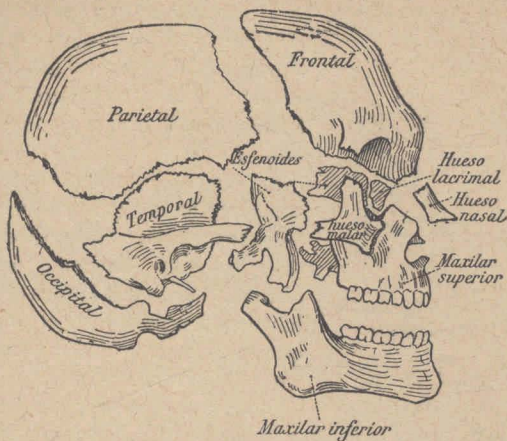


Fig. 148. — Huesos de la cabeza desarticulados.

occipital detrás, los 2 *temporales* á los lados y los 2 *parietales* cerrando la caja en la parte superior (fig. 149 y 151).

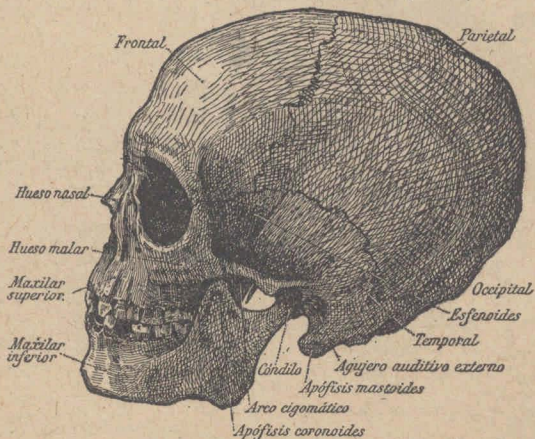


Fig. 149. — Esqueleto de la cabeza (perfil).

El *esfenoides* es la llave de la bóveda del cráneo y está soldado

con la mayor parte de los huesos del cráneo y su forma tiene el aspecto de un murciélago. Está formado de una parte central, el *cuerpo* (fig. 150) que tiene en la parte superior dos *grandes* y dos *pequeñas* alas, y en la parte inferior dos prolongaciones llamadas *apófisis pterigoides*.

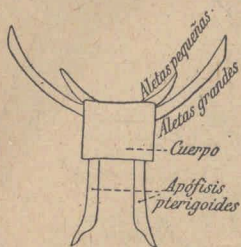


Fig. 150. — Sección esquemática vertical del esfenoides.

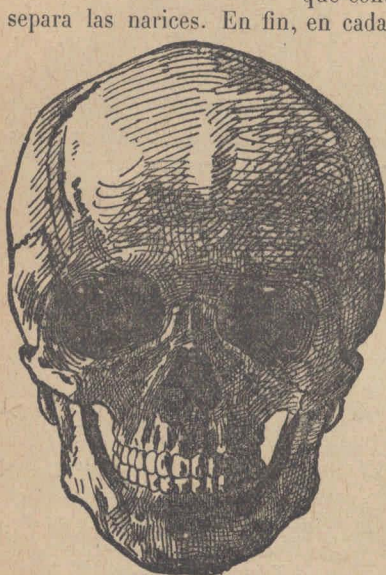


Fig. 151. — Esqueleto de la cabeza (cara).

En fin, en cada lado se hallan las dos *masas laterales* llenas de cavidades, que contienen por dentro los dos *cornetes superior y medio* de la nariz.

El *occipital* tiene un ancho orificio, el *agujero occipital* para el paso de la médula espinal; en cada lado de este agujero hay dos resaltos ó *cóndilos occipitales*, que van á articularse en las dos facetas articulares del atlas.

El *temporal* presenta una parte delgada, la *concha*, y una gruesa que contiene la oreja, es decir el *peñasco*; por delante este hueso se prolonga por la *apófisis zigomática*; en su

parte inferior está la *cavidad glenoides*, que recibe el cóndilo de la mandíbula inferior.

Osificación. — Los huesos del cráneo son huesos de membrana, que se desarrollan por puntos de osificación que avanzan uno hacia otro, pero que tardan en soldarse (fig. 153). Los espacios membranosos que separan los huesos en vías de desarrollo,

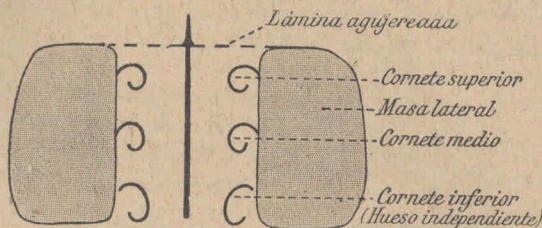


Fig. 152. — Sección esquemática vertical y transversal del etmoides.

se llaman *fontanelas*. La anterior es cuadrangular y la posterior triangular.

La cara. — El esqueleto de la *cara* se compone de un conjunto de huesos que limitan las cavidades que contienen los órganos de los sentidos. Este esqueleto comprende 14 huesos, 13 de los cuales están soldados al cráneo : solo el *maxilar inferior* está articulado con el cráneo.

Los 13 huesos soldados al cráneo son : 2 huesos *nasales*, que forman el esqueleto de la nariz, 2 *maxilares superiores*, 2 *malares* ó *yugales*, formando la prominencia conocida con el nombre de *mejilla*, 2 *palatinos*, que forman con los maxilares superiores la bóveda del paladar, 2 *lacrimales*, situados en la parte interna de la órbita, 2 *cornetes inferiores* de la nariz y en fin el *vómer* que forma una parte del tabique de la nariz.

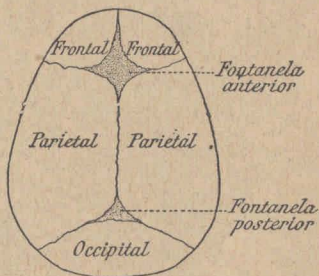
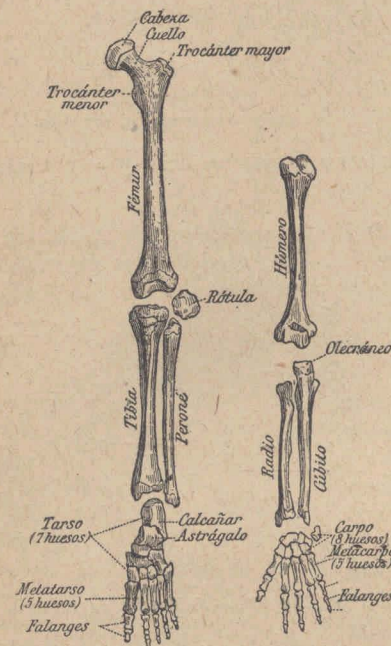


Fig. 153. — Osificación del cráneo.

Teoría vertebral. — Algunos han pretendido que el cráneo es la prolongación de la columna vertebral : en este caso los huesos del cráneo no serían otra cosa que *vértebras transformadas*,

modificadas por una adaptación á funciones especiales. El poeta alemán es el primero que emitió esta teoría.

Pero la *teoría vertebral* del cráneo no concuerda con lo que nos enseñan la anatomía comparada y la embriogenia; así es que ha sido reemplazada por una nueva concepción, la de la *metameria*, según la cual la cabeza y el tronco estarían formados de segmentos ó *metámeros*, cuyo número sería de 12, porque hay 12 pares de nervios craneales, que, como los nervios raquídeos, deben corresponder á otros tantos segmentos.



A. — Miembro abdominal ó inferior izquierdo. B. — Miembro torácico ó superior derecho.

Fig. 154. — Esqueleto de los miembros.

§ 3. — Los miembros.

Los miembros del hombre son en número de dos pares: los *miembros torácicos* ó *superiores*, los *miembros abdominales* ó *inferiores*. Estos miembros están ligados al cuerpo por huesos que forman las *cinturas*.

El miembro torácico. — El miembro torácico comprende las regiones siguientes: el *brazo*, el *antebrazo*, el *puño*, la *palma de la mano* y los *dedos*.

El *brazo* (fig. 154) tiene por esqueleto el *húmero*, cuya cabeza redonda se articula con

la espalda, y la parte inferior con los dos huesos del antebrazo. La cabeza esférica del húmero gira fácilmente en la cavidad articular de la espalda y permite al brazo moverse en todos sentidos.

El *antebrazo* comprende dos huesos : el *cúbito* por dentro y el *radio* por fuera. El cúbito presenta en su parte superior un resalto, el *olecráneo* (fig. 155), cuyo borde, al chocar contra el húmero, impide al brazo plegarse por detrás. El radio gira alrededor del cúbito.

El *puño* tiene su esqueleto formado de 8 huesos pequeños dispuestos en dos filas, que forman el *carpo*.

La *palma de la mano* comprende 5 huesos, colocados casi paralelamente, que forman el *metacarpo*, compuesto por consiguiente de 5 *metacarpianos*.

Los *dedos* son en número de 5, y cada dedo posee 3 huesecitos, llamados *falanges*, excepto el pulgar que sólo tiene dos.



Fig. 155. — Sección antero-posterior del codo.

El miembro abdominal. — El miembro abdominal (fig. 154) comprende las regiones siguientes : el *muslo*, la *pierna*, el *empeine*, la *planta de los pies* y los *dedos*.

El esqueleto del *muslo* es el *fémur*, que es el hueso más largo del cuerpo. Tiene una cabeza esférica, que se articula con la cadera y adhiere al resto del hueso por una parte deprimida llamada *cuello*.

La *pierna* comprende dos huesos : la *tibia* por dentro y el *peroné* por fuera. La tibia es de forma triangular, y presenta una cazoleta en la que gira la superficie articular del fémur. Delante de esta articulación de la rodilla hay un hueso pequeño, la *rótula*, que tiene por función impedir que la pierna se pliegue por delante, la rótula desempeña el mismo papel que el olecráneo en el brazo. En su parte inferior la tibia y el peroné se ensanchan para dar los *tobillos*, que limitan una especie de mortaja, en la que encaja el pie.

El *empeine* tiene su esqueleto ó *tarso* formado de 7 huesos, uno de los cuales, el *astrágalo*, se articula con la tibia y sostiene el peso del cuerpo, y otro, el *calcáneo*, forma el talón.

La *planta de los pies* tiene su esqueleto ó *metatarso* formado de 5 huesos colocados paralelamente y llamados *metatarsianos*.

En fin los *dedos* son en número de 5, y cada dedo tiene tres falanges, excepto el pulgar ó dedo gordo, que sólo tiene dos.

El conjunto del pie forma una especie de bóveda, cuyas diferentes partes articuladas permiten la elasticidad de la marcha.

Los miembros torácicos y abdominales están contruidos por el mismo plan, como lo resume el cuadro siguiente :

MIEMBRO TORÁCICO	MIEMBRO ABDOMINAL
Brazo. . . Húmero.	Muslo. . . Fémur.
Antebrazo. { Cúbito.	Pierna . . { Tibia.
{ Radio.	{ Peroné.
Codo . . . Olecráneo.	Rodilla. . . Rótula.
Puño . . . Carpo (8 huesos).	Empeine . . Tarso (7 huesos).
Palma . . . Metacarpo (5 huesos).	Planta . . . Metatarso (5 huesos).
Dedos. . . 3 falanges.	Dedos . . . 3 falanges.

Las cinturas. — Los miembros están unidos al cuerpo por huesos colocados al rededor del tronco y forman las *cinturas*, que son dos : la *cintura torácica* ó *escapularia*, y la *cintura abdominal* ó *pelviana*.

1º La *cintura torácica* está formada de dos omoplatos por detrás y dos clavículas por delante.

El omoplato (fig. 156) es un hueso plano, triangular, que presenta en la cara dorsal la *espina del omoplato*, la cual se prolonga por una apófisis, el *acromio*, que va á articularse con la clavícula. En el ángulo superior y externo del omoplato se

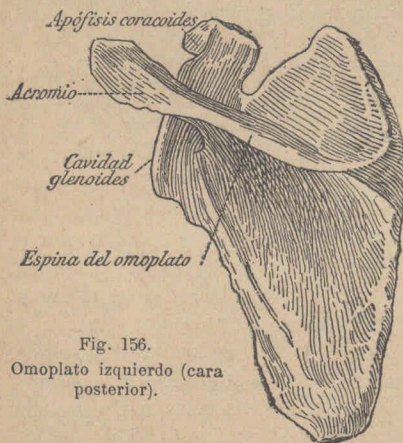


Fig. 156.
Omoplato izquierdo (cara posterior).

encuentra la *cavidad glenoides*, donde viene á articularse la cabeza del húmero, la cual está protegida por la *apófisis coracoides*. Esta región es la que constituye la espalda.

La *clavícula*, situada delante, está encorvada y se extiende del acromio al esternón, é impide á la espalda echarse hacia adelante.

2º La *cintura abdominal* está formada de dos huesos llamados *iliacos*. Estos dos huesos se unen al sacro por detrás y se articulan por delante para formar el *bacinete*.

El hueso iliaco (fig. 157) tiene la parte superior plana, éste es el *íleon*, y abajo, una parte gruesa; éste es el *isquion*, y por delante una prolongación que va á juntarse con la del lado opuesto; éste es el *pubis*. En el desarrollo del hueso iliaco, estos tres huesos son distintos, y los tres concurren á la formación de la *cavidad cotiloides*, donde viene á encajar la cabeza esférica del fémur.

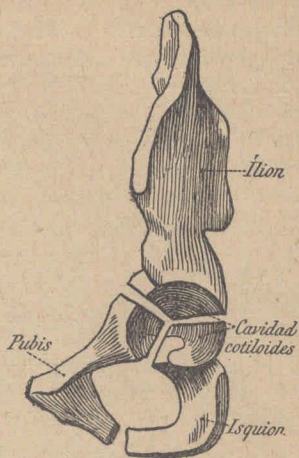


Fig 157. — Hueso iliaco.

III. — Articulaciones.

Las diversas articulaciones. — El modo de unión de dos huesos constituye una *articulación*. Hay tres variedades de articu-



A. — Dentada.



B. — Escamosa.

Fig. 158. — Sutures.



Fig. 159. — Sinfisis (columna vertebral).

laciones : articulaciones inmóviles, articulaciones poco móviles, y en fin articulaciones muy móviles.

1º Las articulaciones inmóviles son llamadas también *sutures*.

Si las superficies óseas engranan unas en otras se tiene una sutura *dentada* (fig. 158, A) (suturas del cráneo); si las superficies óseas están cortadas en bisel (fig. 158, B) se tiene una sutura *escamosa* (sutura del temporal y del parietal).

2º Las articulaciones poco móviles se llaman *sínfisis*. Las superficies óseas están separadas por ligamentos, cuya elasticidad permite un pequeño movimiento al hueso. Por eso en la columna vertebral (fig. 159) hay un disco fibrocartilaginoso entre dos vértebras sucesivas. También los dos pubis están unidos por una sínfisis.

3º Las articulaciones móviles son las más variadas y numerosas.



Fig. 160. — Articulación móvil.

Una articulación móvil, como la de la rodilla ó del codo por ejemplo, se compone : 1º de un *cartilago articular* (fig. 160) que cubre las dos superficies óseas en contacto; 2º de *ligamentos* que van de un hueso al otro y que tienen por función mantener los dos huesos en contacto; estos ligamentos pueden estar fuera de la articulación y formar á su alrededor una especie de manguito fibroso, llamado *cápsula articular*; ó pueden

estar por dentro de la articulación, entre las superficies óseas, tales son los *ligamentos intraarticulares*; 3º de una membrana serosa, llamada *sinovial*, que tapiza la cápsula articular y segrega un líquido viscoso, la *sinovia*, destinado á lubricar las superficies articulares. Á veces se produce en la superficie del cartilago concreciones sólidas (*ácido úrico*); entonces la articulación deja oír ciertos crujidos (*artritis*).

Si se inmoviliza un miembro durante el período de osificación, los huesos se sueldan y el miembro se anquilosa. En una luxación es decir cuando los huesos salen de su posición normal, á los pocos meses desaparece la antigua articulación y se puede producir otra nueva en el punto donde los dos huesos están en contacto : puede decirse que esta articulación ha sido producida por el movimiento. Esta es una prueba más de este principio biológico según el cual la *función crea el órgano*.

Papel de la presión atmosférica. — Las superficies articulares son sostenidas en contacto no sólo por los ligamentos y lós

músculos que las rodean, sino también por la presión atmosférica.

Esto se demuestra fácilmente por el experimento siguiente : se corta alrededor del muslo de un cadáver todas las partes blandas : músculos, ligamentos y hasta la cápsula articular. Entonces parece que la pierna se va á despegar ; pero no es así, pues la cabeza del fémur no sale de la cavidad cotiloides. Pero si se hace un agujero con un barrelo en el fondo de la cavidad cotiloides, el aire penetra y el fémur sale de esta cavidad. En seguida se vuelve á colocar la cabeza del fémur en la cavidad, se le hace ejecutar algunos movimientos para desalojar el aire ; se tapa con cera el agujero que se había hecho, y el fémur queda de nuevo en la cavidad cotiloides. De manera que el vacío obtenido por el contacto de dos superficies óseas es el que permite á la presión atmosférica mantener las superficies articulares en su sitio.

Tirando de los dedos se oyen crujidos debidos á que, vencida la presión atmosférica, las superficies articulares se separan, y las partes blandas circunvecinas penetran entre las superficies : estos movimientos que se verifican bruscamente son la causa del crujido oído.

RESUMEN

El esqueleto está formado de un conjunto de piezas duras, los huesos, que forman la armazón del cuerpo.

Estudio de los huesos. — Hay que considerar su *forma, estructura, composición y desarrollo*.

- | | | |
|------------------------|---|--|
| 1° <i>Forma.</i> | { | Hueso largo : fémur, húmero. |
| | | Hueso plano : omoplato. |
| | | Hueso corto : hueso del carpo. |
| 2° <i>Estructura.</i> | { | 1. <i>Periostio</i> : membrana fibrosa. |
| | | 2. <i>Hueso propiamente dicho</i> : células óseas ramificadas y substancia intersticial. Canales de Havers donde circulan los vasos. |
| | | 3. <i>Medula</i> : células adiposas y linfáticas. |
| 3° <i>Composición.</i> | { | 1° <i>Oseína</i> : substancia orgánica. |
| | | 2° <i>Sales minerales</i> : fosfatos y carbonatos de calcio. |
| 4° <i>Desarrollo</i> | { | 1° Esqueleto mucoso ; |
| | | 2° — cartilaginoso ; |
| | | 3° — óseo. { |
| | | Crecimiento del hueso en longitud : puntos de osificación ; |
| | | Crecimiento del hueso en espesor : bajo el periostio. |

Para que la osificación se efectúe bien se necesita una alimentación rica en sales calcáreas.

El esqueleto. — El esqueleto comprende tres regiones : *tronco, cabeza y miembros.*

- | | | | | |
|-------------------|------------------------------|---|--|---|
| 1° El tronco. | 1. <i>Columna vertebral.</i> | { Vértebra : cuerpo, agujero vertebral, apófisis.
{ 7 cervicales (atlas, axis).
{ 12 dorsales.
{ 5 lumbares.
{ 5 sacras = sacro.
{ 4 coccigéneas = cóccix. | | |
| | | | 2. <i>Costillas</i> : 12 pares, 10 de las cuales unidas al esternón por los cartilagos costales. | |
| | | | | 3. <i>Esternón.</i> |
| La cabeza. | 1. <i>Cráneo</i> (8 huesos). | { Esfenoides, etmoides, frontal, occipital.
{ 2 temporales, 2 parietales. | | |
| | | | 2. <i>Cara</i> (14 huesos). | { 2 nasales, 2 maxilares superiores, 2 yugales, 2 lacrimales, 2 palatinos, 2 cornetes inferiores.
{ Vómer, maxilar inferior. |
| 2° Los miembros. | <i>Miembro superior.</i> | | <i>Miembro inferior.</i> | |
| | Brazo. . . : Húmero. | | Muslo . . : Fémur. | |
| | Antebrazo. { | { | Pierna. { | { |
| | | { | | { |
| | Mano. . . { | { | Pie . . { | { |
| { | | { | | |
| Las cinturas. . { | | { 1. Espalda : omoplato y clavícula.
{ 2. Cadera : hueso iliaco (íleon, pubis, isquion). | | |
- Articulaciones.** — Tres variedades. {
1. Inmóviles ó *suturas* : huesos del cráneo.
 2. Casi fijas ó *sinfisis* : las vértebras.
 3. Móviles : casi todos los huesos.

Una articulación móvil, como la de la rodilla, se compone de tres partes esenciales : el *cartilago articular* que cubre las superficies óseas, los *ligamentos* que sostienen los huesos en su sitio, una membrana serosa, la *sinovial*.

Las superficies articulares están sostenidas en su sitio, no sólo por los ligamentos, sino por la presión atmosférica.

CAPÍTULO X

LOS MÚSCULOS

El movimiento. — El movimiento es uno de los fenómenos más característicos de la vida animal.

En los animales inferiores los movimientos son debidos á la contractilidad del protoplasma. Tales son los movimientos amiboideos descritos al principio de este libro.

En los animales superiores los movimientos se ven fácilmente, ya con las células linfáticas, ya con el epitelio vibrátil. Además, ya hemos indicado los experimentos sencillos que demuestran la acción motriz de las pestañas vibrátiles. Finalmente, prodúcese una especialidad de células para dar *elementos musculares*, que poseen en sumo grado la facultad de contraerse y por consiguiente de moverse.

Vamos á estudiar sucesivamente la *anatomía de los músculos*, su *fisiología* y el *mecanismo del movimiento*.

I. — Anatomía de los músculos.

Los *músculos* son los órganos activos del movimiento; forman lo que llamamos *carne*, y son en número de unos 450.

Según su estructura y sus funciones, podemos agrupar los músculos en dos categorías : 1º los *músculos estriados*, que están sujetos á la voluntad; éstos son los órganos esenciales de la locomoción; tales son los músculos de los miembros; 2º los *músculos lisos*, que son independientes de la voluntad, tales como los músculos de las paredes del estómago, de la vejiga, etc.

Músculos estriados. — Un músculo estriado tal como el

biceps, que está en la parte anterior del brazo, se compone de una parte carnosa y abultada (fig. 161), terminada en dos prolongaciones blancas y elásticas, los *tendones*. El conjunto del músculo tiene la forma de un huso.

Los *tendones*, que ligan el músculo al esqueleto, están formados



Fig. 161. — Un músculo largo.

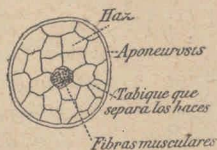


Fig. 162. — Sección transversal de un músculo.

de tejido elástico, y no son otra cosa que prolongaciones de la envoltura fibrosa del músculo.

El *músculo* presenta en una sección transversal (fig. 162) : 1º una envoltura externa fibrosa, ésta es la *aponeurosis*; 2º tabiques que provienen de esta envoltura externa y dividen el músculo en cierto número de *haces musculares*; 3º de filamentos casi invisibles á la simple vista, llamados *fibras musculares*.



Fig. 163. — Fibra muscular estriada.



Fig. 164. — Fibrilla muscular.

Cuando se mira una de estas fibras con una lente de mucho aumento, se ve que presenta estrias longitudinales y transversales : de ahí su nombre de *fibra estriada* (fig. 163). Las estrias longitudinales provienen de que la fibra está formada de cierto número de *fibrillas* paralelas, y la estriación transversal

proviene de que cada fibrilla (fig. 164) está compuesta de discos alternativamente *oscuros* y *claros* y puestos unos sobre otros. Los discos oscuros son *contráctiles*, mientras que los claros son *elásticos*.

Cada fibra está rodeada de una membrana, en cuya parte interior hay varios núcleos. Resulta, por consiguiente, de la fusión de varias células.

Las fibras estriadas, como veremos después, son de *contracción rápida* y están *sujetas á la influencia de la voluntad*, excepto las del corazón, que se contraen sin intervención de nuestra voluntad.

Músculos lisos. — Separando los músculos que forman las

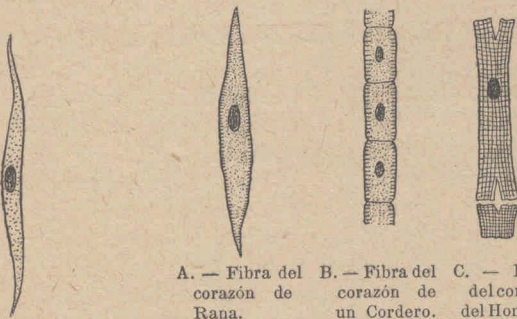


Fig. 165. — Fibra muscular lisa

Fig. 166. — Transiciones entre la fibra lisa y la estriada.

paredes del estómago, ó del intestino, ó de la vejiga, se ve que están formados de fibras que no presentan ya el aspecto estriado. Estas *fibras lisas* (fig. 165) son simplemente células muy prolongadas y que á veces pueden juntarse por sus extremos.

Las fibras lisas son de *contracción lenta* y no están *sujetas á la influencia de la voluntad*.

Transiciones entre los músculos estriados y los lisos. — En los animales existen fibras musculares, cuyas formas son intermedias entre la fibra lisa y la estriada.

En el corazón de la Rana hay fibras formadas por una célula

prolongada con algunas estriás en los bordes (fig. 166, A). En el corazón del Carnero existen fibras (fig. 166, B) formadas por células pegadas una á otra y cuya estriación es algo más acentuada que las del corazón de la Rana. En fin, los músculos del corazón del Hombre están formados de fibras estriadas (fig. 166, C), en que la independencia de las células es muy marcada y que no están sujetas á la voluntad.

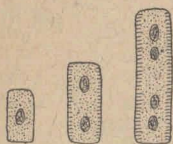


Fig. 167. — Desarrollo de una fibra muscular estriada

Todas estas formas de transición existen en un joven animal en vías de desarrollo : las células que deben ser estriadas se alargan primero, después el núcleo se divide y la estriación empieza en los bordes (fig. 167) para marcarse bien en todo el protoplasma. En suma, una fibra lisa puede ser considerada como una fibra estriada al iniciarse su desarrollo.

Forma y distribución de los músculos. — La *forma* de los músculos es muy variable, pues, en efecto, pueden ser *largos* (biceps), *cortos* (músculos interdigitales), *anchos* (diafragma).

Los músculos también pueden estar insertos en las diferentes partes del organismo de diferentes maneras : pueden ligarse por sus dos tendones á los huesos (músculos de los miembros) ó bien en la piel (músculos pelíceos) ó también por un tendón en el hueso y por el otro en un órgano (músculos del ojo).

Con frecuencia dos músculos obran en las mismas partes del esqueleto para producir movimientos de sentido contrario : entonces se dice que estos músculos son *antagonistas*. Tales son los músculos *extensores* y *flexores* de los dedos.

No pudiendo estudiar por separado los músculos del cuerpo, enumeraremos solamente los que desempeñan el papel más importante en los movimientos y particularmente en la locomoción (fig. 169 y 170).

CABEZA	{	<i>Frontal, Orbiculares de los párpados y de los labios, etc., cuyas contracciones dan expresión á la fisonomía.</i>
TRONCO.	{	<i>Gran pectoral, Trapecio, Gran dorsal, Músculos intercostales, etc., que sirven en los movimientos del tronco, de los brazos y de la respiración.</i>

- MIEMBRO SUPERIOR. { *Deltoides* : levanta el brazo.
Biceps : pliega el antebrazo sobre el brazo.
Triceps : antagonista del biceps.
Flexores y extensores de los dedos.
- MIEMBRO INFERIOR. { *Grande y mediano glúteo* : verticalidad de cuerpo.
Biceps crural : pliega la pierna sobre la nalga.
Triceps crural : antagonista del biceps.
Sartorio : pliega la pierna sobre la nalga moviéndola hacia adentro.
Gemelos (tendón de Aquiles) : tracción del piel

Terminaciones nerviosas. — Los músculos reciben ramificaciones de los nervios. Las fibras nerviosas van á terminar en los músculos de la manera siguiente (fig. 168); el cilindro eje de la fibra nerviosa penetra solo en el músculo, y se ramifica en arborescencia en medio de un protoplasma granuloso que presenta muchos núcleos.



II. — Fisiología de los músculos.

Propiedades de los músculos. — Los movimientos que pueden hacer los músculos son muy variados; pero todos los músculos tienen las mismas propiedades.

Tienen color rojo debido á la hemoglobina de la sangre; son blandos en reposo y duros en actividad.

Las dos propiedades esenciales de los músculos son : la *elasticidad* y la *contractilidad*.

Los músculos son *elásticos*, es decir que vuelven á su forma primitiva si se les separa. Esta es una propiedad importante, toda vez que se demuestra que una fuerza de poca duración que obra por intervalos produce más *efecto útil* cuando obra por medio de un cuerpo elástico (superioridad, en los atalajes, del tiro elástico sobre el rígido).

Una consecuencia de la elasticidad es la *tonicidad*. Para demostrarlo cortemos transversalmente un músculo en el miembro de

Fig. 168. — Terminación nerviosa en un músculo estriado.

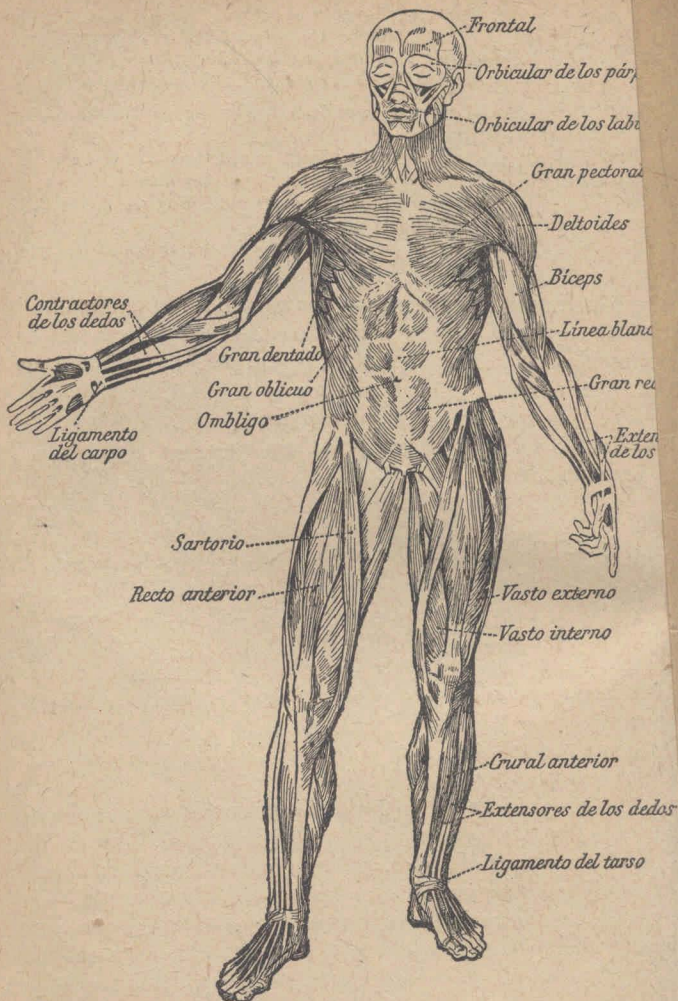


Fig. 169. — Los músculos del hombre (cara anterior).

un animal en reposo; este músculo se encogerá y cada una de

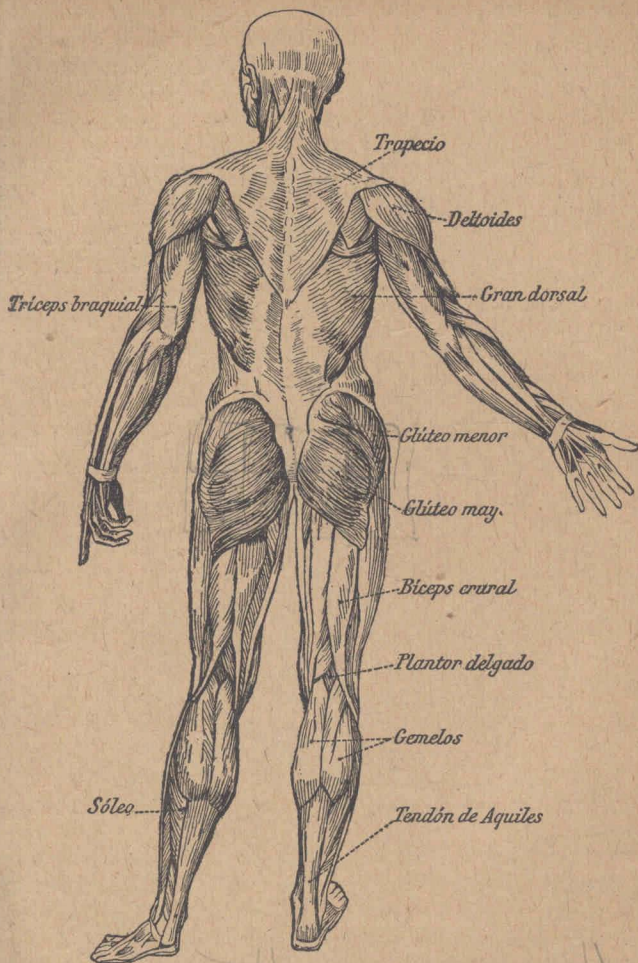
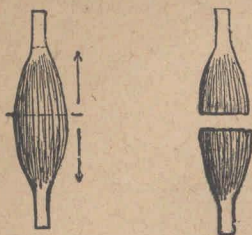


Fig. 170. — Los músculos de hombre (cara posterior).

las mitades se retraerá hacia el tendón correspondiente (fig. 171, B).
Luego, aun en reposo, el músculo estaba ligeramente tendido :

este estado es el que se describe con el nombre de *tonicidad*.



A. — En el momento de la sección. B. — Después de la sección.

Fig. 171. — Tonicidad muscular.

Esta tonicidad está bajo la dependencia del sistema nervioso; porque si se corta el nervio que va al músculo y luego el músculo mismo éste no se encoge. De esto se halla otra prueba en la *parálisis facial* en la que la mitad de la cara paralizada es arrastrada hacia la otra mitad sana, que está en tonicidad.

La contracción muscular. Los miógrafos. —

De todas las propiedades del músculo, la *contractilidad* es la más importante.

Bajo la influencia de un excitante el músculo se contrae (fig. 172 y 173), es decir que disminuye de longitud y se vuelve

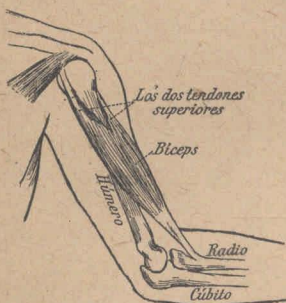


Fig. 172. — Biceps en reposo.

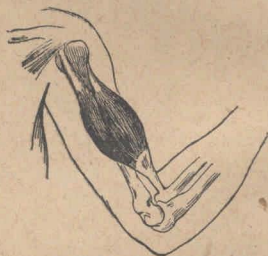


Fig. 173. — Biceps contraído.

duro y globuloso; en cambio su espesor aumenta, de modo que el volumen del músculo permanece constante. Para demostrarlo no hay más que poner en un frasco lleno de agua (fig. 174) que comunique con un tubo estrecho, una pata de Rana en comunicación con un carrete de inducción: el músculo se contrae, pero el nivel del agua no varía en el tubo; luego el músculo no ha cambiado de volumen.

Al encogerse el músculo pegado á los huesos produce un movi-

miento de éstos. Así, al contraerse el biceps hace doblar el antebrazo sobre el brazo.

La longitud de las fibras del músculo indica la extensión del movimiento, porque el encogimiento equivale al tercio poco más ó menos de la longitud.

Los excitadores que determinan la contracción muscular, pueden ser físicos, químicos, ó fisiológicos. Entre los *excitadores físicos* hay que citar el choque, el pellizco, la corriente de aire, el frío, el calor, las corrientes inducidas, etc.; todos los cuerpos *químicos*, hasta el agua destilada, ejercen su acción sobre la contracción; en fin, el *excitador fisiológico* que proviene de los centros nerviosos, es el excitador natural.

La contractilidad es una propiedad del músculo, pues si se corta el nervio que va al músculo y se excita este músculo directamente, se contrae.

Para estudiar la contracción muscular se usan aparatos llamados *miógrafos*, cuyo objeto es amplificar considerablemente el movimiento: por esta razón se les llama también los *microscopios del movimiento*. He aquí el principio: se ata con un hilo la parte inferior de un músculo (fig. 175) de la pierna de una Rana á un estilete movable alrededor de un eje, y cuya punta se apoya en un cilindro, que está cubierto de negro de humo (fig. 176): este cilindro gira uniformemente alrededor de su eje. Si entonces se excita el músculo, éste se encoge y atrae el estilete, cuya punta traza en el cilindro registrador una curva que representa la contracción muscular.

Después de una excitación brusca y corta se ve, analizando esta curva, que una contracción ó *sacudida muscular* comprende tres tiempos: 1º un tiempo muy corto (fig. 177) AB (casi $\frac{1}{100}$ de segundo) durante el cual el músculo no se contrae: ese es el



Fig. 174. El volumen del músculo no varia.

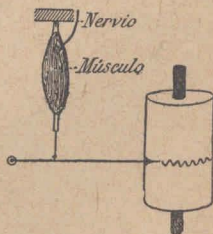


Fig. 175. — Miógrafo simplificado.

tiempo perdido; 2º el periodo de *energía creciente* BC durante el cual el músculo se encoge, que dura $\frac{1}{6}$ de segundo; 3º el periodo de *energía decreciente* CD durante el cual el músculo vuelve al

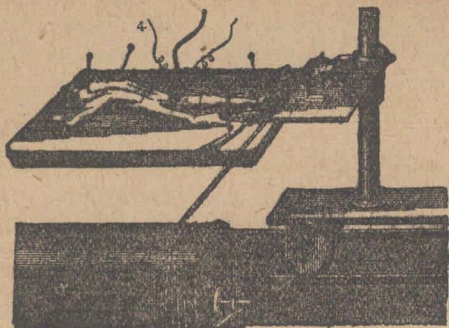


Fig. 176. — Miógrafo.

reposo; su duración es de $\frac{1}{6}$ de segundo. En total, la duración de una contracción muscular en la Rana es de $\frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$ de

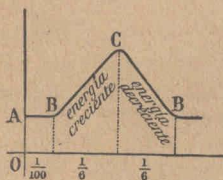


Fig. 177. — Trazado de una sacudida muscular en la Rana.

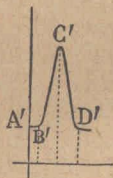
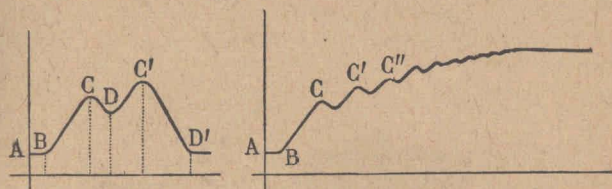


Fig. 178. — Trazado de una sacudida muscular en un animal de sangre caliente.

segundo. En los animales de sangre caliente es mucho más corta 2 a $\frac{3}{100}$ de segundo (fig. 178).

Después de la primera excitación se puede repetir otra (fig. 179, A); entonces habrá dos contracciones sucesivas. En fin, si se hacen varias excitaciones sucesivas, ocurriendo cada una antes de que

el músculo haya vuelto al reposo, la curva presentará una serie de ondulaciones y luego acabará por quedar paralela al eje (fig. 179, B); el músculo se ha contraído al máximo, y se dice que está en *tétanos fisiológico*, porque en la enfermedad del mismo nombre, que proviene de la invasión del organismo por un microbio particular, los músculos entran en contracción permanente. Puede suceder que los músculos de cierta región, de la



A. — Dos sacudidas sucesivas é inmediatas.

B. — Músculo en tétanos fisiológico.

Fig. 179. — Paso de la sacudida muscular al tétanos fisiológico.

pierna por ejemplo, entren en tétanos sin quererlo nosotros; eso es lo que llamamos *calambre*.

Si las excitaciones aplicadas al músculo no están separadas más que por intervalos infinitamente pequeños, el músculo no se contrae. Se ha demostrado, en efecto, que una corriente eléctrica de grande intensidad, pero de *muy alta frecuencia* (es decir intermitida gran número de veces en poquísimo tiempo), puede atravesar el organismo sin producir ningún efecto, siendo así que podría matar á un hombre sin tan alta frecuencia. Así, haciendo pasar una corriente de alta frecuencia (1 millón de vibraciones por segundo) á través del cuerpo de una persona que tenga en la mano una lámpara eléctrica, ésta se ilumina, pero el sujeto no siente ninguna sensación.

La contractilidad del músculo desaparece con la vida. En los cadáveres los músculos pierden poco á poco esta propiedad: primero el diafragma, después la lengua, los músculos de los miembros, y por fin los del abdomen. Inyectando sangre oxigenada en un músculo muerto, éste se vuelve contráctil: se le resucita en cierto modo.

Nutrición de los músculos: 1º en reposo; 2º en actividad.

— Los fenómenos de *nutrición* que ocurren en el músculo, son diferentes según que está en reposo ó en actividad.

En *reposo*, el músculo tiene una reacción *alcalina*; respira y se utre, así como los demás tejidos, por la sangre que recibe.

En *actividad*, el músculo tiene una reacción *ácida*, debida al gas carbónico y otros productos ácidos que resultan de los cambios nutritivos entre el músculo y la sangre. Se ha demostrado experimentalmente que en un músculo en actividad : 1º la circulación de la sangre es 5 veces más activa que en reposo; 2º la composición de la sangre varía como lo muestran las cifras siguientes :

Sangre arterial de un músculo en reposo contiene	}	El músculo en actividad absorbe más O.
7,3 de O %.		
Sangre arterial de un músculo en actividad contiene	}	El músculo en actividad exhala más CO ² .
4,2 de O %.		
Sangre venosa de un músculo en reposo contiene	}	El músculo en actividad exhala más CO ² .
0,8 de CO ² %.		
Sangre venosa de un músculo en actividad contiene	}	
4,2 de CO ² %.		

Se puede ver que durante la actividad hay más anhídrido carbónico formado que oxígeno absorbido; es así que el anhídrido carbónico consume su volumen de oxígeno, luego el músculo utiliza durante la actividad una parte de la reserva de oxígeno que había acopiado durante el reposo. Los fenómenos de oxidación que se verifican en el músculo en actividad son considerables : ésta es, como ya lo hemos visto, el manantial principal del calor animal.

La nutrición del músculo depende del sistema nervioso, porque si se corta el nervio de un músculo, la sangre que sale de él contiene poco gas carbónico y el músculo se atrofia, lo cual es prueba evidente de un trastorno en la nutrición.

Los alimentos que sirven sobre todo para los músculos, son los hidratos de carbono (feculentos, azúcares y grasas). El consumo de las grasas explica el enflaquecimiento de las personas que trabajan mucho. Pero el azúcar sobre todo es el mejor alimento del músculo, como lo han demostrado muchos experimentos hechos en hombres y en animales. Tomando unos soldados una dosis de 60 gramos de azúcar al día aumentaron de peso más que otros sujetos al régimen ordinario, y además se aumentó su energía muscular.

Trabajo del músculo. — Cuando un músculo trabaja, es decir cuando está en actividad, emite calor : esto consiste en que las combustiones internas son muy abundantes y por consiguiente la cantidad de calor producida abundante. Una parte de este calor sirve para producir el trabajo mecánico y la otra para elevar la temperatura del músculo. Por consiguiente esta última parte la aprovecha el organismo, puesto que contribuye á mantener el calor animal.

El músculo es una especie de motor animado muy superior al motor de vapor, porque el rendimiento de este último no pasa de $1/12$ de la energía correspondiente á la combustión del carbón, los $11/12$ restantes se pierden como calor.

El trabajo de un músculo puede ser calculado midiendo la altura h á que es levantado un peso p . Ya sabemos, en efecto, que el trabajo $T = p \times h$.

Atando diferentes pesos al músculo del anca de una Rana, se puede demostrar que el trabajo pasa por un *máximum*.

Un peso de	50 ^{gr}	es levantado á	9 ^{mm}	, luego	$T = 50 \times 9 = 450$
—	100	—	7	—	$T = 100 \times 7 = 700$
—	150	—	5	—	$T = 150 \times 5 = 750$
—	200	—	2	—	$T = 200 \times 2 = 400$
—	250	—	0	—	$T = 250 \times 0 = 0$

Luego hay un momento en que el peso no es levantado : este peso es el que mide la *fuerza absoluta* del músculo. Esta fuerza es 10 veces más grande en los Insectos que en el Hombre.

Cuanto más numerosas son las fibras más potente es el músculo.

Si un músculo trabaja regular y frecuentemente, se desarrolla. La persona que hace ejercicios físicos tiene los músculos mas desarrollados que otra inactiva (fig. 180). Para mantener cierta armonía en el desarrollo de los músculos, se necesita ejercitarlos todos.

Fatiga muscular. — Cuando un músculo trabaja normalmente, la sangre alcalina, al circular, neutraliza ó substrahe los ácidos formados; pero si el trabajo es de mucha duración, el músculo se *fatiga*. Los productos de desasimilación y particularmente los ácidos se acumulan en el músculo, la substancia del músculo ó *miosina* se coagula y el músculo se pone rígido. La fatiga se

manifiesta primero por una sensación vaga, después por cierto temblor muscular. Este estado proviene de que los productos de desasimilación, al esparcirse por la sangre, causan en la circulación y en la respiración trastornos

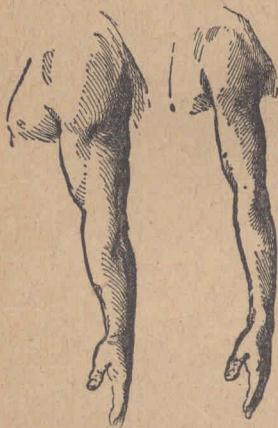


Fig. 180. — Músculos del brazo en un hombre que hace ejercicio y en otro que no lo hace.

que se manifiestan por *palpitaciones del corazón* y *sofocación*. La fatiga es una intoxicación. Si la circulación de la sangre es activa, desaparecerán rápidamente estas materias tóxicas y la fatiga cesará más pronto : de aquí la utilidad de las *friegas*, que activan la circulación.

Se puede provocar experimentalmente una fatiga instantánea inyectando en los músculos de un animal ácido láctico por ejemplo; por el contrario se puede quitar esta fatiga inyectando una solución de permanganato de potasio, que es alcalino y cede oxígeno á la sangre.

La resistencia á la fatiga se puede adquirir por la educación, porque se puede aprender á ahorrar las fuerzas, á regularizar sus movimientos por medio de ejercicios graduados.

La rigidez cadavérica. — Poco después de la muerte (10 minutos lo más pronto y 6 horas lo más tarde) los músculos se vuelven rígidos y duros. Se atribuye esta rigidez á la coagulación de la miosina por el ácido láctico. Si la fatiga ha precedido á la muerte, la rigidez vendrá más pronto, puesto que se ha aumentado la cantidad de ácido; esta rigidez puede aun venir en el momento de la muerte. A este respecto se cita un coronel, que, muerto en el campo de batalla, conservó el brazo extendido en actitud de mando.

El músculo en estado rígido se encoge un poco, esto explica la postura uniforme de los cadáveres. Por consiguiente se puede considerar la rigidez cadavérica como la *última* manifestación de

la actividad muscular. Esta rigidez persiste hasta el momento en que la materia orgánica entra en descomposición.

III. — Mecanismo de los movimientos.

Los tres géneros de palancas. — Las diferentes partes del esqueleto son movidas por la contracción de los músculos que están ligados á él. De modo que los huesos hacen de *palancas*. Estudiando los diversos movimientos se han descubierto los tres géneros de palancas definidos en mecánica :

1º *Palanca del primer género* (fig. 181) : el punto de apoyo

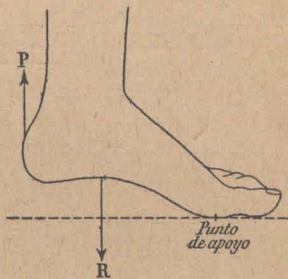
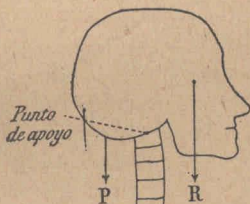


Fig. 181. — Palanca del 1º género.

Fig. 182. — Palanca del 2º género.

está situado entre el punto de aplicación de la potencia *P* y el de aplicación de la resistencia *R*. Ejemplo : el equilibrio de la cabeza sobre la columna vertebral ; el punto de apoyo es la articulación del cráneo con la columna vertebral ; la resistencia es el peso de la cabeza que tiende á inclinar la cabeza hacia adelante, como durante el sueño ; la potencia está representada por los músculos de la nuca, que, al contraerse, tienden á levantar la cabeza.

2º *Palanca del segundo género* (fig. 182) : la resistencia está aplicada entre el punto de apoyo y la potencia. Ejemplo : levantándonos sobre la punta del pie, la resistencia está representada por el peso del cuerpo, el punto de apoyo es el contacto de la extremidad del pie con el suelo, y la potencia la forman los músculos de la pierna.

3º *Palanca del tercer género* (fig. 183) : la potencia está apli-

cada entre el punto de apoyo y la resistencia. Es el más frecuente en el organismo. Ejemplo : la flexión del antebrazo sobre el brazo, la potencia es el músculo bíceps, el punto de apoyo es la articulación del codo, y la resistencia el peso sostenido por la mano.

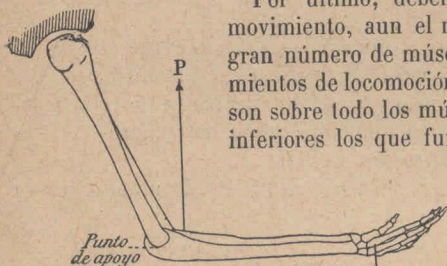


Fig. 183. — Palanca del 3º género.

Por último, debemos decir que en todo movimiento, aun el más simple, intervienen gran número de músculos. Así, en los movimientos de locomoción que vamos á estudiar, son sobre todo los músculos de los miembros inferiores los que funcionan; pero también los del tronco cooperan para mantener vertical la posición del cuerpo.

Locomoción : marcha, carrera, salto.

— En la locomoción tenemos que considerar tres casos : la *marcha*, la *carrera* y el *salto*.

La *marcha* es una sucesión de *pasos*. Luego el paso es el elemento de la marcha.

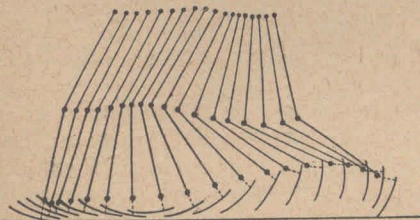


Fig. 184. — Oscilación del miembro inferior de un hombre que marcha (según Marey).

Se ha estudiado el paso por medio del cinematógrafo, es decir tomando una serie de fotografías instantáneas que representan la posición de los miembros en los diferentes momentos de la marcha. Lo que caracte-

riza el paso, es que el cuerpo descansa siempre en el suelo, sea con un pie, sea con ambos. La figura 184 muestra que el pie de la pierna que oscila se separa del suelo por la punta y toma contacto con el talón.

Las diferentes fases del paso (fig. 185) son :

1º El período de *apoyo doble* (fig. 185, 1), durante el cual ambos pies están apoyados en el suelo, pero no con toda su lon-

gitud al mismo tiempo; el cuerpo descansa sobre el talón del pie anterior y sobre la punta del pie posterior, la pierna posterior está ligeramente doblada;

2º El *paso posterior* (fig. 185, 2 y 3), durante el cual la pierna anterior está apoyada, mientras que la posterior oscila y se dobla cada vez más durante el paso posterior;

3º El momento de la *vertical* (fig. 185, 4), durante el cual la pierna anterior está en extensión y la otra en flexión.

4º El *paso anterior* (fig. 185, 5 y 6), durante el cual la pierna

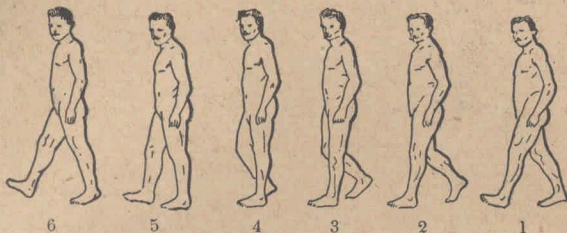


Fig. 185. — Diferentes fases del paso en el hombre.

posterior tiene su flexión que disminuye, y al fin del cual se extiende para sostener el cuerpo.

De modo que la actividad sucesiva de los dos miembros lleva el cuerpo adelante. Cada vez que el miembro activo está en extensión, el peso del cuerpo es levantado, y después bajado cuando el miembro queda pasivo. Por consiguiente el centro de gravedad no es fijo, sino que oscila en el sentido vertical, de modo que en la marcha describe una curva. Es evidente que si el centro de gravedad estuviera en una línea horizontal, sería menos la fatiga.

En la *carrera* ocurren los mismos fenómenos, con la diferencia de que en un momento dado los dos pies están separados del suelo y el cuerpo en el aire. La carrera es más fatigante que la marcha, porque el centro de gravedad del cuerpo soporta cambios de lugar más grandes.

En el *salto* los dos pies se separan del suelo para caer al mismo tiempo.

La fotografía instantánea, y especialmente el cinematógrafo, han prestado eminentes servicios en el estudio de los movi-

mientos en el hombre y en los animales. Así se ha podido analizar, no sólo la marcha y la carrera del Hombre (fig. 186), sino también el galope del Caballo, el vuelo de una Ave, la natación de un Pez, etc. Estos documentos fotográficos son de gran utilidad para los artistas, porque les dan á conocer la actitud verdadera que es



Fig. 186. — Verdadera actitud del corredor dada por la fotografía.



Fig. 187. — Porte exacto de un caballo (columna Trajano).

difícil de interpretar. Es una cosa muy curiosa que la mayor parte de las obras de los artistas griegos y romanos figuran las verdaderas actitudes; esto consiste en que los artistas de aquella época eran inteligentes observadores de la naturaleza. Así, el porte del caballo de la columna Trajano (fig. 187), lo mismo que el de los caballos de Fidias en el friso del Partenón, son conformes á los que nos muestra la fotografía moderna.

RESUMEN

Anatomía de los músculos. — Los *músculos* son los órganos activos del movimiento. Estos están comprendidos en dos categorías: 1º los *músculos estriados*, sujetos á la voluntad; 2º los *músculos lisos*, independientes de la voluntad.

Un músculo presenta en general una parte abultada y dos delgadas ó *tendones*.

El *músculo estriado* está formado de haces musculares, que resultan del agrupamiento de *fibras estriadas*.

El *músculo liso* está formado de fibras lisas.

movimiento á toda la parte situada debajo de la sección. Por eso un Conejo operado de esta manera al nivel de la 10ª vértebra torácica marcha solo con tres patas, y la otra queda pendiente é inerte, pero sensible. La sección de los cordones *posteriores* suprime la sensibilidad del lado opuesto.

La patología pone también de manifiesto el papel conductor de la medula. Las enfermedades de este órgano producen la degeneración centrífuga de las fibras motoras y la centripeta de las fibras sensitivas. Así es cómo la ataxia locomotora, enfermedad caracterizada por un andar desordenado, proviene de la degeneración de los cordones posteriores.

En efecto, la alteración de estos cordones causa trastornos de la sensibilidad y por consiguiente el paso es inseguro.

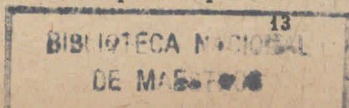
2º FUNCIÓN DE CENTRO NERVIOSO. — La medula es el centro nervioso de los actos reflejos é inconscientes. Para demostrarlo decapitemos una Rana : la voluntad está suprimida y el animal queda inmóvil. Pellizquemos ligeramente una pata y veremos que se mueve. Es que la excitación ha sido transmitida á la medula por los nervios centripetos, después la medula ha *reflejado* esta excitación, que, por los nervios centrífugos ha hecho contraer los músculos. El animal no ha tenido conciencia del movimiento : el reflejo es llamado inconsciente.

Cuánto más fuerte es la excitación, más extensa es su acción : una excitación ligera hace contraer una pata ; si se la aumenta un poco, las dos patas simétricas se contraen ; en fin, si se la aumenta más todavía, se mueven las cuatro patas y la Rana salta.

El movimiento, en un reflejo, es *involuntario*. Si, por ejemplo, se hace cosquillas en la planta del pie de una persona dormida, ésta retira la pierna sin despertarse, y al despertar no se acordará de este movimiento. Luego la contracción es involuntaria é inconsciente.

Los reflejos se producen con una regularidad que indica un mecanismo especial, el cual puede ser innato, instintivo, como el acto de mamar en un joven animal. También se le puede adquirir por la costumbre, como en la marcha por ejemplo.

Quitando á ciertos animales trozos de medula á diferentes niveles, se ha observado que hay centros especiales para ciertas fun-



ciones. Luego la medula está formada de cierto número de centros nerviosos escalonados, teniendo cada uno una función propia. Luego el ser humano, como todo animal superior, podría ser considerado, desde este punto de vista fisiológico, como una colección, una *colonia de individuos elementales*. Y la unidad aparente resulta de la armonía que existe entre estos diferentes individuos. La anatomía comparada y la embriogenia son las que han permitido establecer que el animal superior podía ser considerado como una asociación de organismos elementales.

Fisiología del encéfalo. — Vamos á estudiar sucesivamente la fisiología de las diferentes partes del encéfalo, á saber : el *bulbo raquídeo*, el *cerebelo*, los *pedúnculos cerebelosos*, los *tubérculos cuadrigemelos*, los *hemisferios cerebrales*.

A. BULBO RAQUÍDEO. — El *bulbo raquídeo* es una de las partes más importantes del encéfalo. El fisiólogo francés Flourens ha demostrado que era posible quitar á un animal cierta parte de la medula y aun el cerebro y el cerebelo, y el animal continúa respirando y viviendo. Pero si se hiere la punta del *calamus scriptorius* se obtiene la muerte súbita del animal. Esta es, dice Flourens, la llave angular de todo el organismo, el *nudo vital*. Es que esta región es el origen del nervio neumogástrico, que obra sobre los latidos del corazón y los movimientos respiratorios. Luego la muerte sobreviene por pararse el corazón en diástole y por paralización de los movimientos respiratorios. Luego ciertos centros nerviosos tienen la propiedad de suspender la acción nerviosa ; á estos fenómenos se les da el nombre de *acciones de paralización ó de inhibición*.

Si se pica el pavimento del 4º ventrículo un poco más arriba, se origina *poliuria* (abundancia de orina).

Un poco más arriba, proviene *glicosuria*, es decir que el hígado vierte en la sangre mayor cantidad de azúcar.

Un poco más arriba todavía, se produce *albuminuria*.

En fin, más arriba del 4º ventrículo, se aumenta considerablemente la *secreción salival*.

Estas acciones provienen de que numerosas raíces del gran simpático nacen del bulbo.

Verificándose al nivel del bulbo la *decusación de las pirámides*

veces ninguna señal de dolor; así se pudo quitar á un Caballo cierta materia cerebral, sin que dejara de comer. Una vez quitado el cerebro, el animal queda sumido en una especie sopor. Un pichón operado, por ejemplo, queda inmóvil, soñoliento; sin embargo, si se le echa al aire, vuela; un ruido violento le hace estremecer; pero si se le deja quieto, vuelve á su estado de soñolencia; se dejaría morir teniendo delante granos de trigo; para alimentarle hay que ceparle. Se ve que han desaparecido las necesidades y el instinto. Del mismo modo la Rana operada permanece encogida; si se la mueve, salta; si se la echa al agua, nada hasta los bordes del vaso; se la pone de espaldas, se vuelve rápidamente; también se deja morir de hambre teniendo comida abundante; sólo queda el autómatas, la *máquina-rana*, á semejanza de la *máquina-pichón*. También se ha logrado conservar Perros privados de cerebro: su cara estaba sin expresión y no hacían caso de lo que pasaba á su alrededor. De estos hechos se puede deducir que el cerebro es el centro de las facultades intelectuales.

A consecuencia de estos experimentos se ha establecido una relación entre el peso del cerebro y el grado de inteligencia. Los *microcéfalos*, en efecto, que generalmente son idiotas, tienen el cerebro que pesa menos de 1000 gramos, siendo así que el peso medio es de 1.400 gramos. Por otra parte, el cerebro de Cuvier pesaba 1.860 gramos, el de Byron 1.800 y el de Cromwel 2.200. No es ésta una regla general, porque también hay que tener en cuenta la abundancia de substancia gris y por consiguiente de las circunvoluciones; hay que hacer intervenir, no sólo la *cantidad*, sino también la *calidad*. La prueba es que el cerebro de Gambetta, uno de los más eminentes oradores de estos tiempos, tenía un peso inferior al medio, siendo así que ciertas circunvoluciones estaban muy desarrolladas. Lo cierto es que á medida que nos elevamos en la serie animal, el peso del cerebro aumenta y su superficie, lisa en los animales inferiores, se pliega poco á poco. La proporción del peso del cerebro con el peso del cuerpo es en los Peces de $\frac{1}{5,000}$, en los Reptiles de $\frac{1}{4,500}$, en las Aves de $\frac{1}{200}$, en los Mamíferos de $\frac{1}{180}$, en los Monos antropoideos de $\frac{1}{120}$ y en Hombre de $\frac{1}{50}$.

Localizaciones cerebrales. — Desde el fin del siglo XVIII el médico alemán Gall tuvo la idea de *localizar* en las diferentes partes del cerebro las diferentes facultades intelectuales. Al efecto procedió del hecho de que ciertas personas tienen ciertas facultades más desarrolladas que otras personas y que por consiguiente las regiones del cerebro donde residen estas facultades deben estar más desarrolladas, y por lo tanto corresponder á *bultos* de la superficie del cráneo. Después de haber examinado cráneos de hombres y de animales, cuyos defectos y cualidades, inclinaciones é instintos conocía, Gall dividió el cráneo en cierto número de territorios (27), cada uno de los cuales correspondía á una facultad especial : valor, afecto, orgullo, etc. Tal es la célebre teoría de la *frenología* ó *sistema de los bultos*. Esta teoría, después de un momento de celebridad, fué abandonada, porque si el punto de partida es justo, es un grosero error querer juzgar del contenido (cerebro) por la forma del continente (cráneo). Las prominencias del cerebro, en efecto, no se marcan sino en la cara interna del cráneo y no dejan huella en la cara externa.

Más tarde, hacia 1861, se reanudó el estudio de las localizaciones cerebrales, empleando un método realmente científico. Este método se funda en dos órdenes de hechos :

1º El estudio, en el hombre vivo, de los trastornos producidos por *heridas* del cerebro ;

2º El estudio, en el cadáver, de lesiones del cerebro de individuos que en vida tuvieron trastornos motores ó físicos.

Si la *misma lesión* observada varias veces en la *misma región* produce las *mismas perturbaciones*, es natural considerar como exacta la relación entre la *facultad alterada* y el *centro de la lesión*.

Broca fué el primero que en 1861 demostró que la facultad del lenguaje articulado debía ser localizada en la 3ª circunvolución frontal izquierda (fig. 224). Observó un enfermo que no podía hablar, y que sin embargo los músculos de la lengua y de la laringe no estaban paralizados. Al hacer la autopsia, Broca observó un reblandecimiento en una región limitada y situada en la 3ª circunvolución frontal izquierda, llamada después la *circunvolución de Broca*. Á esta enfermedad de las personas que comprenden, pero que no pueden expresarse, se le ha dado el nombre de

afasia. En los zurdos, es una lesión de la 3ª circunvolución derecha la que causa estos trastornos. Un desarrollo considerable de esta región del cerebro debe corresponder á una facultad oratoria notable : tal es lo que se observó en el cerebro de Gambetta. Por medio de observaciones semejantes se ha conseguido localizar ciertas facultades motoras y psíquicas.

Así se ha podido localizar la facultad de los *movimientos de la*

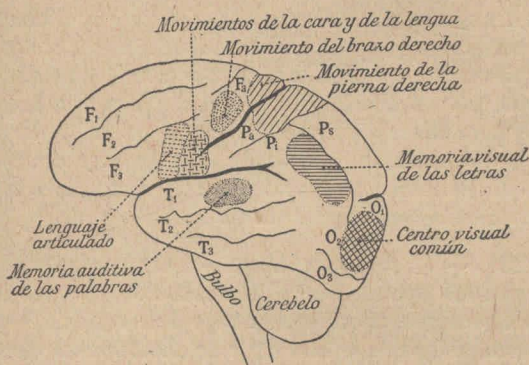


Fig. 224. — Principales centros de la corteza cerebral.

tengua y de la cara (3ª circunvolución frontal izquierda), la de los *movimientos de los miembros* (fig. 224).

La *memoria auditiva de las palabras*, es decir la memoria del sentido de las palabras oídas, también ha podido ser localizada. Cuando un enfermo está privado de esta facultad, puede hablar, leer, escribir, pero no comprende el lenguaje hablado; padece de *sordera verbal*. Al hacerle la autopsia se descubre un reblandecimiento de la 1ª circunvolución temporal izquierda. El enfermo pronuncia con frecuencia una palabra por otra, y entonces se dice que tiene *parafasia*.

Del mismo modo, la *memoria visual de las letras ó sentido de las palabras escritas* ha sido localizada en la 2ª circunvolución parietal izquierda. El enfermo que está privado de esta facultad ve las letras, pero no las puede leer; escribe, pero no lo puede leer; de éste se dice que padece de *ceguera verbal*. Á veces

se halla en la imposibilidad de escribir, ya no sabe trazar las letras y sin embargo su mano no está paralizada : á esto se le llama *agrafia*.

Haciendo experimentos en Perros y en Monos se ha podido determinar los centros de varias *facultades motoras*; pero estos estudios son muy difíciles cuando se trata de los *centros sensitivos*.

La memoria. — Cada sensación percibida por el cerebro se traduce por una idea; y cuando la idea es elaborada, dos casos pueden presentarse : ó bien la idea va á manifestarse al exterior por movimientos, ó bien la idea va á almacenarse en las células cerebrales para volver á reaparecer. Esta especie de reserva de la idea, es la *memoria*, que al ser utilizada produce una *reviviscencia de las sensaciones*, la cual puede traer otras, llamando una idea á otra : es la *asociación de las ideas*.

El sueño. — El sueño es una parada en la vida de relación. Durante el sueño, ya sea *natural*, ya sea *anestésico*, el cerebro está pálido, exangüe, anémico. Poniendo á descubierto el cerebro de un Perro, al que se le hace respirar cloroformo, al pronto se ve al cerebro hincharse formando hernia afuera, y luego se pone pálido y cae al suelo.

El sueño puede ser completo, y el cerebro descansa en toda su extensión; pero ciertas regiones pueden estar despiertas, y de ahí resultan los *ensueños*. Durante el ensueño surge una idea y por ende se produce un centro de oscilación y se comunica de una en otra haciendo surgir otras ideas, pero sin ilación. Estas ideas incoherentes son características de los ensueños.

También se puede provocar el sueño por medios artificiales, por ejemplo fatigando la atención, apoyando los dedos sobre los globos oculares : este es el *sueño hipnótico*. Al despertarse, el individuo hipnotizado no tiene conciencia de lo que ha pasado durante el sueño. En este estado de sueño el sujeto está á merced del hipnotizador y obedece mecánicamente sus órdenes, aun después de despertar. En este caso se dice que el experimentador ha hecho una *sugestión*.

Nutrición del sistema nervioso. — La sangre lleva al sis-

tema nervioso los alimentos que necesita. En el cerebro sobre todo es donde la nutrición es activa. Por eso se observa una elevación de temperatura durante el trabajo cerebral. De todos los órganos del cuerpo el cerebro es el que presenta temperatura más elevada. Por el contrario, se ha observado que en el sueño la temperatura del cerebro baja sensiblemente.

La actividad del cerebro se marca también por fenómenos químicos, particularmente por el aumento de fosfatos en la orina.

Por otra parte, todo trabajo cerebral corresponde á un aumento de la circulación en el cerebro : la sangre afluye con mayor abundancia aumentando el volumen de este órgano. Esto se puede observar fácilmente, ya en un niño cuyo cráneo no está completamente osificado, aplicando la mano en las fontanelas, ya en individuos cuya caja craneana ha sufrido accidentalmente mucha pérdida de substancia. El fisiólogo Mosso ha demostrado que durante el sueño el cerebro se debilita, mientras que se esponja tan pronto como entra en actividad. Y aun ha observado que basta un ensueño durante el sueño, ó una emoción durante la vigilia, ó un trabajo cerebral más difícil para que se aumente la circulación.

También nos demuestra la influencia de la circulación lo que ocurre en la anemia cerebral, en la cual, al disminuir la sangre se debilitan las funciones cerebrales y aun pueden desaparecer. Los *syncopes*, los *vértigos* suelen ser producidos por una detención más ó menos completa de la sangre en los capilares del cerebro. Y cuando se inyecta sangre oxigenada en la carótida de un Perro decapitado, se devuelve la sensibilidad al cerebro y hasta se pueden obtener movimientos voluntarios de la cara.

§ 3. — Fisiología del gran simpático.

Funciones del simpático. — Por sus *ganglios* el simpático es capaz de reflejos : por eso el corazón arrancado del pecho de un animal, de una Rana por ejemplo, continúa latiendo durante cierto tiempo, porque sus ganglios gobiernan los movimientos.

Por sus *nervios* el simpático transmite las órdenes procedentes de los centros nerviosos, sobre todo cuando estas órdenes tienen la misión de regularizar la circulación de la sangre y la secreción.

Pero hay que tener presente que la voluntad no ejerce ninguna acción sobre estos nervios.

Los nervios cardíacos del simpático son *aceleradores* de los latidos del corazón. Los filamentos nerviosos del simpático que se ramifican en los vasos, pueden obrar sobre los músculos de estos vasos y por consiguiente sobre su calibre : éstos son los nervios *vaso-motores*. Estos nervios pueden hacer dilatar los vasos; entonces son *vaso-dilatadores*; también pueden contraerlos, y entonces son *vaso-constrictores*. Luego la circulación de la sangre no es uniforme en toda la extensión del organismo; es el sistema nervioso el que la regla en cada órgano según las necesidades de éste.

El simpático tiene también grande influencia sobre el sistema glandular, cuya secreción regla. La secreción salival y la del sudor, por ejemplo, son regidas por el simpático.

RESUMEN

El *sistema nervioso* tiene dos funciones : 1° poner al hombre en relación con el mundo exterior; 2° poner en relación las diferentes partes del organismo, asegurando así la solidaridad de las funciones.

El *tejido nervioso*. — Este se forma á expensas del ectodermio. El elemento nervioso es el neurón, que comprende la *célula nerviosa* y la *fibra nerviosa*.

	{ Dimensiones que varían de 12 μ á 140 μ .	
	{ Núcleo voluminoso; sin membrana.	
1° <i>Célula nerviosa</i> .	{ Numerosas prolongaciones protoplásmicas ramificadas.	
	{ Cilindro-eje que se ramifica poco.	
	{ Constituye la sustancia gris de los centros nerviosos.	
	{ 1. <i>Fibra de mielina</i> . { Cilindro-eje.	
2° <i>Fibra nerviosa</i> .	{ Manguito de <i>mielina</i> .	
	{ 2. <i>Fibra de Remak</i> . { Cilindro-eje.	
	{ Vaina protoplásmica sin <i>mielina</i> .	
	{ 1. <i>Centro nervioso</i> . { Medula espinal.	
El <i>sistema nervioso</i>	{ Encéfalo.	
comprende :	{ 2. <i>Nervios</i> .	
	{ 3. <i>Gran simpático</i> .	

Los *centros nerviosos*. — Se forman á expensas de una parte del ectodermio que se pliega para dar la *gotera medular*, después el *tubo*

neural, cuya parte cilíndrica da la *medula espinal* y la parte abultada el *encéfalo*.

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|---|---|---|--|---|---|---|--|---|---|---|--|---|
| 1° <i>Medula espinal.</i> | { | Situada en el canal raquídeo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Cordón con dos abultamientos (cervical y lumbar), que termina en la <i>cola de caballo</i> . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Estructura { <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>Substancia blanca en la periferia.</td> </tr> <tr> <td>Substancia gris en X. { <table border="0"> <tr> <td>1. Cuernos anteriores (células motrices).</td> </tr> <tr> <td>2. Cuernos posteriores (células sensitivas).</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> | { | Substancia blanca en la periferia. | Substancia gris en X. { <table border="0"> <tr> <td>1. Cuernos anteriores (células motrices).</td> </tr> <tr> <td>2. Cuernos posteriores (células sensitivas).</td> </tr> </table> | 1. Cuernos anteriores (células motrices). | 2. Cuernos posteriores (células sensitivas). | | | | | | | | | | | | | | | |
| { | Substancia blanca en la periferia. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Substancia gris en X. { <table border="0"> <tr> <td>1. Cuernos anteriores (células motrices).</td> </tr> <tr> <td>2. Cuernos posteriores (células sensitivas).</td> </tr> </table> | 1. Cuernos anteriores (células motrices). | 2. Cuernos posteriores (células sensitivas). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Cuernos anteriores (células motrices). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Cuernos posteriores (células sensitivas). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Canal del <i>ependimio</i> en el centro. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2° <i>Encéfalo.</i> | { | 1. <i>Bulbo raquídeo.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="4">{</td> <td>Une la medula espinal con el <i>encéfalo</i>.</td> </tr> <tr> <td>Pared posterior delgada.</td> </tr> <tr> <td>Pared anterior espesa.</td> </tr> <tr> <td>Cavidad del 4° ventrículo.</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Decusación de las pirámides.</i></td> </tr> <tr> <td><i>Vérnis mediano</i> y dos <i>hemisferios cerebelosos</i> reunidos por delante por la <i>protuberancia anular</i>.</td> </tr> <tr> <td>2. <i>Cerebelo.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>Substancia gris por fuera.</td> </tr> <tr> <td>Substancia blanca en arborescencia (<i>árbol de la vida</i>).</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">{</td> <td>Dos <i>hemisferios cerebrales</i> reunidos por el <i>cuerpo calloso</i>.</td> </tr> <tr> <td>En el interior dos <i>ventrículos laterales</i> que comunican por el 3° ventrículo, el <i>acueducto de Silvio</i> y el 4° ventrículo con el canal del <i>ependimio</i> de la medula.</td> </tr> <tr> <td>3. <i>Cerebro.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i>.</td> </tr> <tr> <td><i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal.</td> </tr> <tr> <td><i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris.</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> | { | Une la medula espinal con el <i>encéfalo</i> . | Pared posterior delgada. | Pared anterior espesa. | Cavidad del 4° ventrículo. | { | <i>Decusación de las pirámides.</i> | <i>Vérnis mediano</i> y dos <i>hemisferios cerebelosos</i> reunidos por delante por la <i>protuberancia anular</i> . | 2. <i>Cerebelo.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>Substancia gris por fuera.</td> </tr> <tr> <td>Substancia blanca en arborescencia (<i>árbol de la vida</i>).</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">{</td> <td>Dos <i>hemisferios cerebrales</i> reunidos por el <i>cuerpo calloso</i>.</td> </tr> <tr> <td>En el interior dos <i>ventrículos laterales</i> que comunican por el 3° ventrículo, el <i>acueducto de Silvio</i> y el 4° ventrículo con el canal del <i>ependimio</i> de la medula.</td> </tr> <tr> <td>3. <i>Cerebro.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i>.</td> </tr> <tr> <td><i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal.</td> </tr> <tr> <td><i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris.</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> | { | Substancia gris por fuera. | Substancia blanca en arborescencia (<i>árbol de la vida</i>). | { | Dos <i>hemisferios cerebrales</i> reunidos por el <i>cuerpo calloso</i> . | En el interior dos <i>ventrículos laterales</i> que comunican por el 3° ventrículo, el <i>acueducto de Silvio</i> y el 4° ventrículo con el canal del <i>ependimio</i> de la medula. | 3. <i>Cerebro.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i>.</td> </tr> <tr> <td><i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal.</td> </tr> <tr> <td><i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris.</td> </tr> </table> | { | <i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i> . | <i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal. | <i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris. |
| | | { | | Une la medula espinal con el <i>encéfalo</i> . | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Pared posterior delgada. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Pared anterior espesa. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Cavidad del 4° ventrículo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | { | <i>Decusación de las pirámides.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <i>Vérnis mediano</i> y dos <i>hemisferios cerebelosos</i> reunidos por delante por la <i>protuberancia anular</i> . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 2. <i>Cerebelo.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>Substancia gris por fuera.</td> </tr> <tr> <td>Substancia blanca en arborescencia (<i>árbol de la vida</i>).</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">{</td> <td>Dos <i>hemisferios cerebrales</i> reunidos por el <i>cuerpo calloso</i>.</td> </tr> <tr> <td>En el interior dos <i>ventrículos laterales</i> que comunican por el 3° ventrículo, el <i>acueducto de Silvio</i> y el 4° ventrículo con el canal del <i>ependimio</i> de la medula.</td> </tr> <tr> <td>3. <i>Cerebro.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i>.</td> </tr> <tr> <td><i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal.</td> </tr> <tr> <td><i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris.</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> | { | Substancia gris por fuera. | Substancia blanca en arborescencia (<i>árbol de la vida</i>). | { | Dos <i>hemisferios cerebrales</i> reunidos por el <i>cuerpo calloso</i> . | En el interior dos <i>ventrículos laterales</i> que comunican por el 3° ventrículo, el <i>acueducto de Silvio</i> y el 4° ventrículo con el canal del <i>ependimio</i> de la medula. | 3. <i>Cerebro.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i>.</td> </tr> <tr> <td><i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal.</td> </tr> <tr> <td><i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris.</td> </tr> </table> | { | <i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i> . | <i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal. | <i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris. | | | | | | | | |
| | | { | Substancia gris por fuera. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Substancia blanca en arborescencia (<i>árbol de la vida</i>). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | { | Dos <i>hemisferios cerebrales</i> reunidos por el <i>cuerpo calloso</i> . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | En el interior dos <i>ventrículos laterales</i> que comunican por el 3° ventrículo, el <i>acueducto de Silvio</i> y el 4° ventrículo con el canal del <i>ependimio</i> de la medula. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3. <i>Cerebro.</i> { <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td><i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i>.</td> </tr> <tr> <td><i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal.</td> </tr> <tr> <td><i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris.</td> </tr> </table> | { | <i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i> . | <i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal. | <i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | { | | <i>Cuerpos estriados</i> y <i>capas ópticas</i> . | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | <i>Lóbulos cerebrales</i> : frontal, parietal, occipital y temporal. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Circunvoluciones cerebrales</i> : plegamiento de la substancia gris. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Las *meninges* son membranas destinadas á proteger los centros nerviosos.

- Las meninges son tres : {

{	1. <i>Duramáter</i> (externa) : fibrosa.
	2. <i>Aracnoides</i> : serosa con dos hojas.
	3. <i>Piamáter</i> (interna) : membrana vascular.

Los nervios. — Nacen de la medula espinal (*nervios raquídeos*) y del *encéfalo* (*nervios craneales*).

- 1° Nervios raquídeos. {

{	raíces	Nacen por dos { anterior.
		{ posterior (<i>ganglio espinal</i>).
{	{	31 pares de nervios.

Las ramas al sufrir anastómosis forman *plexos*

2° *Nervios craneales* : 12 pares.

El gran simpático. — El sistema del *gran simpático* se compone de tres partes :

1° Una *doble cadena nerviosa ganglionar* simétricamente situada de cada lado de la columna vertebral;

2° *Raíces aferentes* que proceden de la medula espinal;

3° *Raíces eferentes* que van á los órganos.

Los *ganglios simpáticos* están formados por gruesas células nerviosas; estos son centros nerviosos diseminados en el organismo.

Las *fibras nerviosas* del simpático están formadas de *fibras sin mielina*.

El reflejo. — Los fenómenos nerviosos pueden reducirse al *acto reflejo*, que se resume de la manera siguiente :

1° *Excitación* inferida en la parte impresionable;

2° Transmisión de esta excitación por el *nervio centripeto* ó *sensitivo* á los centros nerviosos;

3° El centro nervioso transforma esta excitación en *sensación* y da la orden del movimiento ó de la secreción;

4° Esta orden es transmitida por el *nervio centrífugo* ó *motor* á los órganos : músculos ó glándulas.

Funciones de los nervios. — La *conductibilidad* es la propiedad esencial de los nervios. A este respecto hay tres clases de nervios :

1° Los *nervios centripetos* ó *sensitivos*. { Llevan la excitación de la periferia al centro.
Ejemplo : el N. óptico lleva al encéfalo las excitaciones recibidas por el ojo.

2° Los *nervios centrífugos* ó *motores*. { Llevan las órdenes de los centros á los órganos.
Si obran sobre un músculo : *nervios motores*.
Si obran sobre una glándula : *nervios secretorios*.

3° Los *nervios mixtos*. { Contienen. { 1. Fibras nerviosas centripetas.
2. — — — centrífugas.
Los nervios { Raíz anterior : centripeta motora.
raquídeos { Raíz posterior : centrífuga sensitiva.
son mixtos. {

Funciones de los centros nerviosos. — Los *centros nerviosos*, en general, son necesarios para el cumplimiento del *acto reflejo*.

1° *Medula espinal*. { 1° *Papel conductor*. { Sensibilidad : por los cordones posteriores.
Movimientos : por los cordones anterolaterales.
2. *Centros nerviosos* de los actos reflejos inconscientes.

T Encéfalo.	{	1. <i>Bulbo raquídeo.</i>	{	<i>Nudo vital</i> : paralización del corazón y de los movimientos respiratorios.
				<i>Centros secretorios</i> : glicosuria, albuminuria, etc.
		2. <i>Cerebelo</i> :		Coordinación de los movimientos.
				<i>Substancia blanca</i> conductora.
		3. <i>Cerebro.</i>	{	<i>Substancia blanca</i>
				<i>gris.</i>
				Centro de las <i>facultades intelectuales</i> .
				Centro de los actos reflejos conscientes.
				Localizaciones cerebrales.

Funciones del gran simpático. — Por sus *ganglios* el simpático es capaz de actos reflejos; por sus *nervios* transmite las órdenes procedentes de los centros nerviosos; pero sólo transmite *movimientos involuntarios*; obra sobre todo regularizando la circulación de la sangre (*vaso-motores*) y la secreción.

Nutrición del sistema nervioso. — Está asegurada por la circulación, muy activa en el cerebro. Los fosfatos, que son abundantes en la orina después de un trabajo cerebral activo, constituyen un producto de desasimilación.

La sangre es la que lleva al sistema nervioso los alimentos que necesita; así es que en la anemia cerebral las funciones intelectuales se debilitan. Durante el *sueño* la sangre llega en menor cantidad al cerebro.

CAPÍTULO XII

LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

Los órganos de los sentidos y las sensaciones. — Los órganos de los sentidos están destinados á recibir las *impresiones* que vienen de fuera. Estas impresiones las transmiten en seguida los nervios á los centros nerviosos encargados de transformarlas en *sensaciones*. El ojo, por ejemplo, recibe la *impresión luminosa*; después el nervio óptico transmite esta impresión al cerebro, y éste nos da la *sensación luminosa*.

Un aparato sensorio comprende generalmente : 1º una *parte fundamental* encargada de recibir las impresiones, compuesta de terminaciones nerviosas, de un nervio y de un centro nervioso; 2º *partes accesorias* destinadas á proteger las terminaciones nerviosas.

Hay cinco géneros de sensaciones, á cada una de las cuales corresponde un órgano especial :

- | | |
|--|--------------|
| 1º El <i>tacto</i> , cuyo órgano es la mano; | |
| 2º El <i>gusto</i> | — la lengua; |
| 3º El <i>olfato</i> | — la nariz; |
| 4º El <i>oído</i> | — la oreja; |
| 5º La <i>vista</i> | — el ojo. |

El tacto es el sentido más general; éste se verifica sobre cuerpos sólidos, líquidos ó gaseosos. Los otros sentidos son más especiales : el gusto y el olfato son más delicados y tienen por excitantes, líquidos ó gases; el oído y la vista están más perfeccionados y permiten apreciar movimientos vibratorios, tales como las ondas sonoras ó luminosas.

I. — El tacto y la piel.

§ 1. — La piel.

Estructura de la piel. — La piel está formada de dos partes : 1º la *epidermis*, que es la capa superficial; 2º la *dermis* situada más profundamente.

La *epidermis* también está formada de dos capas : 1º la *capa córnea* (fig. 225), que es superficial y cuyas células son cada vez más lisas; en la superficie las células se reducen á su mem-

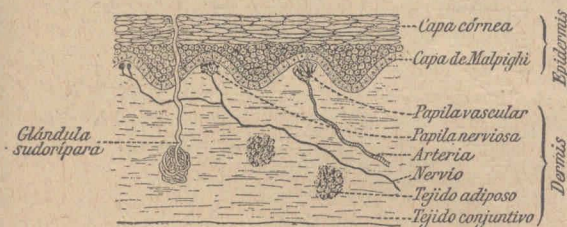


Fig. 225. — Sección de la piel.

brana; están muertas y se desprenden en forma de finas escamas; 2º La *capa de Malpighi*, que está situada más profundamente y está formada de células encargadas de reemplazar las células muertas de la capa córnea; de modo que la epidermis conserva su espesor. Las células de la capa de Malpighi contienen pigmentos que coloran la piel.

Cuando un pedazo de epidermis ha sido arrancado, por una herida por ejemplo, se ve á la epidermis que rodea la herida vegetar hacia el centro para regenerar el pedazo arrancado; pero este trabajo se hace lentamente. Se puede tomar un pedazo de epidermis, del brazo por ejemplo, para reparar una llaga de la cara : en este caso el *injerto* de la piel se efectúa rápidamente.

La *dermis* está formada de un tejido conjuntivo muy rico en fibras elásticas; su parte superficial está erizada de escabrosidades llamadas *papilas*, á donde vienen á terminar los nervios y los

vasos. La parte profunda es rica en tejido adiposo, abundante especialmente en las personas gruesas.

En el espesor de la piel hay tres clases de órganos : las *glándulas sudoríparas*, los *pelos* y las *terminaciones nerviosas*. Habiendo estudiado ya las primeras al hablar del sudor, sólo nos queda que describir los pelos y las terminaciones nerviosas.

Pelos y uñas. — Los *pelos*, como las *glándulas sudoríparas*, se forman á expensas de la epidermis. Esta, para dar un pelo, brota una yema (fig. 226) hacia la dermis, y en la base de esa

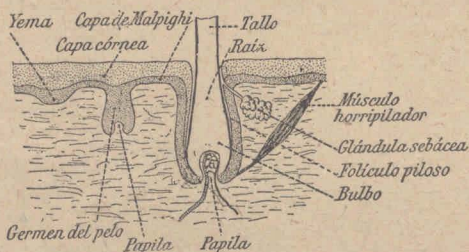


Fig. 226. — Pelo y su desarrollo.

yema está la *papila*, que es una prolongación de la dermis en la cual se ramifican los vasos y los nervios.

El pelo comprende una parte libre ó *tallo*, y otra hundida en la dermis, la *raíz*, la cual se hincha al rededor de la papila para dar el *bulbo*. Las células del bulbo se multiplican sin cesar, de modo que el pelo crece por la base. En una sección transversal el pelo presenta células dispuestas siguiendo tres capas concéntricas : la interna ó cañada, la mediana, cuyos pigmentos dan el color del pelo, y la externa formada de células córneas. Los pigmentos del pelo, bajo la influencia de la vejez ó de ciertas enfermedades, pueden ser destruidos, digeridos, por células linfáticas : este es el origen de los cabellos blancos. En la base del pelo, hay en ciertos animales terminaciones nerviosas que dan al pelo mucha sensibilidad (bigotes del Gato, pelos de la membrana de los Murciélagos).

A los lados del pelo y á expensas de la epidermis se forman glándulas llamadas *sebáceas*, que segregan un líquido especial, el

sebo, destinado á cubrir los pelos y la piel con una capa impermeable al agua.

En fin, á la base está adherido un musculito (fig. 226) que por la otra extremidad se une á la parte superficial de la piel. Este músculo, llamado *horripilador*, es liso, y al contraerse eriza el pelo y produce la *carne de gallina*.

Las *uñas*, que cubren las extremidades de los dedos, se forman á expensas de la capa de Malpighi (fig. 227, A). Esta capa emite una prolongación en una especie de pliegue de la piel (fig. 227, B).

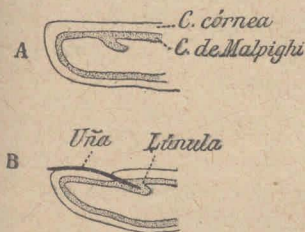


Fig. 227. — Formación de la uña.

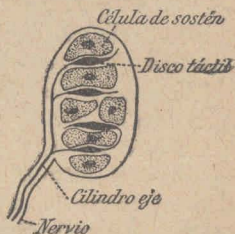


Fig. 228. — Corpúsculo del tacto.

Después, las células epiteliales se vuelven córneas poco á poco, y forman una lámina dura que avanza hacia la extremidad del dedo. Las *garras* y las *pesuñas* tienen el mismo origen.

Terminaciones nerviosas. — Los filamentos nerviosos vienen á terminar en la dermis y á veces en la capa de Malpighi. Estas terminaciones nerviosas forman los *corpúsculos* del tacto, que son de tres clases.

1º Unos son abundantes en las papilas de la dermis (fig. 228) y están formados de una *envoltura conjuntiva* delgada, que contiene *células de sostén*, entre las cuales vienen á terminar las fibras nerviosas, cuyo cilindro-eje se hincha en un *disco táctil*.

2º Otros están formados de una cápsula compuesta de una serie de laminitas conjuntivas concéntricas, en cuyo centro viene á terminar un cilindro-eje.

3º Por fin, otros *corpúsculos* diminutos se hallan sobre todo en la mucosa de la lengua.

§ 2. — Fisiología del tacto.

Las sensaciones táctiles. — Las sensaciones percibidas por la piel son de tres clases : *contacto*, *peso* y *temperatura*.

Por el *contacto* apreciamos si un cuerpo es liso ó rugoso. Sobre todo la pulpa de los dedos es la sensible, porque precisamente en esta región de la piel existe mayor número de *corpúsculos* del tacto. Podemos darnos cuenta de la fineza del tacto con un compás, aplicando las dos puntas en la piel. Para producir dos sensaciones de picadura hay que separar las puntas 6 centímetros en la piel de la espalda, 4 centímetros en el antebrazo, 3 milímetros en la pulpa de los dedos y 1 milímetro sólo en la punta de la lengua.

El *peso* también se aprecia bien por las terminaciones nerviosas situadas en la piel.

La *temperatura* es sobre todo apreciada por ciertas regiones, tales como el dorso de la mano y las mejillas. Para apreciar el calor del cuerpo, el médico se sirve del dorso de la mano; con igual fin, la planchadora aproxima la plancha á la mejilla. Se sabe que en estas regiones la epidermis es rica en terminaciones nerviosas; luego parece que estas terminaciones son sensibles al calor.

El carácter especial de las sensaciones táctiles es que atribuimos estas sensaciones á la superficie del cuerpo aun cuando la excitación se produzca en el trayecto del nervio. Basta citar el ejemplo de los que tienen amputada una pierna y sienten frío en el pie que les falta.

II. — El gusto y la lengua.

El *gusto* nos informa sobre el sabor de las substancias, y su órgano es la *lengua*.

§ 1. — La lengua.

Estructura de la lengua. — La lengua es un órgano carnososo, libre por delante y adherido por detrás al hueso hioides. En su parte inferior tiene un pliegue vertical de la mucosa, es el *frenillo* de la lengua.

La lengua se compone de una *membrana mucosa* que la cubre completamente, y de *músculos* numerosos que le dan mucha movilidad.

Los nervios de la lengua (fig. 229) son : el *gran hipogloso*,

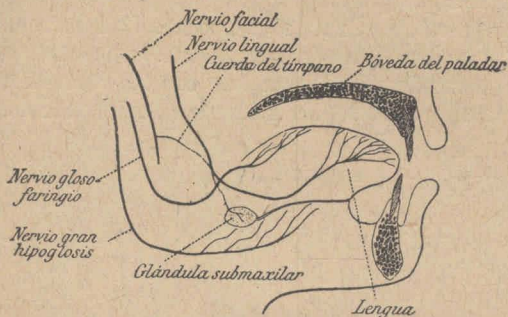


Fig. 229. — Inervación de la lengua.

que se distribuye á los músculos; es el nervio motor de a lengua; el nervio *lingual* (rama del trigemelo) que inerva la región anterior de la lengua; el *glossofaríngeo*, que se distribuye á la parte posterior de la lengua, y en fin la *cuerda del timpano* que es una rama del nervio facial.

Terminaciones nerviosas. — La mucosa lingual presenta

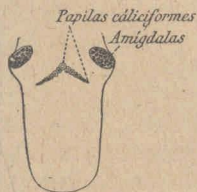
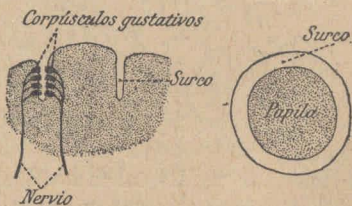


Fig. 230. — Cara superior de la lengua enseñando la V lingual.



A. — Sección.

B. — Cara.

Fig. 231. — Papila caliciforme.

numerosas eminencias llamadas *papilas*. que son de tres clases : *caliciformes*, *fongiformes* y *filiformes*.

1º Las *papilas caliciformes*, que son doce, están dispuestas

en V sobre la lengua (fig. 230) y el vértice de esta V lingual está hacia atrás. En una sección se ve que cada papila está formada de una eminencia mediana (fig. 231), rodeada por un surco anular, en cuyos bordes hay grupos de células que forman lo que se llama los *corpúsculos gustativos*.

Cada corpúsculo (fig. 232) se compone : 1º de una envoltura formada de *células de sostén*, 2º de *células gustativas*, fusiformes, en comunicación por un lado con las fibras nerviosas y prolongándose, por el otro, hacia afuera por un pedúnculo.



Fig. 232. — Corpúsculo gustativo aumentado.



Fig. 233. — Papila fongiforme.

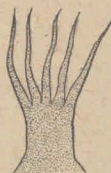


Fig. 234. — Papila filiforme.

2º Las *papilas fongiformes* (fig. 233) tienen la forma de un hongo y están distribuidas irregularmente por toda la superficie de la lengua. También contienen corpúsculos gustativos.

3º Las *papilas filiformes* (fig. 234) terminan en filamentos y están diseminadas por toda la lengua. Estas parecen sobre todo *táctiles*, mientras que las dos primeras son *gustativas*.

§ 2. — Fisiología del gusto

Las sensaciones gustativas. — La noción del gusto la recibimos de la lengua y no del paladar. Nótese que sobre todo la región de las papilas caliciformes es la gustativa. Está innervada por el *glosofaríngeo*, que es el verdadero nervio gustativo. Si se le corta á un Perro este nervio, se le puede hacer tragar las sustancias más amargas.

Para que sea apreciado el sabor de una sustancia es preciso que esté disuelta. Por consiguiente es necesaria la secreción de la saliva; así es que tan pronto como se pone en la lengua una subs-

tancia, se produce el reflejo de la secreción salival; sólo la vista de un alimento agradable al gusto basta para que *se haga agua la boca*.

No es fácil clasificar los sabores por lo mismo que el gusto es tan variable. Entre los sabores sobre los cuales hay común acuerdo, citaremos los *salados, ácidos, dulces y amargos*.

III. — El olfato y la nariz.

§ 1. — La nariz y las fosas nasales.

Estructura de la nariz y de las fosas nasales. — La nariz tiene la forma de una pirámide; su armazón está formada por los *huesos nasales* del lado de la raíz, y por cartilagos en su base. Las fosas nasales comunican por delante con el exterior y por detrás con la faringe.

Los dos agujeros de la nariz (fig. 235) están separados por un tabique óseo, formado de dos huesos: la *lámina perpendicular del etmoides* por delante, y el *vómer* por detrás. Á los dos lados, las fosas nasales están limitadas por el etmoides; arriba por la lámina agujereada del etmoides, y abajo, los maxilares superiores y los palatinos forman la bóveda del paladar, que separa la boca de las fosas nasales.

En las caras laterales, el etmoides avanza dos laminitas óseas enrosca-

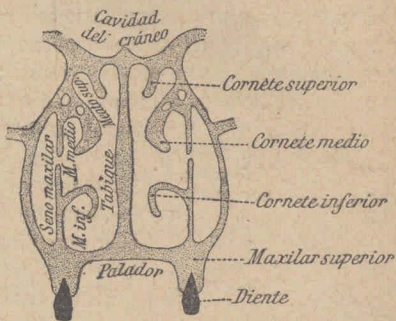


Fig. 235. — Sección transversal de las fosas nasales.

das: son los *cornetes superior y medio* (fig. 235); el *cornete inferior* es un hueso especial. Estos tres cornetes marcan los límites de los espacios llamados *meatos superior, medio e inferior*. En fin, los huesos vecinos tienen cavidades ó *senos* en comunicación con las fosas nasales por orificios ocultos bajo los cornetes.

Terminaciones nerviosas. — Las fosas nasales (fig. 236) están tapizadas por una membrana mucosa especial llamada *pituitaria*. Esta membrana presenta dos regiones distintas :

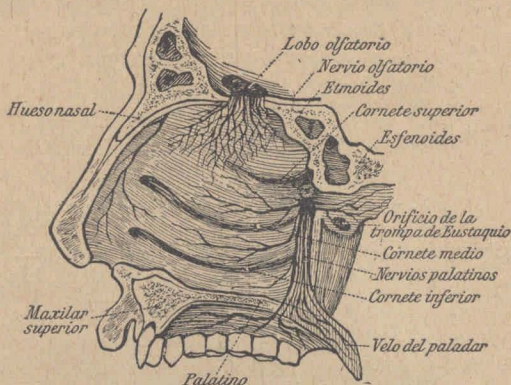


Fig. 236. — Inervación de las fosas nasales.

1º una región roja, llamada *respiratoria*, que ocupa el meato y la parte inferior del meato medio; comprende glándulas mucosas y está cubierta de un epitelio vibrátil; 2º una región de aspecto amarillento, llamada *olfativa*, que ocupa el meato superior y la parte superior del meato medio; entre las células del epitelio de esta mucosa, algunas son mucosas, otras se prolongan en filamentos (fig. 237) y están en relación con fibras nerviosas: esas son la *células olfativas*.



Fig. 237. — Células olfativas de la pituitaria.

Estas terminaciones nerviosas están en relación con las ramificaciones que provienen del *lóbulo olfativo* (fig. 236) que descansa sobre la lámina agujereada del etmoides, el cual extiende ramas á través de los agujeros de aquélla.

§ 2. — Fisiología del olfato.

Las sensaciones olfativas. — La región amarilla de la mucosa

pituitaria recibe las impresiones olfativas; mientras que la región roja está destinada á volver más caliente el aire aspirado.

No se percibe el olor de una substancia á menos que ésta sea gaseosa, ó si sus partículas difundidas por el aire son solubles en el líquido que humedece la pituitaria. La acción de oler tiene por objeto poner en contacto de la pituitaria las partículas olorosas. Este sentido, rudimentario á veces en el Hombre civilizado, es muy sutil en ciertos salvajes y en algunos Mamíferos (Perro de caza).

Entre el gusto y el olfato hay cierta relación; por esta razón casi no se tiene ni olfato ni gusto cuando se padece *coriza* ó catarro cerebral.

IV. — El oído y la audición.

§ 1. — Anatomía de la oreja.

La *oreja* es el órgano que percibe los *sonidos*, es decir vibraciones rápidas de los cuerpos; vibraciones que el medio ambiente (aire ó agua) transmite hasta la oreja. De así que los líquidos conducen mejor que los gases las vibraciones : luego los animales acuáticos deben tener más sencillo el oído. El de un Molusco, por ejemplo, se compone de una

vesícula cerrada, llamada *otocisto* (fig. 238), formada de dos células pestañosas. En la parte interior hay un líquido, la *endolinfa*, en el que flotan unos granitos calcáreos llamados *otolitos*. Cerca de esta vesícula viene á terminar un nervio auditivo, poniendo en relación las células pestañosas con los centros nerviosos. Mediante este aparato, las vibra-

ciones sonoras se transmiten del medio ambiente á la endolinfa, después á los otolitos, á las celulas pestañosas y al nervio auditivo. Este aparato existe en los Vertebrados y aun en el hombre, pero más complejo.

El oído del hombre comprende tres partes :

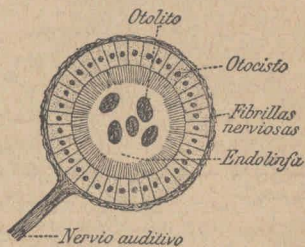


Fig. 238. — Vesícula auditiva ú otocisto de un Molusco.

- 1º El *oído externo* ú oreja, que recoge las vibraciones sonoras;
- 2º El *oído medio*, que transmite las vibraciones;
- 3º El *oído interno*, que es el órgano de recepción y contiene las terminaciones nerviosas del nervio auditivo.

El *oído externo* ú oreja. — El *oído externo* está formado del *pabellón* y el *conducto auditivo externo* (fig. 239).

El *pabellón*, de naturaleza cartilaginosa, tiene la forma de un

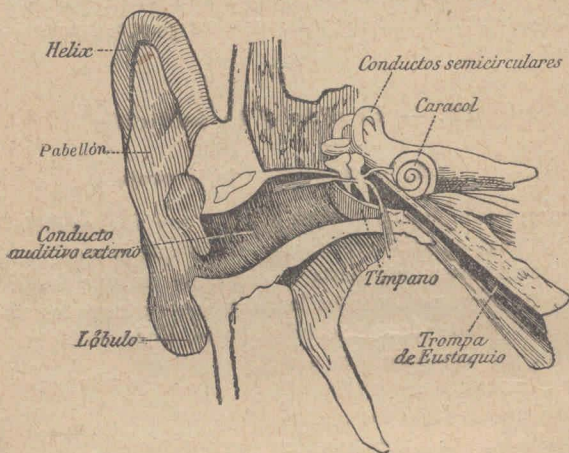


Fig. 239. — Conjunto de la oreja.

embudo que presenta eminencias y depresiones : su parte inferior ó *lóbulo* es pulposa. Este pabellón está adherido á los huesos del cráneo por ligamentos sólidos : se puede levantar á un hombre por las orejas sin temor de arrancárselas.

El *conducto auditivo externo* (fig. 239 y 240), cartilaginoso por delante, óseo por dentro, está encorvado y tiene unos 3^{cm} de largo; por detrás está limitado por la membrana del tímpano, y la piel que le tapiza segrega una materia crasa, amarillenta, llamada *cerumen*, ó *cera de los oídos*. Á la entrada del conducto hay unos pelos, que, con el cerumen, sirven para evitar la entrada de polvo.

El oído medio. — El *oído medio*, ó *caja del tímpano*, es una cavidad irregular hendida en la parte interna del hueso temporal, llamada *peñasco*. Está separado del oído externo por la membrana del *tímpano*, y del oído interno por la *ventana oval* y la *ventana redonda*, cerradas ambas por una membrana delgada (fig. 240). También comunica con las *células mastoideas*, cavidades abiertas en lo interior del temporal; y por la *trompa de Eustaquio* está en comunicación con la cavidad posterior de las fosas nasales.

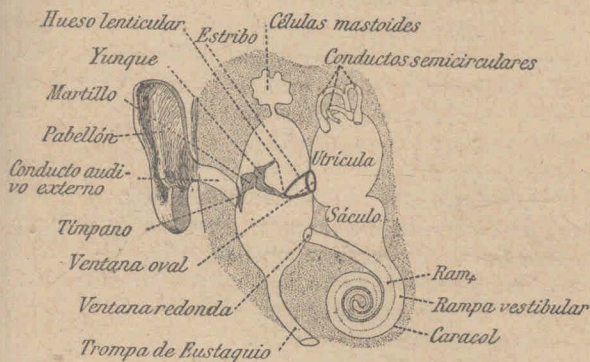


Fig. 240. — Esquema de la oreja.

La *membrana del tímpano* es una lámina fina de cavidad externa.

La *trompa de Eustaquio* (fig. 240) es un conducto, de 3 á 4^{cm} de largo, que va á abrirse detrás de la cavidad de las fosas nasales, y establece la comunicación y por consiguiente un equilibrio de presión entre el aire de la caja del tímpano y el aire exterior. Este conducto, ordinariamente cerrado, se abre á cada movimiento de deglución.

La membrana del tímpano está en comunicación con la ventana oval por cuatro huesecitos articulados unos con otros, que forman la *cadena de los huesecillos*. Estos son cuatro (fig. 140): 1° el *martillo*, cuyo mango encaja en el espesor del tímpano y la cabeza se apoya en el segundo huesecillo llamado *yunque*; 2° el *yunque*; 3° el *lenticular*; 4° el *estribo*, cuyas dos ramas se apoyan en la ventana oval.

Dos musculitos hacen mover esta cadena de huesecillos : 1º el *músculo del martillo*, que está adherido por una parte al martillo y, por otra, á la parte anterior del oído medio; su papel es estirar la membrana del tímpano contrayéndose; 2º el *músculo del estribo*, que encaja en la cabeza del estribo y en la parte posterior del oído medio; su oficio es aflojar la membrana del tímpano contrayéndose.

El oído interno. — El *oído interno* (fig. 239 y 240), que es la parte fundamental del oído, puesto que contiene las terminaciones nerviosas auditivas, está encajado en el *peñasco*. Comunica con el oído medio por la ventana oval y la redonda, y con la cavidad craneana por el *conducto auditivo interno*, por el cual pasa el *nervio auditivo*.

Su estructura complicada le ha valido el nombre de *laberinto*.

Comprende dos partes : el *laberinto óseo*, abierto en el hueso temporal, y el *laberinto membranoso*, en el que está incrustado el laberinto óseo, que contiene un líquido llamado *endolinfa*; entre los dos laberintos hay otro líquido llamado *perilinf*a.

En el oído interno se distinguen tres partes : 1º el *vestíbulo*; 2º los *conductos semicirculares*; 3º el *caracol*.

1º EL VESTÍBULO. — El *vestíbulo* es una especie de saco que comunica con el oído medio por la ventana oval y directamente con los conductos semicirculares y el caracol. Un encogimiento le divide en dos partes : el *utrículo* y el *sáculo* (fig. 240). En dos puntos situados, uno en el utrículo y otro en el sáculo, están las *manchas acústicas*, formadas por un epitelio, cuyas células (fig. 241) tienen una larga pestaña vibrátil que flota en la endolinfa; en medio de las pestañas vibrátiles hay granitos calcáreos ú otolitos, á semejanza de la vesícula auditiva de los animales inferiores. Estas células, llamadas *células auditivas*, están en relación con las fibras nerviosas del nervio auditivo.



Fig. 241. — Célula de las manchas acústicas.

2º LOS CONDUCTOS SEMICIRCULARES — Estos son en número de tres (fig. 239 y 240) y están dispuestos siguiendo tres planos

diferentes : dos verticales perpendiculares uno sobre el otro, y el tercero horizontal perpendicular sobre los dos primeros. Por su extremidad van á desembocar en el vestibulo, y los tres tienen una de sus extremidades ensanchada en *ampolla*. En esas ampollas hay una eminencia ó *cresta acústica*, formada por dos células pestañosas en relación con las fibras nerviosas auditivas.

El caracol. — El caracol (fig. 240 y 242) es un tubo óseo enrollado en espiral al rededor de un eje llamado *columela*; da unas tres vueltas, y está separado por un tabique, la *lámina es-*

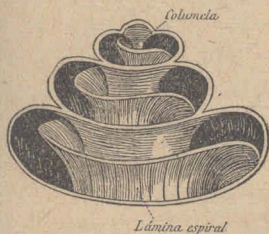


Fig. 242. — Caracol abierto.



Fig. 243. — Las fibras de la membrana basilaria.

piral, en dos canales ó *rampas* : una, la *rampa vestibular*, que llega al sáculo, y la otra, la *rampa timpánica*, que llega á la ventana redonda. La lámina espiral es ósea en la primera vuelta de espira, y luego se vuelve *membranosa* en parte. La parte ósea disminuye poco á poco de ancho hacia el vértice del caracol, mientras que la parte membranosa, ó *membrana basilaria* aumenta. Esta membrana está formada de una serie de fibras transversales elásticas (fig. 243), tensas como las cuerdas de una arpa entre la lámina espiral y la pared del caracol. Estas cuerdas, en número de más de 6.000, tienen su longitud que aumenta de la base al vértice del caracol.

La *rampa timpánica* no tiene nada de particular; la *rampa vestibular* está dividida en dos por una membrana (fig. 244) : la *rampa vestibular* propiamente dicha y la *rampa colateral*, ó *canal cocleario*. En esta última es donde se hallan los *órganos de Corti*.

Cada *órgano de Corti* (fig. 245) comprende : 1º una *arcada*

formada de dos pilares, cuya base se apoya en la membrana basilaria; el vértice de estos dos pilares se prolonga en forma de una *membrana reticulada*, en cuyas mallas penetran las pestañas de

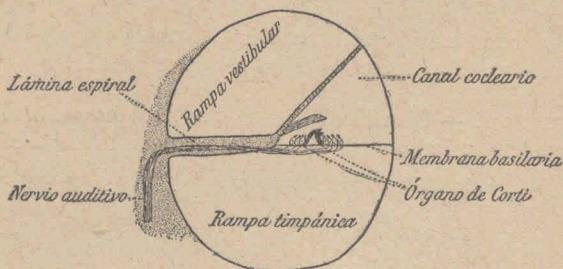


Fig. 244. — Sección transversal del caracol.

las *células auditivas*; 2º *células auditivas pestañosas*, dispuestas en los lados de la arcada de Corti y en relación con las terminaciones nerviosas de las fibras del nervio auditivo. Cada órgano de Corti descansa á horcajadas sobre dos cuerdas transversales de la

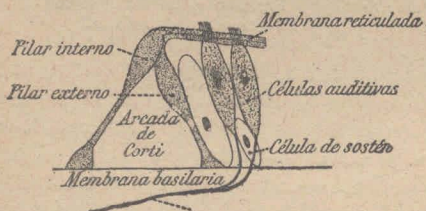


Fig. 245. — Órgano de Corti.

membrana basilaria. Ya hemos dicho que hay 6 000 cuerdas, luego hay 3 000 arcadas de Corti.

El nervio auditivo.

— Este penetra en el peñasco por el *conducto auditivo interno*; des-

pués se divide en cuatro ramas que penetran en la parte interna del laberinto óseo : una va al caracol y se ramifica por la lámina espiral para terminar en las células pestañosas del órgano de Corti (fig. 245) : las otras tres van al sáculo, al utrículo, y á las ampollas de los canales semicirculares.

§ 2. — Fisiología del oído.

El oído externo, ú oreja, recoge las vibraciones sonoras.

— El pabellón recoge las vibraciones sonoras, haciendo así el papel de una trompetilla acústica, y dirige las ondas sonoras al oído medio, informándonos así de la dirección del sonido.

El oído externo sólo existe en los Mamíferos y las Aves; y en algunos otros (Topo, Cetáceos, Pájaros) está reducido al conducto auditivo, por faltar el pabellón. Por el contrario, éste está muy desarrollado y es muy movable en los animales nocturnos (Murciélagos). También el Caballo y el Asno tienen el pabellón muy movable.

El oído medio transmite las vibraciones sonoras. — El tímpano, bajo la influencia de las vibraciones que recibe del oído externo, entra en vibración, y puede vibrar para todos los sonidos comprendidos entre 30 y 20 000 vibraciones por segundo. El músculo del martillo, al estirar la membrana del tímpano, la vuelve menos apta para vibrar para los sonidos graves é intensos, como el estampido del cañón.

La cadena de los huesecillos y el aire del oído medio transmiten en seguida las vibraciones del tímpano al oído interno.

En fin la trompa de Eustaquio sirve para mantener la igualdad de presión en los dos lados del tímpano, puesto que establece una comunicación entre el oído medio y el exterior. Ya sabemos además que una membrana vibra más cuando sus dos caras soportan presiones iguales. Por eso la obstrucción de la trompa de Eustaquio puede causar cierta dureza de oído y aun la sordera.

El oído interno permite apreciar las cualidades del sonido.

— El oído interno es el órgano esencial de la audición, pues es el que recibe las vibraciones sonoras y permite apreciar sus cualidades. Ya sabemos que el laberinto contiene un líquido, la endolinfa, que flota en la perilinfa: ésta recibe las vibraciones que vienen del oído medio y las transmite á la endolinfa, la cual á su vez hace vibrar las células pestañosas de las manchas acústicas y del órgano de Corti. Estas impresiones son luego transmitidas al encéfalo por el nervio auditivo.

El sonido tiene tres cualidades: la *intensidad*, el *tono* y el *timbre*.

1º la *intensidad* depende de la amplitud de las vibraciones. Las

cuerdas transversales de la membrana basilaria, al vibrar con más ó menos energía, nos dan á conocer la intensidad del sonido. Las pestañas vibrátiles de las células de las manchas acústicas parecen ser sobre todo las que nos informan sobre la intensidad de los ruidos.

2º El *tono* del sonido depende del número de vibraciones por segundo. Ahora bien, las cuerdas de la membrana basilaria, al igual de las cuerdas de un piano, pueden vibrar cada una para un sonido diferente, tanto más grave cuanto más larga sea la cuerda. Como hay 6.000 cuerdas de longitud diferente (las más largas en el vértice del caracol y las más cortas en la base) se pueden apreciar 6 000 sonidos de tono diferente : es más que lo que comprende la escala musical. Por consiguiente el tono del sonido será apreciado según la cuerda que entre en vibración.

3º El *timbre* depende de la superposición en el sonido fundamental de cierto número de armónicos, es decir de sonidos producidos por vibraciones 2, 3, 4, etc., veces más numerosas. Mientras que un sonido simple no hace vibrar más que una sola cuerda, el sonido complejo hará vibrar simultáneamente la cuerda destinada al sonido fundamental y las destinadas á los armónicos. De este conjunto de vibraciones resultará la noción del timbre.

Los *canales semicirculares* parecen informarnos sobre la noción del espacio. Si se arrancan á un Pichón los canales semicirculares, le sobrevienen trastornos en el movimiento. Al hombre le causan vértigo las lesiones de los canales semicirculares. Luego parece existir una relación entre estos hechos y la orientación de los tres canales semicirculares, cuya dirección corresponde á las tres dimensiones del espacio.

V — El ojo y la visión.

§ 1. — Anatomía del ojo.

El *ojo* es el órgano de la visión; su papel es recoger las vibraciones luminosas para dar á conocer la forma, extensión y color de los objetos.

El ojo del hombre comprende dos partes : 1º las *partes accesorias*, cuyo papel es impedir que entre en el ojo otra cosa que la

luz; 2º el *lóbulo del ojo*, que es la parte esencial que contiene las terminaciones nerviosas sensibles á la luz.

Las partes accesorias. — Las *partes accesorias* comprenden: 1º las partes *protectoras*; 2º la partes *motoras*; 3º las partes *secretorias*.

1º LAS PARTES PROTECTORAS: *órbita, párpados, pestañas, cejas*. — El ojo está encajado en una cavidad ósea llamada *órbita*; esta cavidad tiene la forma de una pirámide cuadrangular en el vértice posterior y está limitada por huesos del cráneo y de la

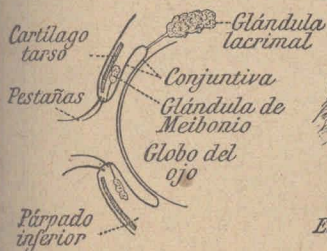


Fig. 246. — Los párpados.

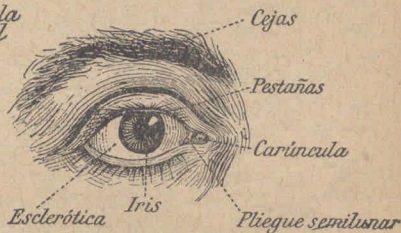


Fig. 247. — Ojo derecho

cara. El fondo de la órbita tiene un orificio, el *agujero óptico*, por el cual penetra el nervio óptico. El ojo ocupa sólo la parte anterior de la órbita; todo lo demás está ocupado por tejido graso, atravesado por músculos, vasos y nervios.

Por delante, el ojo está protegido por dos pliegues de la piel, los *párpados* (fig. 246). El borde libre de los párpados está cubierto de pelos largos, las *pestañas*, que protegen al ojo contra el polvo. Encima del párpado superior se hallan las *cejas*, cuyo papel es proteger al ojo contra el sudor que corre de la frente. Los párpados están formados: 1º por la *piel*; 1º por una laminita resistente, el *cartílago tarso*; 3º por un músculo, el *orbicular* de los párpados, que al contraerse cierra los párpados; 4º por *glándulas sebáceas*, que segregan un líquido aceitoso que sirve para lubricar el borde libre de los párpados; 5º por una membrana mucosa muy fina, la *conjuntiva*, que se pliega y pasa delante del ojo, donde es transparente.

En el lagrimal del ojo, la conjuntiva forma el *pliegue semilunar* (fig. 247), membrana muy desarrollada en el Caballo donde forma la membrana *parpadeante*, y en las Aves, donde forma el tercer párpado, ó membrana *nictitante*. Un poco más adentro se halla una glandulita llamada *carúncula lagrimal*.

2º PARTES MOTORAS : los músculos del ojo. — El ojo es capaz de movimientos variados que le permiten explorar, sin volver la cabeza, todos los puntos del espacio que tiene al frente. Estos movimientos los obtiene mediante *seis músculos*, ligados por un extremo al globo del ojo y, por el otro, á la

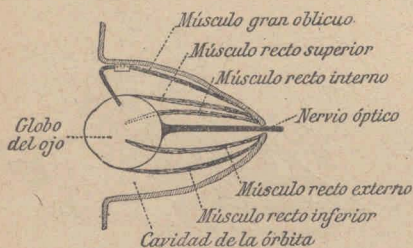


Fig. 248. — Los músculos del ojo.

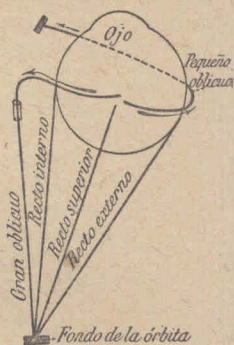


Fig. 249. — Esquema que muestra el papel de ciertos músculos del ojo.

pared de la órbita. Moviendo la vista, estos músculos pueden modificar la expresión de la fisonomía.

Estos músculos (fig. 248 y 249) son : 1º el *músculo derecho superior*, cuya contracción hace levantar el ojo hacia arriba; 2º el *músculo derecho inferior*, que hace mirar abajo; 3º el *músculo derecho externo*, que mueve el ojo hacia afuera; 4º el *músculo derecho interno*, que mueve el ojo hacia adentro, 5º el *músculo gran oblicuo*, que se une á la parte superior del globo del ojo, pasa por un anillo fibroso situado arriba de la órbita y va á fijarse en el fondo de la órbita; éste hace mover el ojo derecho en el sentido de las agujas de un reloj, y el ojo izquierdo en sentido inverso; 6º el *músculo pequeño oblicuo* está ligado á la cara inferior del globo del ojo y va á fijarse en el ángulo interno é inferior de la órbita; éste obra en sentido inverso del gran oblicuo.

3º PARTES SECRETORIAS : **glándulas lagrimales.** — La *glándula lagrimal* (fig. 250), que segrega lágrimas, está alojada en un hoyuelo situado en el ángulo superior y externo de la órbita, y tiene la misma estructura que una glándula salival; y así como ésta segrega saliva, aquélla segrega lágrimas. Las lágrimas se componen de agua que contiene en disolución un poco de cloruro de sodio. Este líquido es derramado por diez canales en el pliegue superior de la conjuntiva, de donde se extiende por toda la conjuntiva mediante el movimiento de los párpados. El exceso puede derramarse por dos orificios, situados en el ángulo interno del ojo, llamados *puntos lagrimales* (fig. 250); estos

dos orificios permiten á las lágrimas llegar al *saco lagrimal* por los *conductos lagrimales*, y después al *canal nasal* que desemboca en el meato inferior de la nariz. Luego las lágrimas se derraman en las fosas nasales, y esta es la razón por qué las emociones tristes producen cierto gangeo y necesidad de limpiarse los mocos.

El papel de las lágrimas es mantener húmeda la conjuntiva, que si estuviera seca no sería transparente.

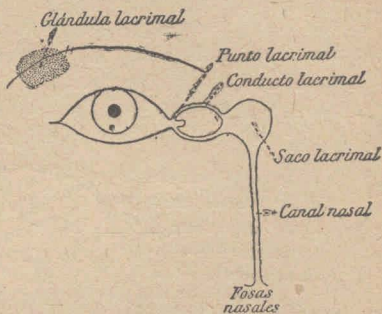


Fig. 250. — Aparato lagrimal.

El globo del ojo. — El ojo tiene forma esférica, y se compone : 1º de *membranas*; 2º de *medios transparentes*.

1º LAS MEMBRANAS. — Las membranas del ojo son de la parte interna á la externa : la *esclerótica*, la *coroides* y la *retina*.

La *ESCLERÓTICA* (fig. 251) es la envoltura externa del ojo, la cual es fibrosa y resistente. Por su color se le suele también llamar el *blanco del ojo*. Por detrás tiene un agujero para dejar pasar el nervio óptico. Por delante es transparente, y su curvatura es más acentuada : esta es la *córnea transparente*.

La *COROIDES* (fig. 251) es una membrana conjuntiva, muy rica en vasos sanguíneos, y cuya parte interna, pegada á la retina, está

formada de células que contienen numerosos pigmentos negros. Esta capa pigmentosa transforma la parte interna del ojo en una verdadera cámara oscura. Cerca del cristalino, la coroides se hincha y comprende dos capas : una externa, el *músculo ciliar*; la otra, interna, envuelve el borde del cristalino, son los *procesos ciliares*.

El *músculo ciliar*, formado de fibras lisas, tiene el aspecto de un anillo, cuya parte externa comprende fibras longitudinales, y la parte interna fibras circulares.

Los *procesos ciliares* se presentan como una corona de pliegues

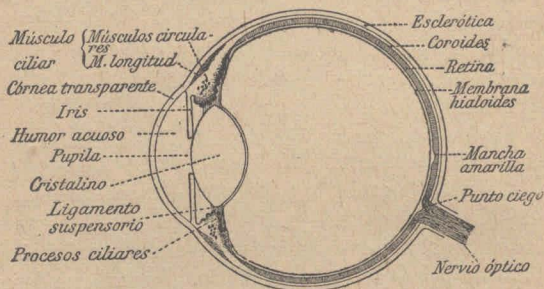


Fig. 251. — Sección teórica del ojo.

(unos 80) radiando al rededor del cristalino y envolviéndole. Estos pliegues son muy vasculares y pueden hincharse por flujo de sangre.

Por delante, la coroides se prolonga por un tabique vertical llamado *iris*; este diafragma tiene un orificio llamado *pupila*. El iris tiene diferentes colores según los individuos : negro, pardo, azul, etc. La pupila es negra porque deja ver en el fondo del ojo la coroides, que es negra; en los *albinos* la coroides no tiene pigmentos negros, y por eso la pupila es roja clara. En el espesor del iris hay *fibras musculares lisas*, que son *radiadas* unas, y *circulares* las otras (fig. 252); al contraerse, las primeras dilatan la pupila y las segundas la encogen. Luego el iris regula la cantidad de luz que penetra en el ojo.

La *RETINA* (fig. 251), que es la membrana sensible del ojo, tapiza

la cara interna de la coroides : la retina resulta de la expansión del nervio óptico y se extiende en forma de copa del fondo del ojo á la región ciliar. La retina presenta en el punto á donde llega el nervio óptico un resalto llamado *papila óptica*, ó también *punto ciego* (*punctum cæcum*), porque esta parte de la retina no es sensible á la luz. En el centro del fondo del ojo hay una depresión llamada *mancha amarilla* (*macula lutea*), muy sensible á la luz.

La retina es una membrana delgada en cuyo centro vienen á terminar las fibras del nervio óptico. Siguiendo una fibra nerviosa

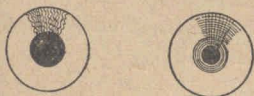


Fig. 252. — Los músculos del iris.

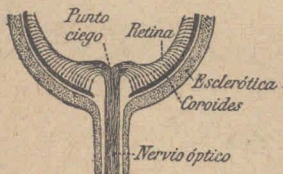


Fig. 253. — Expansión del nervio óptico y sus terminaciones en la retina.

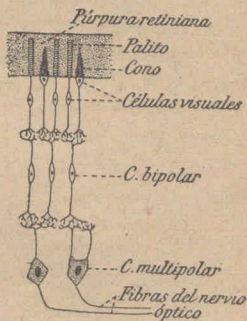


Fig. 254. — Esquema de la retina.

que viene del nervio óptico y penetra por el punto ciego (fig. 253), se la ve extenderse por el espesor de la retina y su extremidad se dirige, de dentro afuera, hacia la coroides, para terminar en la capa pigmentosa de la coroides. Cada una de estas fibras (fig. 254) presenta en su trayecto *células multipolares*, después *bipolares* y se termina en *células visuales*, que tienen prolongaciones en forma de *conos* ó *palitos*.

Los conos y los palitos están rodeados de una materia colorante roja llamada *púrpura retiniana* ó *eritropsina*, substancia muy sensible á la acción de la luz. En la *mancha amarilla* no existen más que conos.

2º LOS MEDIOS DEL OJO. — Los medios refringentes del ojo son,

de afuera adentro : la *córnea transparente* ya descrita, el *humor acuoso*, el *cristalino* y el *cuerpo vítreo*.

El *humor acuoso* (fig. 251) es un líquido transparente, contenido en el espacio comprendido entre la córnea y el iris y que se llama *cámara anterior* del ojo.

El *cristalino* (fig. 251) es una lente biconvexa, cuyo eje principal se confunde con el eje anteroposterior del ojo. El cristalino está rodeado de una membrana delgada, sólida, y está sujeto, entre el iris y el cuerpo vítreo, por el *ligamento suspensorio*, que une la membrana hialoides con el cristalino. El cristalino puede volverse opaco y causar la ceguera; entonces conviene hacer la operación de la *catarata*, que consiste en arrancar el cristalino. Este órgano puede ser reemplazado entonces por anteojos muy convexos.

El *cuerpo vítreo*, ó *humor vítreo* (fig. 251) llena todo el espacio comprendido entre el cristalino y la retina. Es una substancia gelatinosa contenida en una membrana transparente llamada *membrana hialoides*.

§ 2. — Fisiología del ojo.

El ojo se compone fisiológicamente : 1º de un *aparato de óptica* destinado á formar en la retina las imágenes de los objetos; 2º de un *aparato sensible* destinado á recibir estas imágenes, que son el punto de partida de nuestras impresiones luminosas.

El ojo es un instrumento de óptica. — El ojo comprende medios transparentes en forma de lentes, puesto que están limitados por superficies curvas. La lente principal es el cristalino, cuyo índice de refracción es 1,44. Se puede reducir la acción de estos medios refringentes (humor acuoso, cristalino, etc.) á la acción de una *lente* sola, cuyo centro óptico estuviera cerca de la cara posterior del cristalino.

Los objetos exteriores dan imágenes *reales é invertidas*, que, estando bien conformado el ojo, deben formarse en la retina. Estas imágenes se pueden observar sirviéndose de un ojo de buey, al que se le quita la esclerótica y la coroides en la mitad posterior

(fig. 255) : se pone una bujía enfrente del ojo y se ve que está invertida en la retina.

Para que la imagen sea neta es preciso : 1° que los rayos luminosos que atraviesan el cristalino, no estén muy separados del eje, es decir que no atraviesen los bordes de la lente ; si no se produce una *aberración de esfericidad*, que enturbia la imagen ; 2° que la imagen se forme exactamente en la retina.

El iris es el que impide que penetren en el ojo los rayos muy separados del eje.

La segunda condición es más difícil de cumplirse. Ya sabemos que la imagen de un objeto no resulta neta sino cuando la pan-

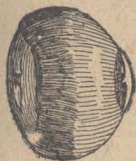


Fig. 255. — Experimento de Magendie.

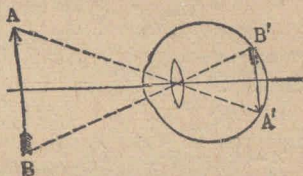


Fig. 256. — Formación de las imágenes en el fondo del ojo.

talla donde se forma la imagen, está colocada en el foco de la lente. Por ejemplo, si el objeto AB (fig. 256) tiene su imagen en A'B' en la retina, esta imagen es neta ; si el objeto se aleja del ojo, la imagen se formará delante de la retina y aparecerá turbia ; si el objeto se acerca al ojo, la imagen se formará detrás de la retina, y también aparecerá turbia. Luego para forzar las imágenes á formarse en la retina, el ojo debe modificar sus medios refringentes ; debe *acomodarse* á las distancias variables de los objetos.

La acomodación y su mecanismo. Presbicia. — Se puede demostrar que es el cristalino el que modifica su curvatura para adaptarse, ó *acomodarse*, á las diferentes distancias. Se pone una bujía delante del ojo de una persona ; entonces se ven en él tres imágenes : 1° una, anterior, derecha, dada por la córnea ; 2° una, media, derecha, dada por la cara anterior del cristalino ; 3° una, posterior, invertida, formada por la cara posterior del cristalino. Si el sujeto mira un objeto más cercano, y estando la bujía á la misma distancia del ojo, se ve que conservan sus dimensiones la

primera y la tercera imagen, mientras que se vuelve más pequeña la segunda, dada por la cara anterior del cristalino; lo cual sólo se puede explicar por el aumento de curvatura de la cara anterior del cristalino. Luego éste es el que modifica su curvatura anterior y hace que la imagen se forme en la retina.

Este cambio de curvatura del cristalino es producido . 1º por las fibras longitudinales del *músculo ciliar*, que, al contraerse, aflojan el *ligamento suspensorio*, lo cual permite al cristalino combarse más; 2º por las fibras circulares del *músculo ciliar*, que se contraen y determinan que afluya la sangre á los *procesos ciliares*, lo cual comprime el cristalino. Este, que por su cara posterior está sujeto por el humor vítreo, se encorva más por su cara anterior. Tal es el mecanismo de la acomodación.

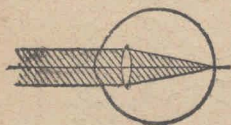


Fig. 257. — Ojo emmetrope (la imagen se forma en la retina).

La potencia acomodadora del ojo tiene un límite, porque la curvatura del cristalino no puede aumentar indefinidamente. En un ojo normal, ó *emmetrope* (fig. 257), la imagen de un objeto colocado en lo infinito se forma en la retina, teniendo el cristalino su curvatura ordinaria. Si se acerca el objeto al ojo, la imagen se forma detrás de la retina; entonces es cuando el cristalino se encorva, para evitar este cambio de la imagen. Pero desde cierta distancia, cuando el objeto esté á 15 centímetros del ojo, el cristalino no puede encorvarse más, y la imagen se forma detrás de la retina, es decir que esta imagen resulta poco clara. Á esta distancia de 15 centímetros se le llama *distancia mínima de la visión distinta*.

Con la edad disminuye la elasticidad del cristalino, de donde resulta en los ancianos una debilidad de la potencia acomodadora, y la visión ya no es distinta para las distancias cortas. El anciano tendrá que colocarse á 50 centímetros, ó á 1 metro de las letras de imprenta, por ejemplo, para verlas claramente. Á este defecto de acomodación se le da el nombre de *presbicia*. Se le puede corregir con una lente biconvexa que hace convergir más los rayos luminosos y acerca las imágenes á la retina.

Anomalías de la visión, miopia, hipermetropia, astigma-

tismo. — El ojo *normal*, ó *emmetropio* (fig. 257) recibe en la retina, sin acomodación, la imagen de un objeto colocado al infinito. Para ver todos los objetos colocados entre el *infinito* y la *distancia mínima de la visión distinta* (15 cm.), el ojo debe *acomodar*.

El ojo *miope* (fig. 258) es aquel cuyo eje anteroposterior es muy largo; de modo que la imagen del objeto colocado al infinito se forma delante de la retina. En este caso, la distancia mínima de la visión distinta se reduce á unos milímetros. Este defecto se corrige con el uso de lentes biconcavas, que hacen divergir los

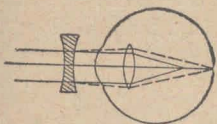


Fig. 258. — Ojo miope (la imagen está delante de la retina).

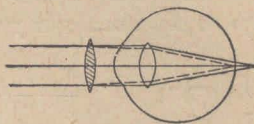


Fig. 259. — Ojo hipermetrope (la imagen está detrás de la retina).

rayos luminosos y llevan la imagen detrás de la retina, si su curvatura es como debe ser. Con la edad el ojo miope puede volverse presbita.

El ojo *hipermetrope* (fig. 259) es aquel cuyo eje anteroposterior es muy corto; de modo que la imagen de un objeto colocado al infinito se forma detrás de la retina. Por consiguiente es lo contrario de lo que ocurre con el miope. La distancia mínima de la visión distinta es siempre superior á 15 centímetros. Este defecto se corrige usando lentes biconvexas que hacen convergir los rayos luminosos y traen la imagen delante de la retina, si su curvatura es como debe ser.

El ojo *astigmata* es el que presenta desigualdades de curvatura; de modo que las imágenes no están bien formadas. Se puede corregir este defecto usando lentes cilíndricas.

La retina es el órgano sensible á la luz. — La retina es la membrana sensible á la luz; parece que recibe una *impresión fotográfica* que da origen á la impresión luminosa. El siguiente experimento lo demuestra: se encierra un conejo en un cuarto obscuro, y después se le hace mirar una ventana llena de luz, y

se pone rápidamente el ojo de este animal en una disolución de alumbre para fijar la imagen formada en la retina. Entonces se ve en el fondo rosa de la retina la imagen fotográfica de la ventana, en *negativo*. Es que la púrpura retiniana se ha descompuesto por la luz como las sales de plata de una placa fotográfica; esta acción es la transmitida por el nervio óptico al encéfalo, que percibe la sensación luminosa.

La retina sólo es sensible en las regiones donde se hallan los conos y los vástagos. El punto donde penetra el nervio óptico es *ciego*, porque no tiene ni conos ni vástagos.

El experimento de Mariotte demuestra este hecho : se traza en una hoja de papel una cruz y un círculo (fig. 260) distantes unos

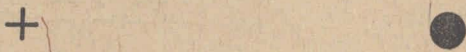


Fig. 260. — Experimento de Mariotte.

5 centímetros; se cierra el ojo derecho y se mira con el izquierdo el círculo trazado á la derecha; primero se ven los dos dibujos, después se aleja la hoja de papel y al momento desaparece la cruz apareciendo más lejos. La cruz se vuelve invisible cuando su imagen se forma en el *punto ciego*.

Persistencia de las impresiones luminosas. — Las impresiones producidas por la luz en la retina persisten durante $\frac{1}{10}$ de segundo después de la desaparición del cuerpo luminoso. Este es probablemente el tiempo que necesita la púrpura retiniana, atacada por la luz, para regenerarse. Si las imágenes visuales se suceden con más rapidez que se borran, se tiene una sola sensación : así es cómo dando vueltas á un carbón encendido, causa la impresión de un círculo luminoso. Por la misma razón parece que una estrella errante traza una línea luminosa y que la lluvia raya el cielo, etc. También con un disco de Newton que tenga pintados los siete colores del espectro, se puede reconstituir la luz blanca, porque los colores se sobreponen y sólo se percibe el que resulta. El experimento siguiente demuestra bien la persistencia de las impresiones luminosas : se dibuja una jaula en un lado de una tarjeta y en el

otro un pájaro (fig. 261). Después, por medio de una cuerda, se imprime á la tarjeta un movimiento de rotación muy rápido, y parece que el pájaro está encerrado en la jaula.

El instrumento llamado *cinematógrafo* se funda en este principio de la persistencia de las impresiones luminosas. Se hace pasar delante de los ojos una serie de fotografías que representen los diversos movimientos que se suceden en una escena y se tiene la ilusión del movimiento en su conjunto : así es como se puede ver á un corredor, un ciclista, un tren en marcha, etc.

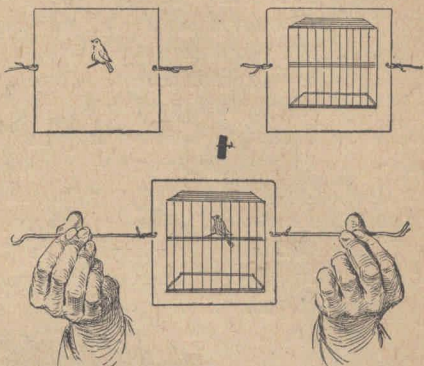


Fig. 261. — Experimento que demuestra la persistencia de las impresiones luminosas.

Percepción de los colores. Daltonismo.

— El ojo percibe los diversos colores que componen la luz blanca. Parece que los conos solos sean impresionados por la luz colorada, porque la retina de los animales nocturnos (Búho, Murciélago), que no pueden apreciar los colores, está desprovista de conos. Por esta razón Helmholtz admitía que los vástagos servían para la percepción de la intensidad de la luz y los conos para la de los colores.

Ciertas personas no pueden apreciar los colores, y entonces se dice que padecen de *daltonismo*. El *rojo*, por ejemplo, les parece *verde* : para esas personas, decía Arago, las cerezas nunca están maduras. En los ferrocarriles y en la marina, donde se usan sobre todo los colores como señales, son objeto de un examen minucioso de la vista los candidatos á los empleos que requieren la observación de las señales.

Si se fija mucho tiempo la vista en un círculo rojo y después se mira un fondo blanco, se ve el color complementario, es decir un círculo *verde*. Se dice que dos colores son *complementarios* cuando su adición da blanco. Conforme á esta ley del *contraste*

sucesivo el rojo parece más vivo cuando se ha mirado el verde, y recíprocamente.

Visión binocular. — La visión con un ojo solo no nos hace ver más que la forma de los objetos; pero no puede apreciar ni la distancia, ni el relieve de estos objetos. En efecto, cada ojo ve una imagen que no es idéntica; de modo que un mismo objeto dará dos imágenes, y la superposición de estas dos imágenes es la que da la noción del relieve. El *estereoscopio* es una aplicación de esta noción de relieve dada por la visión binocular. No se ven *dobles* los objetos, aunque dan dos imágenes; esto consiste en que la imagen de cada punto de un objeto se forma en ambos ojos en dos *puntos correspondientes*, y que la educación del ojo nos ha acostumbrado á confundir estas dos imágenes: no hay más que una sola impresión nerviosa en el encéfalo.

Por el contrario, las imágenes de un objeto que no miramos, no se forman en puntos correspondientes y se las ve separadamente, por eso se ve el objeto doble. Esto se puede observar fijando la vista en una hoja de papel é interponiendo entre el papel y nuestra vista un lápiz por ejemplo: así se ve doble el lápiz.

Por educación también de los ojos ponemos en su posición normal los objetos, cuyas imágenes están invertidas en la retina.

Ilusión de óptica. — Los ojos pueden darnos impresiones falsas: esto es lo que llamamos *ilusiones de óptica*.



Fig. 262. — Fenómeno de la irradiación.

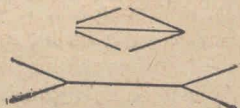


Fig. 263. — Ilusión de óptica.

Como ejemplo podemos citar el fenómeno de la *irradiación* (fig. 262). Se trazan dos cuadrados iguales, uno blanco en fondo negro y otro negro en fondo blanco; después se les junta y se ve que parece más grande el cuadrado blanco. Esto consiste en que la acción de la luz del blanco sobre la retina parece que se propaga, que irradia más allá de la región impresionada directamente por la luz.

También pueden citarse otras ilusiones : dos líneas (fig. 263) exactamente iguales, prolongadas por paralelas, parecen desiguales

RESUMEN

Los *órganos de los sentidos* están destinados á recibir las impresiones que vienen de fuera.

Un aparato sensorio comprende :	{ 1º Parte fundamental : Terminaciones nerviosas, nervio y centro nervioso.		
	{ 2º Partes accesorias : papel protector.		
5 especies de sensaciones.	{ 1. Tacto.	Piel	{ órganos de los sentidos.
	{ 2. Gusto.	Lengua	
	{ 3. Olfato.	Nariz	
	{ 4. Oído	Oreja	
	{ 5. Vista	Ojo	

El *tacto y la piel*. — La *piel*, órgano del *tacto*, está formada de la *epidermis* y la *dermis*.

1° <i>Epidermis</i> . .	{	1. <i>Capa córnea</i> .
		2. <i>Capa de Malpighi</i> .
2° <i>Dermis</i>	{	<i>Tejido conjuntivo y tejido adiposo</i> .
		<i>Pelos y uñas; formación epidérmica</i> .
		<i>Terminaciones nerviosas, ó corpúsculos del tacto</i> .

Las *impresiones* recibidas por la *piel* son de tres clases : *contacto*, *peso*, *temperatura*.

El *gusto y la lengua*. — La *lengua* es el órgano del *gusto*.

Estructura de la lengua.	{	1. <i>Músculos</i> .	{	Papilas caliciformes : V. lingual,
		2. <i>Mucosa lingual</i> .		células gustativas.
				Papilas fongiformes.
				Papilas filiformes.

El *gusto* nos hace apreciar los *sabores*. El nervio *glosófaringeo* es nervio gustativo.

El *olfato y la nariz*. — Las *fosas nasales* presentan pliegues óseos, los *cornetes*, tapizados por una membrana mucosa, la *pituitaria*.

La *pituitaria* comprende { 1° Región *roja* (inferior), respiratoria.
dos regiones. { 2° Región *amarilla* (superior) olfativa.

El *bulbo olfativo* es el que envía á través de la lámina agujereada del etmoides las ramas nerviosas que inervan la región olfativa.

El *oído y la audición*. — El *oído* es el órgano encargado de percibir los sonidos.

El *oído más sencillo* se encuentra en los animales acuáticos (Moluscos por ejemplo). Este se compone :

Vesícula cerrada { *Células auditivas* con pestañas.
 ó otocisto. { Líquido, ó *endolinfa*, en el que flotan *otolitos*.
 { Fibras nerviosas que terminan en el *nervio auditivo*.

El oído del hombre comprende tres partes : *oído externo*, ú *oreja*, *medio* é *interno*.

El oído externo comprende { 1º El *pabellón*.
 { 2º El *conducto auditivo externo*.

Tiene por función recoger las vibraciones sonoras y llevarlas al tímpano.

El *oído medio*. — El *oído medio* ó *caja del tímpano* está separado del externo por la membrana del *tímpano*, y del interno por las membranas de la *ventana oval* y de la *ventana redonda*; comunica con la parte posterior de la boca por la *trompa de Eustaquio*.

La *cadena de los huesecillos* (martillo, yunque, lenticular y estribo) une el tímpano con la ventana oval.

Su función es transmitir los sonidos al oído interno. El papel de la trompa de Eustaquio es mantener la igualdad de presión en las dos caras del tímpano.

El *oído interno*. — Está situado en la parte del temporal llamada *peñasco*. Comprende : el *laberinto membranoso*, que contiene un líquido llamado *endolinfa*, y el *laberinto óseo*, abierto en el peñasco. Entre los dos laberintos hay un líquido, la *perilinf*a. El laberinto comprende tres partes : el *vestíbulo*, los *canales semicirculares* y el *caracol*.

º *Vestíbulo* : utrículo y sáculo con *manchas acústicas* (epitelio y *otolitos*).

2º *Canales semicirculares*. { 3 canales dispuestos siguiendo 3 planos
 { rectangulares. Ampollas y crestas acústicas.

3º *Caracol*. { 1. Rampa vestibular. { Separadas por la *lámينا espiral*,
 { 2. Rampa timpánica. { cuya parte membranosa, ó *membrana basilaria*, está formada de
 { fibras transversales elásticas.

En la rampa vestibular se halla el *órgano de Corti*, formado : 1º de una *arcada* de dos pilares, cuyo vértice da la *membrana reticulada*; 2º de *células auditivas pestañosas* en relación con las fibras del nervio auditivo.

El oído interno es el órgano esencial de la audición; por su *perilinf*a y por su *endolinfa* las vibraciones son transmitidas fácilmente á las células auditivas, las cuales son las terminaciones de las fibras del nervio auditivo.

Las *manchas acústicas* del *vestíbulo* perciben sobre todo la *intensidad del ruido*.

Las *células acústicas* del órgano de Corti aprecian el *tono* y el *timbre* de los sonidos por medio de las cuerdas de la membrana basilaria.

Los *canales semicirculares* parece que nos informan sobre la noción del espacio.

El ojo y la visión. — El *ojo* tiene por función recoger las vibraciones luminosas.

Anatomía del ojo. — El órgano de la visión comprende dos partes : 1° las *partes accesorias*, que no dejan pasar más que la luz ; 2° la parte fundamental ó *globo del ojo*.

1° Partes accesorias.	{	Partes protectoras : órbita, párpados, pestañas, cejas.
		Partes motoras : 6 músculos motores del ojo.
		Partes secretorias : glándula lagrimal, glándulas sebáceas.
2° Globo del ojo.	{	I. Membranas. {
		1. Esclerótica y córnea transparente por delante.
		2. Coroides : por delante procesos ciliares y músculos ciliares ; iris y pupila.
		3. Retina : expansión del nervio óptico, cuyas fibras terminan en conos ó en palitos. Mancha amarilla. Punto ciego.
	{	II. Los medios transparentes. {
		Córnea transparente.
		Humor acuoso en la cámara anterior del ojo.
		Cristalino, lente biconvexa.
		Cuerpo vítreo, entre el cristalino y la retina, mantenido por la membrana hialoides.

Fisiología del ojo. — El ojo es un instrumento de óptica y un aparato sensible.

1° Instrumento de óptica.	{	Cristalino y medios dan imágenes reales é invertidas en la retina.
		Iris detiene los rayos muy lejanos del eje y regula la cantidad de luz que entra en el ojo.
		Acomodación del ojo á las distancias. Presbicia.
		Ojo normal, ó emmetropio.
		Anomalías de la vision : ojo miope, hipermetropio, astigmata.

- 2º *Aparato sensible.*
- Imágenes se forman en la retina : descomposición de la *eritropsina*.
 - Punto ciego*; entrada del nervio óptico, sin conos ni palitos.
 - Las impresiones luminosas *persisten* ($\frac{1}{10}$ de segundo).
 - El ojo percibe los colores. *Daltonismo*. Contrastes simultáneos y sucesivos.
 - Visión binocular*; idea del relieve.
 - Ilusiones de óptica*. *Irradiación*.
-

CAPÍTULO XIII

LA LARINGE Y LA VOZ

En el hombre y los Vertebrados superiores la parte superior de la traquearteria se modifica para dar un órgano, la *laringe*, destinado á emitir sonidos que caracterizan la *voz*.

Anatomía de la laringe. — La laringe proviene de la diferenciación de los dos anillos superiores de la traquearteria. Comunica con la faringe por una abertura que se cierra durante la deglución por medio de una lengüeta llamada *epiglotis*. La cavidad de la laringe (fig. 264) presenta primero una dilatación seguida de un estrechamiento formado por las *cuerdas vocales superiores*. Un poco más abajo se hallan dos pliegues muy próximos, las *cuerdas vocales inferiores*, que limitan un orificio triangular, la *glotis*.

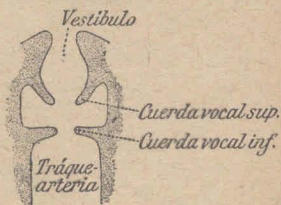


Fig. 264. — Sección de la laringe.

El *esqueleto* de la laringe está formado del *cartilago tiroides*, el *cartilago cricoides* y los dos *aritenoides*.

El *cartilago tiroides* es el más desarrollado : éste forma una prominencia por delante, llamada *bocado de Adán* (fig. 265). Está ligado al hueso hioides por ligamentos y sujeto por una membrana al cartilago cricoides, con el cual se articula.

El *cartilago cricoides* descansa sobre el primer anillo de la tráquea : tiene la forma de un anillo, cuyo chatón estuviera por atrás ; sostiene los dos *aritenoides*.

Los *cartílagos aritenoides* (fig. 267) son triangulares y están situados simétricamente en la parte posterior del cricoides. De su movilidad depende la forma de la glotis.

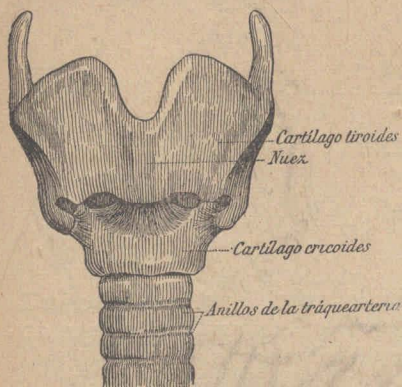


Fig. 265. — Cara anterior de la laringe.

que son ramas del *nervio espinal*; 2º los nervios que vienen del *neumogástrico* y que dan sensibilidad á la laringe. El nervio espinal es el nervio de la fonación; pues si se le arranca á un Gato, por ejemplo, ya no puede maullar, está *áfono*. El nervio espinal es

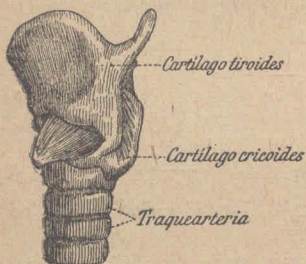


Fig. 266. — Laringe vista de lado.

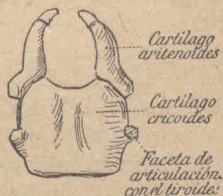


Fig. 267. — Cartilago cricoides co los cartilagos aritenoides.

también el que gobierna los movimientos de la cabeza en los gestos expresivos.

Fisiología de la laringe. — La producción del sonido se debe

a la vibración de las cuerdas vocales inferiores. Esto se puede demostrar haciendo pasar una corriente de aire por laringes arrancadas de cadáveres. También se puede observar con un aparato llamado *laringoscopia*, espejito que se introduce en el fondo de la boca, y que por reflexión permite ver las cuerdas vocales. Luego la corriente de aire que viene del pecho es la que hace vibrar las cuerdas vocales inferiores, á manera de lengüetas de instrumentos de viento. Pero es imposible asimilar completamente la laringe á ninguno de los instrumentos conocidos; porque las cuerdas vocales pueden cambiar á cada instante de longitud, de grueso y de tensión: de ahí provienen esas modulaciones prodigiosas de la voz humana.

El sonido emitido por la laringe tiene tres caracteres: la *intensidad*, el *tono* y el *timbre*.

La *intensidad* depende de la amplitud de las vibraciones de las cuerdas vocales y por consiguiente de la fuerza de la corriente de aire espirado. Luego el desarrollo del pulmón y de la caja del pecho ejercen acción sobre la intensidad de la voz.

El *tono* depende del número de vibraciones y por consiguiente de la longitud, de la tensión y del grueso de las cuerdas vocales. Cuanto más cortas, tensas y delgadas son las cuerdas, tanto más agudo es el sonido. En el niño y en la mujer las cuerdas vocales son cortas y delicadas: por eso su voz es más aguda. En el hombre se estiran y engruesan con la edad, y por consiguiente la voz se hace cada vez más grave: por eso al envejecer un tenor puede ser barítono y al fin bajo. La extensión de la voz en un mismo individuo es casi constante: por término medio es de dos octavas y, por excepción, de tres.

El *timbre* depende del sonido fundamental y de los armónicos. Varía según la forma de la laringe y de las cavidades de resonancia (faringe, boca, fosas nasales, etc)

La voz y la palabra. — Todos los animales provistos de laringe (Mamíferos, Aves, Reptiles, Batracios) pueden emitir sonidos que constituyen la *voz*. Y aun pueden comprenderse entre sí por modificaciones que pueden dar á su voz. La voz del Perro, aullando, dando alaridos, etc., es una especie de lenguaje.

El hombre solo está dotado de la *palabra*, ó *lenguaje articu-*

lado. Para eso junta dos géneros de sonidos : las vocales y las consonantes, formando así sílabas y luego palabras. Á cada palabra da un sonido determinando : de modo que el lenguaje articulado es la expresión de las ideas. Hay que advertir que el hombre tiene otros medios para expresar su pensamiento : el niño, por ejemplo, se hace comprender por gestos y señas; *mimifica* su pensamiento. Después representa las palabras por letras y entonces la escritura viene á ser el gráfico de las ideas.

Las *vocales* son sonidos simples, cada uno de los cuales exige una forma especial de la laringe y de las cavidades de resonancia. Cada vocal tiene su nota particular, de tono determinado.

Las *consonantes* son ruidos producidos por la corriente de aire que va á estrellarse contra obstáculos tales como los labios ó la lengua. Por eso las consonantes son *labiales*; *linguales*, *dentales* ó *guturales*, según que intervienen los labios, la lengua, los dientes ó la garganta para modificar la corriente de aire.

RESUMEN

La *laringe*, órgano de la voz, es una modificación de la parte superior de la traquearteria.

Anatomía de la laringe. — La cavidad de la laringe presenta dos estrecheces causadas por las *cuerdas vocales superiores* y las *inferiores*.

El esqueleto de la laringe está formado de los cartilagos *tiroides* (bocado de Adán en la parte anterior), *cricoides* y dos *aritenoides*. Estos diferentes cartilagos están reunidos por ligamentos y músculos.

La laringe está innervada por ramas del *nervio espinal*, que es el nervio de la fonación, y por ramas del *neumogástrico* (sensibilidad de la laringe).

Fisiología de la laringe. — El sonido se produce al nivel de las cuerdas vocales inferiores, por la vibración de estas cuerdas.

1° La *intensidad* del sonido emitido depende de la amplitud de las vibraciones y por consiguiente de la fuerza de la corriente de aire espirado.

2° El *tono* depende de la longitud, de la tensión y del grueso de las cuerdas vocales. Las cuerdas vocales cortas, tensas y delgadas dan un sonido agudo; las largas, poco tensas y gruesas dan un sonido grave.

3° El *timbre* depende de la forma de la laringe y de las cavidades de resonancia (faringe, boca, fosas nasales, etc.).

La voz se forma de sonidos *inarticulados*.

La *palabra* se forma de sonidos *articulados* : el hombre solo está dotado del lenguaje articulado. Este lenguaje resulta de la asociación de dos géneros de sonidos : las vocales y las consonantes.

PRINCIPALES TIPOS DE ORGANIZACIÓN EN EL REINO ANIMAL

CAPÍTULO XIV

LAS GRANDES DIVISIONES DEL REINO ANIMAL

Clasificación de los animales. — Los animales que existen en la superficie del globo son tan numerosos, que sería imposible estudiar la organización de cada uno por separado. Así es que para tener una idea tan exacta como se pueda de los organismos de los animales, se les agrupa según sus semejanzas, es decir, se hace lo que llamamos una *clasificación*.

Entonces basta elegir un animal de cada grupo y estudiarle para conocer el tipo de organización que caracteriza á este grupo.

He aquí, comenzando por los más sencillos, los diferentes grupos establecidos en el reino animal.

ESPECIE. — Se han incluido en un mismo grupo llamado *especie* todos los animales que son semejantes entre sí. Así, todos los Perros domésticos, desde el perro faldero hasta el dogo, forman una misma especie. Por diferentes que sean estos perros, son tantas sus semejanzas, que cualquiera puede distinguir un Perro de otro animal, de un Gato por ejemplo.

La especie se puede subdividir en *razas* fundándose en las diferencias que existen entre los individuos de una misma especie. Por eso los perros comprenden varias razas. Perdigueros, de aguas, podencos, lebreles, dogos, etc.

GÉNERO. — Las especies que tienen muchas semejanzas entre sí son reunidas en un grupo más vasto llamado *género*. Así, la especie *Perro doméstico*, la especie *Lobo*, la especie *Zorro*, aun-

que distintas, tienen suficientes semejanzas para poderlos comprender en el mismo género.

Para designar un animal es costumbre darle dos nombres : el del género y el de la especie, como se puede ver en los jardines zoológicos ó en las colecciones de los museos. Estos nombres se suelen tomar del latín, por ser ésta una lengua comprendida en todos los países. Así, el Perro doméstico, el Lobo y el Zorro son especies diferentes del mismo género, el género Perro ó *Canis*. En este caso se les designa con los nombres de *Canis familiaris*, *Canis lupus*, *Canis vulpes*. Del mismo modo el Gato, la Pantera, el Tigre, el León, que forman el género *Felis*, se llaman respectivamente : *Felis catus*, *Felis pardus*, *Felis tigris*, *Felis leo*.

Familia, Orden, Clase, Tipo. — Después se han agrupado los géneros más semejantes entre sí en *familia*; las familias afines en *orden*; los órdenes en *clase* y las clases en *tipo*. Los tipos son los grupos más vastos, cuyo conjunto constituye el *reino animal*.

Por consiguiente estará bien definido un animal cuando se conocen sus nombres de especie, género, familia, orden, clase y tipo. Así el Perro doméstico, *Canis* (género) *familiaris* (especie) pertenece á la familia de los Canideos, orden de los Carnívoros, clase de los Mamíferos y tipo de los Vertebrados.

Pero hay que tener en cuenta que estos grupos no tienen existencia real, sino que corresponden á ideas que facilitan la clasificación, y nada más. Por eso dijo Buffon : « La naturaleza no tiene ni clases, ni géneros, sino que sólo comprende individuos : esos géneros y esas clases son obra de nuestra imaginación ».

Antes de estudiar los principales tipos de organización, vamos á indicar los caracteres que han servido para establecer las grandes divisiones del reino animal.

Las grandes divisiones del reino animal. — Geoffroy Saint-Hilaire era partidario de un solo plan de organización. Cuvier, fundándose en investigaciones anatómicas, opinó por la existencia de cuatro planes de organización, de los cuales se tendrá una idea comparando el Hombre (*Vertebrados*), la Avispa (*Articulados*), el Caracol (*Moluscos*) y la Estrella de mar (*Radiados*). Es exacto, efectivamente, que la organización de un gran número de animales

puede ser comprendida en uno de estos cuatro planes de estructura. Esta es la razón por qué ha sido tanto tiempo clásica la división del reino animal en cuatro tipos. Pero; por qué cuatro planes de organización, más bien que una infinidad ó que uno solo? Difícil es la respuesta. Lo único que diremos, es que los naturalistas modernos, fundándose en el estudio de la anatomía y de la embriogenia, admiten ocho tipos, que corresponden cada uno á un tipo de organización particular.

Protozoarios y Metazoarios. — Podemos establecer, como ya hemos visto, dos categorías de animales : 1º los que están formados de una sola célula y que llamamos *Protozoarios*, que son los animales más simples; 2º los formados de una aglomeración de células y cuya organización se va complicando desde la Esponja hasta el Hombre, que son los *Metazoarios*.

Organismos ramificados y organismos segmentados. — Los Metazoarios pueden dividirse en dos grandes grupos : 1º los *ramificados* como plantas y que tienen generalmente una *simetría radiada*, es decir que sus órganos están colocados al rededor



Fig. 268. — Una rama de Coral.

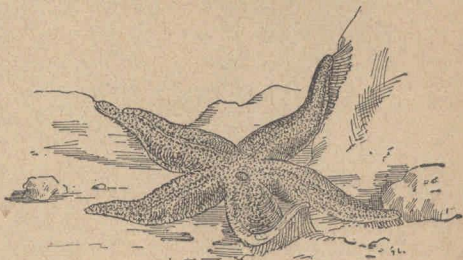


Fig. 269. — Estrella de mar.

de un centro; ejemplo; el Coral (fig. 268), la Estrella de mar (fig. 269); 2º los que tienen el cuerpo formado de *segmentos* pegados unos á otros y que presentan dos mitades simétricas, una derecha y una izquierda, por lo cual se dice que tienen una *simetría bilateral*; ejemplos : la Lombriz (fig. 270), el Insecto, el Hombre.

Los animales ramificados forman tres tipos : las *Eponjas*, los *Celentéreos* ó *Pólipos* y los *Equinodermos*.

1º Las *Eponjas* son animales pegados al suelo, que tienen la forma de un saco, cuya parte interior está tapizada de células con pestañas vibrátiles; su cuerpo está sostenido por materia calcárea, córnea ó silícea.

2º Los *Celentéreos* ó *Pólipos* tienen el cuerpo compuesto de un

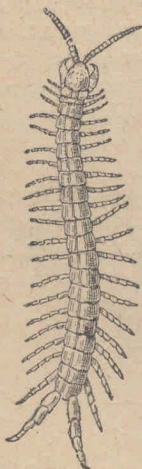


Fig. 270. — Escolopendra.

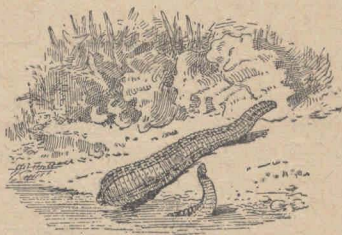


Fig. 271. — Sanguijuela.



Fig. 272. — Caracol.

simple saco que forma el aparato digestivo y que comunica con el exterior por un solo orificio, que sirve de boca y de ano á la vez. Estos animales pueden fijarse y ramificarse como vegetales. Ejemplo : Coral.

3º Los *Equinodermos* tienen el cuerpo erizado de púas. Tienen simetría bien radiada y las paredes del tubo digestivo son distintas de las del cuerpo, que tiene generalmente muchas placas calcáreas que forman un sólido aparato de protección. Ejemplos : Erizo de mar, Estrella de mar.

Los animales segmentados forman cuatro tipos : los *Artrópodos*, las *Lombrices*, los *Moluscos* y los *Vertebrados*.

1º Los *Artrópodos* tienen el cuerpo formado de segmentos pegados unos á otros y con patas articuladas, es decir formadas de partes que pueden moverse unas sobre otras. Generalmente tienen el cuerpo protegido por una cubierta resistente. Ejemplos : Escarabajo, Araña, Escolopendra ó Ciempiés, Cangrejo.

2º Las *Lombrices* tienen también el cuerpo formado de segmentos como los *Artrópodos*, pero carecen de miembros articulados. Ejemplos : Sanguijuela (fig. 271), Lombríz de tierra.

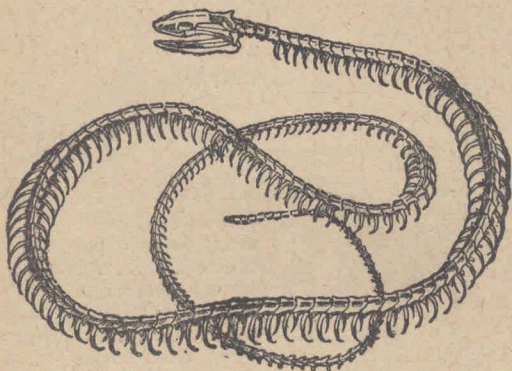


Fig. 273. — Esqueleto de serpiente

3º Los *Moluscos* son animales de cuerpo blando, protegido generalmente por una concha calcárea cuya forma es variable. Ejemplos : Caracol (fig. 272), Ostra, Pulpo.

4º Los *Vertebrados* tienen un esqueleto óseo interno cuyo eje sólido, la columna vertebral, está formado de segmentos ó vértebras. Ejemplos : Hombre, Ave, Serpiente (fig. 273), Rana, Pez.

En resumen, el reino animal comprende ocho tipos principales, que son, yendo del más sencillo al más complicado : los Protozoarios, las Esponjas, los Celentéreos, los Equinodermos, los *Artrópodos*, las *Lombrices*, los *Moluscos* y los *Vertebrados*.

Los siete primeros comprenden animales que no tienen esque-

leto óseo, ni vértebras; por esta razón se les designa generalmente con el nombre de *Invertebrados*.

Hasta aquí no hemos hecho más que indicar los caracteres más aparentes que permiten distinguir los tipos principales; ahora vamos á describir los principales modelos de organización, haciendo ver cómo se complican progresivamente desde los Protozoarios hasta los Vertebrados, y cómo pueden modificarse adaptándose al medio en que viven. En este primer capítulo vamos á estudiar los principales modelos de *Invertebrados*, que son muy diferentes unos de otros, y en el siguiente trataremos de los *Vertebrados*, que forman un grupo más homogéneo.

RESUMEN

Para estudiar los animales se les *clasifica* según sus semejanzas. El cuadro siguiente resume los caracteres de los principales grupos.

Animales formados de una sola célula.		Protozoarios.	
Animales formados de varias células (Meta-zoarios).	ramificados, simetría radiada.	1. Cuerpo en forma de saco, peludo por dentro	Esponjas.
		2. Cuerpo en forma de saco, tubo digestivo no distinto	Celentéreos.
		3. Cuerpo cubierto de púas, tubo digestivo distinto.	Equinodermos.
	segmentados, simetría bilateral.	1. Patas articuladas, envoltura resistente	Artrópodos.
		2. Sin patas articuladas.	Lombrices.
		3. Cuerpo blando, una concha calcárea.	Moluscos.
		4. Esqueleto óseo interno, vértebras	Vertebrados.

CAPÍTULO XV

PRINCIPALES TIPOS DE ORGANIZACIÓN DE LOS INVERTEBRADOS. — SU PERFECCIONAMIENTO PROGRESIVO

1º Protozoarios.

Estructura de los Protozoarios. — Los Protozoarios son los más sencillos de todos los animales, puesto que están formados de una sola célula. Son también los más pequeños, tanto que algunos no pueden ser vistos sino con microscopio.

El Protozoario no tiene órganos, puesto que está formado de una sola célula; esto no obstante se *nutre*, se *mueve* y es *sensible*.

Tomemos como ejemplo el *Amibio* (fig. 274), uno de los Protozoarios más sencillos, puesto que se reduce á una masa de protoplasma, que contiene un núcleo y una ó más cavidades ó *vacuolas* llenas de un líquido claro. Como esta célula no tiene membrana, cambia de forma á cada instante, y desarrolla prolongaciones protoplásmicas que pueden estirarse ó encogerse para tomar partículas alimenticias que

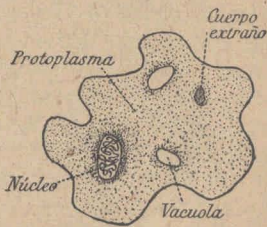


Fig. 274. — Un Amibio.

luego son conglobadas en el protoplasma. Al rededor de un cuerpo extraño incorporado en el Amibio se ve formarse una vacuola, en la cual se acumula un jugo digestivo que tiene una reacción ácida que obra como una *diástasa* para digerir la parte asimilable de ese cuerpo extraño. En este caso se efectúa una digestión.

Además, los movimientos del protoplasma permiten á cada parte

de la célula ponerse en contacto con el medio exterior, facilitando así los cambios nutritivos y particularmente la respiración.

En fin, los Protozoarios se mueven activamente, ya por sus prolongaciones protoplásmicas, ya por los pelos vibrátiles que cubren á los más perfeccionados. Son sensibles á la luz, al calor, á la electricidad, etc. Unos buscan la luz, otras la temen. Luego en esto se ve que hay una sensibilidad, grosera evidentemente, que no es otra cosa que una propiedad general del protoplasma, pero que se afinará en las células nerviosas de los animales superiores.

Luego los Protozoarios desempeñan todas las funciones de los animales superiores, sólo que lo hacen de una manera grosera. En una palabra, estos animales nos muestran todo lo que la naturaleza puede hacer con una célula.

Las principales formas de Protozoarios. — Los Protozoarios, á pesar de estar formados de una sola célula, tienen diferentes formas. Los podemos comprender en dos grupos : 1º Los que carecen de membrana y se deforman por expansiones protoplásmicas : tales son los *Rizópodos*; 2º los que tienen una membrana provistos generalmente de pelos vibrátiles : tales son los *Infusorios*.

1º RIZÓPODOS. — Las principales formas son : los *Amibios* (fig. 274), que se encuentran en el cieno, y son los Protozoarios más sencillos, hasta el punto de que son difíciles de distinguir de los hongos inferiores; los *Foraminíferos*, que tienen un carapacho calcáreo, generalmente agujereado para dejar pasar las prolongaciones protoplásmicas; la acumulación de sus carapachos forman el cieno del fondo de los mares, contribuyendo á la formación de la greda; los *Radiolarios*, que tienen un carapacho silíceo generalmente bonito y cubierto de púas dispuestas según ciertas leyes geométricas.

2º INFUSORIOS. — Estos deben su nombre á que se les encuentra en abundancia en las *infusiones* de plantas. Para verlos no hay más que tomar una gota de agua en la que se haya dejado macerar unos días plantas verdes ó heno. Mirando con un microscopio se pueden descubrir en esa gota de agua muchos infusorios, cuyos movimientos sepueden observar. Vistos con una lente de mucho

aumento, se ve que su membrana (fig. 275) está provista de muchas pestañas vibrátiles que baten constantemente el agua y les sirven, tanto para nadar como para arremolinar el agua y atraer así las materias alimenticias. En la superficie de la membrana existe á veces una depresión que forma una especie de boca por donde penetran los alimentos al interior del protoplasma para ser digeridos.



Fig. 275. — Infusorio, aumentado unas 200 veces.



Fig. 276. — Paramecia.

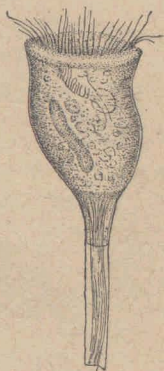


Fig. 277. — Vorticela.

Ciertos Infusorios, como la *Paramecia* (fig. 276) viven libres; otros, como la *Vorticela* (fig. 277), están fijos por un pie á las plantas acuáticas que se desarrollan en los mares; en fin, hay otros que viven como parásitos en los tejidos de los animales superiores: tales son los *Hematozoarios*, que se encuentran en los glóbulos rojos de la sangre del Hombre enfermo de fiebres palúdicas.

También puede suceder que ciertos Protozoarios se asocien y formen una especie de colonia. En esa asociación, cada Protozoario, y por consiguiente cada célula, conserva su individualidad y sigue ejerciendo por separado todas las funciones de la vida, mientras que en la colonia de células que forma los Metazoarios que vamos á estudiar, la división del trabajo entraña una especia-

lización de las funciones y por consiguiente una diferenciación en las células.

2º Esponjas.

Organización de las Esponjas. — Las esponjas viven en el mar y en las aguas dulces. Las más simples tienen la forma de una urna fija por su base y cuyas paredes están llenas de agujeros que ponen en comunicación la cavidad central con el exterior (fig. 279). De estos orificios, unos son pequeños, esos son los



Fig. 278. — Esponja calcárea.

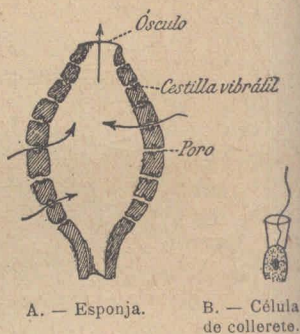


Fig. 279. — Sección de una Esponja.

poros, por donde penetra el agua; otros, menos numerosos, pero más anchos, sirven para la salida del agua, esos son los *ósculos*.

La cavidad de la Esponja está tapizada de células epiteliales, provistas de un rabillo que se mueve en la parte interior de una especie de collarete. Estas *células de collarete* se encuentran también en la hinchazón que presentan los poros, formando lo que se llama *cestillas vibrátiles*. Estas células son los órganos activos de la Esponja, pues con los batimientos de sus latiguillos producen una corriente de agua continua que trae los alimentos y asegura la respiración.

El tejido de la Esponja es blando, pero está sostenido por cuer-

pos duros llamados *espículas*; las cuales son calcáreas ó silíceas, de formas muy diferentes.

Las Esponjas carecen de sistema nervioso, pero se suele encontrar cerca de las cestillas vibrátiles células que presentan varias prolongaciones que se pueden considerar como esbozos de células nerviosas.

La Esponja no permanece generalmente sencilla como la que hemos representado; sino que brota al rededor otras Esponjas, que á su vez harán lo mismo. De este modo se tendrá una colonia de Esponjas sencillas, cuyas cavidades se comunicarán unas con otras, y cuyo conjunto tendrá el aspecto de una masa lagunosa de contornos irregulares, llegando á veces á grandes dimensiones.

Las principales formas de Esponjas. — Las podemos comprender en tres grupos según la naturaleza de sus *espículas*.

1º Las ESPONJAS CALCÁREAS, cuya forma permanece simple, como la que hemos descrito; 2º Las ESPONJAS SILÍCEAS, cuyas espículas silíceas forman una red delicada; éstas viven en las grandes profundidades del mar; 3º Las ESPONJAS CÓRNEAS, que tienen fibras de espongina, materia elástica y suave: tales son las Esponjas de tocador.

3º Celentéreos.

Organización de los Celentéreos. — El carácter de estos animales consiste en que su cuerpo se compone de un simple saco en comunicación con el exterior por un solo orificio, que sirve á la vez de boca y ano.

Tomemos como ejemplo la *Hidra de agua dulce* (fig. 280), que es un animalito blando, que tiene unos cuantos milímetros de dimensión y vive en los estanques, fijo en las plantas acuáticas, donde se le puede coger en todo tiempo. Su forma es algo así como la de un cucurrucho, provisto en su extremidad inferior de una ventosa que le

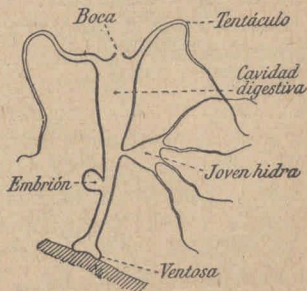


Fig. 280. — Hidra de agua dulce (sección longitudinal, aumentada unas 10 veces).

sirve para fijarse, y en su extremidad opuesta, de una boca rodeada de brazos ó *tentáculo* (6 á 18). La cavidad digestiva penetra en lo íntimo de los tentáculos y sirve para digerir los alimentos, así como para la circulación de los líquidos alimenticios.

La pared de los cuerpos de estos animales se compone de tres capas de células, de las cuales la más externa contiene células que utiliza el animal para su defensa. Estas células contienen un filamento arrollado en espiral (fig. 281), el cual puede desarrollarse al menor choque recibido por una prolongación táctil que tienen



Fig. 281. — Células urticantes.

estas células. Por eso, cuando se toca un Celentéreo, el filamento penetra en la piel como una flecha y produce una picadura ardiente análoga á la que causa una Ortiga; de ahí que estos elementos hayan recibido el nombre de *células urticantes*. Y en efecto, estas células contienen un veneno que, inyectado en un Pichón, le inmoviliza y le causa profunda soñolencia y aun la muerte si la dosis de veneno ha sido fuerte. Los tentáculos armados de estas células urticantes son como sedales vivos que lanzan ellos mismos los anzuelos venenosos al animal que pasa rozándoles y le inmovilizan así. En seguida la Hidra enrolla su tentáculo al rededor de la víctima y la lleva á la boca.

Los tejidos de la Hidra son tan poco diferentes, que se puede volver al animal como un dedo de guante sin matarle. La Hidra digiere con lo que al principio era la piel, convertida después en pared de la cavidad digestiva.

Si la Hidra está bien nutrida, produce yemas que dan otras Hidras, las cuales se desarrollan en la madre como las ramas en un árbol, y cuyas cavidades digestivas quedarán en comunicación con la de la madre para que vivan del alimento común. Este pimpollo de Hidras que viven asociadas, forma lo que se llama una *colonia*. Generalmente las Hidras nuevas se desprenden y van á fijarse más lejos. Pero en muchos Celentéreos marinos, como los Corales por ejemplo, la colonia persiste y se complica más y más. Entonces se fabrica un esqueleto calcáreo que la consolida, el cual se cubre de una capa carnosa, recorrida por canales que ponen en

comunicación á unos individuos con otros, de tal manera que la presa hecha y digerida por un individuo puede aprovechar á toda la colonia.

Las principales formas de Celentéreos. — Las podemos incluir en dos grandes grupos: las que son *fijas* como la Hidra, y las que son *libres* como la Medusa.

1º CELENTÉREOS FIJOS. — Viven aislados, como la Hidra, ó en colonia, como el Coral (fig. 282).



Fig. 282. — Una rama de Coral.

El Coral, como, la Actinia ó Anémone de mar (fig. 283), tiene también una boca rodeada de tentáculos; pero la cavidad digestiva posee celdas separadas por tabiques radiados y dispuestos con regularidad (fig. 284). Cuando estos animales están extendidos se parecen á flores abiertas; sólo que son flores que comen, pues tragan fácilmente en su cavidad digestiva Cangrejos y Moluscos.

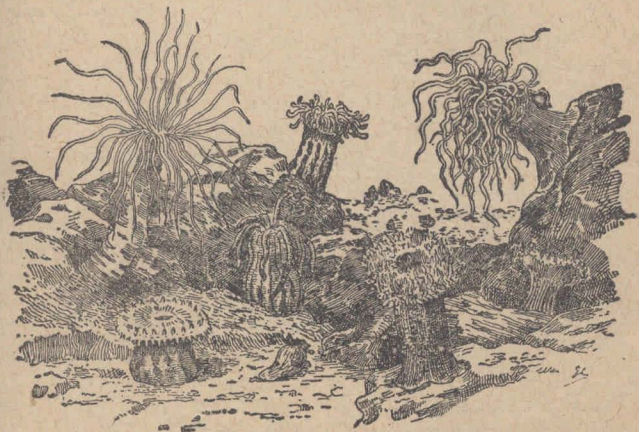


Fig. 283. — Diversas formas de Actinias.

2º CELENTÉREOS LIBRES. — Muchos Celentéreos flotan libremente

en el agua. Ciertos animales marinos afines de la Hidra brotan organismos nuevos, radiados y semejantes á flores, que se des-

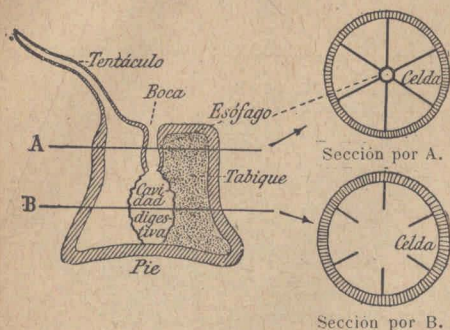


Fig. 284. — Actinia.

prenden cuando están desarrollados y se van á nadar libremente : tales son las *Medusas*. Una Medusa (fig. 285) tiene la forma de una campana transparente ó *umbela*, en cuyo centro está pendiente un badajo ó *manubrio* que contiene la boca. De la cavidad digestiva salen canales radiantes, reunidos en el borde

de la campana por un canal circular. La abertura de la campana está formada en parte por una especie de diafragma ó *velo*. La Medusa se mueve por ondulaciones de la umbela.

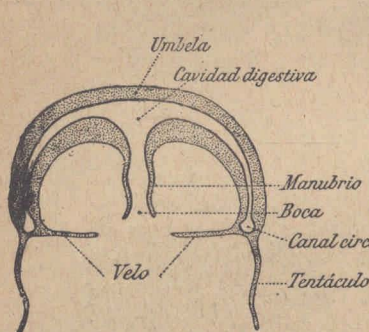


Fig. 285. — Sección de una Medusa.

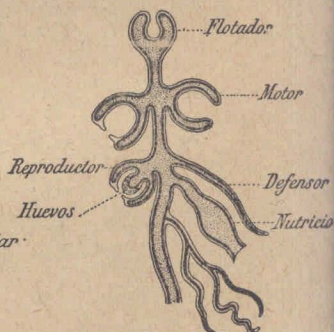


Fig. 236. — Una colonia de Celentéreos (Sifonóforos).

Las Medusas, así como las Hidras, pueden también permanecer asociadas y formar colonias flotantes (fig. 286). En esta colonia los individuos son á veces semejantes entre sí; pero lo más frecuente es que la división del trabajo fisiológico produzca diferen-

cias en estos individuos. Cada uno se vuelve especialista para hacer un trabajo particular. Unos están reducidos á simples bolsas con misión de hacer mover la colonia, éstos son los *motores*; otros tienen una cavidad digestiva bien desarrollada, estos son los *nutricios*, otros, en fin, producen huevos, éstos son los *reproductores*; finalmente, hay otros reducidos al estado de filamentos, que tienen baterías de células urticantes, cuya misión es pescar presas, estos son los *pescadores* y *defensores* de la colonia. Hay que añadir que á veces la umbela del individuo primitivo, de cuyo tronco han brotado las otras Medusas, está muy desarrollada y forma una especie de *flotador*.

En suma, esta colonia es como una sociedad cooperativa, en la que cada individuo se aprovecha del trabajo de los demás; y nos da idea de un solo organismo hecho de la suma de todos los individuos que componen la colonia, y por consiguiente nos hace comprender la constitución de un animal superior, que, como dice Claudio Bernard, « es una federación de seres elementales obrando cada uno por su propia cuenta. »

Los Celentéreos, al asociarse, suben un grado en la serie animal.

4º Equinodermos.

Organización de los Equinodermos. — Los Equinodermos son animales que tienen una estructura radiada y cuyo cuerpo está protegido por una envoltura calcárea erizada de *púas* móviles.

El rasgo más característico de su organización, es que tienen un *tubo digestivo distinto de la pared del cuerpo*, es decir separado de ésta por una cavidad que no existe en los Celentéreos. Abierto en las dos extremidades por la boca y el anus, este tubo digestivo flota en la cavidad general, como flota el intestino en la cavidad abdominal del Hombre.

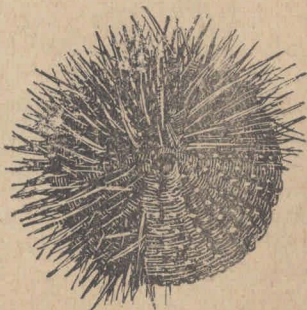


Fig. 287. — Erizo de mar.

Tomemos como ejemplo el *Erizo de mar* (fig. 287) que es fácil recoger á orillas del mar cuando baja la marea. Después de arrancarle las púas, se ve que el carapacho está formado de gran número de piezas calcáreas, soldadas y dispuestas con regularidad en 10 husos (fig. 288), cinco de los cuales están llenos de agujeros para dar paso á tubos membranosos ó *ambulativos*, llamados así porque sirven para la locomoción. Cuando el animal quiere ir en

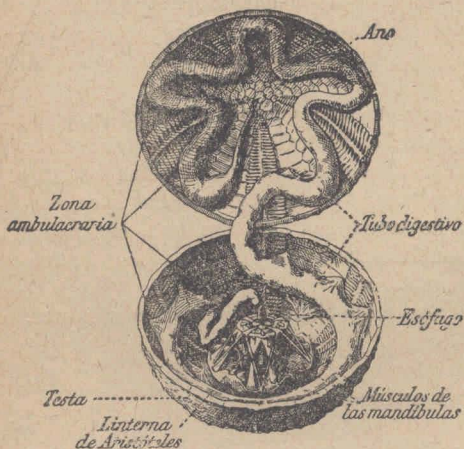


Fig. 288. — Erizo de mar abierto por la mitad.

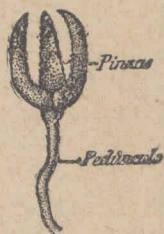


Fig. 289. — Pedicilario.



Fig. 290. — Linterna de Aristóteles.

cierta dirección, los alarga en esa dirección, los fija en la roca y les hace funcionar como ventosas, pudiendo así andar.

Al rededor de la boca tienen pinzas de dos ó tres brazos, los *pedicilares* (fig. 289), que son órganos de prensión.

La boca ocupa el centro de la cara inferior del Erizo, y tiene cinco dientes sostenidos por 5 pirámides óseas, cuyo conjunto se llama *linterna de Aristóteles* (fig. 290). El tubo digestivo, después de describir dos vueltas de espiral en sentido inverso uno de otro, va á terminar en el ano, que está en la parte superior del animal.

En estos animales no hay todavía *aparato circulatorio* bien constituido : los órganos están sumidos en un líquido contenido en la cavidad general del cuerpo, y que puede compararse á la sangre.

Pero existe un conjunto de vasos que comunican por un orificio con el exterior y contienen agua. Este aparato comprende un anillo que descansa sobre la linterna de Aristóteles, de donde salen 5 canales que distribuyen agua a los ambulativos.

El aparato respiratorio está representado por branquias muy rudimentarias.

El sistema nervioso está compuesto de células y fibras nerviosas que forman al rededor de la boca una especie de pentágono (fig. 291), de donde arrancan 5 cordones nerviosos radiados que van a distribuir nervios a los diversos órganos.

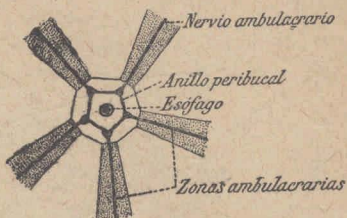


Fig. 291. — Sistema nervioso de un Equinodermo (Erizo de mar).

Las principales formas de Equinodermos. — Las formas de los Equinodermos son muy variadas, sobre todo si se tiene en cuenta los Equinodermos que vivieron en épocas geológicas. Los podemos reducir a cinco grupos.

1º Los CRINOIDES, que tienen el cuerpo globuloso y sostenido por un largo pedúnculo calcáreo fijo en el fondo del mar. Al rededor de la boca tienen largos brazos articulados y ramificados. Uno de los Crinoides, la Comátula, está fijo durante la tierna edad (fig. 292); después se rompe el pedúnculo y la Comátula vuelve a la vida libre.

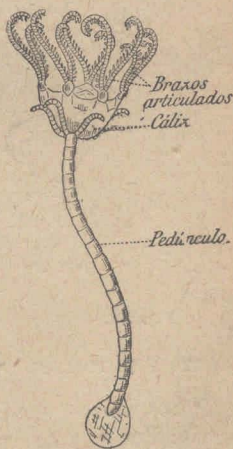


Fig. 292. — Comátula joven

2º Las HOLOTURIAS, que tienen el cuerpo prolongado y casi cilíndrico. Su piel no está cubierta de carapacho calcáreo, sino simplemente incrustada de corpúsculos calcáreos. La boca está rodeada de una corona de tentáculos retráctiles y ramificados.

3º Las ESTRELLAS DE MAR (fig. 293), que están formadas de una parte central, de donde salen brazos, cada uno de los cuales puede

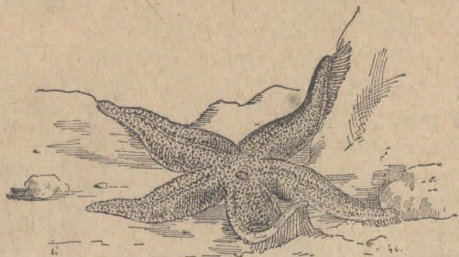


Fig. 293. — Estrella de mar.

ser considerado como un individuo completo, porque contiene un divertículo del tubo digestivo, ambulacros, un sistema nervioso, órganos reproductores, etc. La individualidad del brazo se corro-

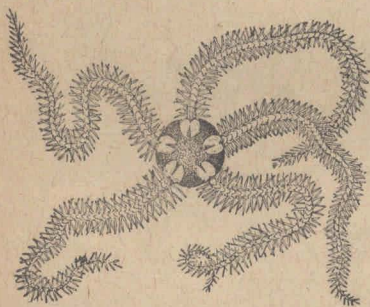


Fig. 294. — Ofiuro quebradizo.

bora con el hecho de que si este brazo se rompe, se produce otro por una especie de brote. Luego se podría considerar la Estrella de mar como una colonia compuesta de individuos agrupados en un sentido radiante.

4º Los OFIUROS (fig. 294) cuyos órganos están reunidos en un disco central. Sus brazos no contienen ningún

órgano y se rompen con gran facilidad.

5º Los ERIZOS, que forman el tipo Equinodermo mejor caracterizado. Por esta razón le hemos tomado como ejemplo. Ciertos Erizos, como los Epatangos, tienen una simetría bilateral que comienza á esbozarse.

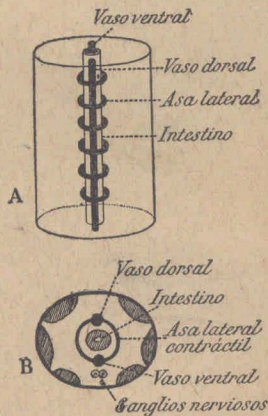
5º Lombrices.

Organización de las lombrices. — Los Lombrices son animales blandos de simetría bilateral, desprovistos de miembros articulados, y cuyo cuerpo está formado de *anillos* semejantes unidos unos á otros.

Ya consideremos una lombriz de tierra, ya una lombriz de mar, es fácil ver exteriormente su segmentación en anillos, la cual existe interiormente, porque cada anillo es como un compartimiento donde se hallan los mismos órganos distribuidos de la misma manera. Luego cada anillo es un individuo que posee todos los órganos necesarios para su existencia. De aquí resulta que la lombriz es una colonia de individuos colocados en serie lineal. Solos los anillos extremos sufren modificaciones especiales: el anillo anterior se convierte en cabeza, que contiene los órganos de



Fig. 295. — Tubo digestivo de una Sanguijuela.



Sección transversal de una Lombr

Fig. 296. — Aparato circulatorio de un Lombriz.

los sentidos y la boca; el último presenta el ano. Por el contrario, los anillos intermedios permanecen todos semejantes. Luego no es extraño ver que si se corta una lombriz en dos, cada parte sigue

viviendo, y se forma una cola en la parte que tiene la cabeza, y una cabeza en la parte que tiene la cola.

El *tubo digestivo* se extiende de un extremo al otro del cuerpo,

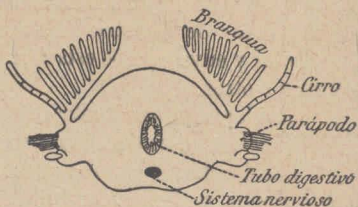


Fig. 297. — Sección transversal de una Lombriz de mar.



Fig. 298. — Arenicola de los pescadores.

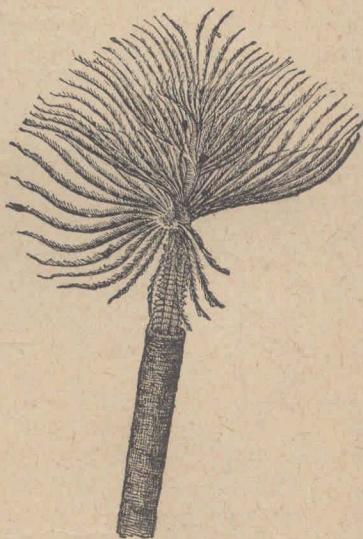


Fig. 299. — Lombriz tubicola (Espirógrafo).

de la boca al ano. A veces, como sucede en la Sanguijuela (fig. 295), está segmentado en cierto número de hinchazones.

El *aparato circulatorio* (fig. 296) es completamente cerrado. Se compone de dos vasos longitudinales, uno *dorsal* y el otro *ven-*

tral, reunidos en cada anillo por *asas laterales*, que rodean el tubo digestivo. No existe corazón, pero los vasos son contráctile y aseguran la circulación de la sangre, que es roja.

La *respiración*, en la Lombriz de tierra, se verifica á través de la piel, que para eso debe estar húmeda; así es que en el aire seco, la piel se seca, el animal no puede respirar y muere. En las Lombrices de mar, la respiración se efectúa por medio de branquias (fig. 297); que son simples excrescencias de los tegumentos: estas branquias son por lo general arborescentes y forman elegantes penachos. Unas veces se hallan en la región media del cuerpo, como en la Arenícola de los pecadores (fig. 298); otras veces las branquias están en la cabeza, como en las Lombrices tubícolas, que viven encerradas en un tubo, con la cabeza sola afuera.

El *aparato eliminador* es el que indica mejor la segmentación del cuerpo. Cada anillo, en efecto, contiene dos organitos, llamados *órganos segmentarios* y también *nefridios*, porque desempe-

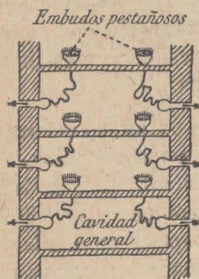


Fig. 300. — Órganos segmentarios de una Lombriz.

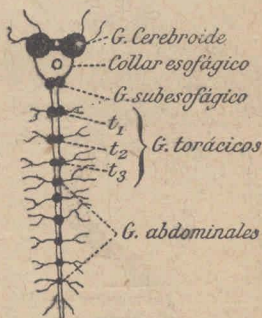


Fig. 301. — Sistema nervioso de una Lombriz (Sérpula).

ñan un papel análogo al de los riñones en el Hombre. Cada nefridio se compone de un embudo pestañoso (fig. 300) que se abre en la cavidad general y se prolonga por un tubo enroscado que va á desembocar al exterior. Estos órganos sirven para eliminar los residuos inútiles que existen en la cavidad general.

El *sistema nervioso* (fig. 301) está formado de una doble cadena ganglionar, cuyas mitades están más ó menos separadas. En cada

anillo existe un par de ganglios unidos por un cordón nervioso transversal ó *comisura*; y los ganglios de dos anillos sucesivos están unidos por un cordón nervioso longitudinal ó *conectivo*. Los dos primeros ganglios ó *ganglios cerebroideos* están situados encima del tubo digestivo, mientras que los otros están debajo. De aquí resulta que los ganglios cerebroideos están ligados á la *cadena ventral* por un collar nervioso, llamado *collar esofágico*.

Principales formas de Lombrices. — Estas pueden ser comprendidas en dos grupos: 1º los *Anélidos*, que viven en libertad como la Lombriz de tierra y las de mar; 2º las *Lombrices parásitas*, que viven en los órganos del hombre, ó de los animales.

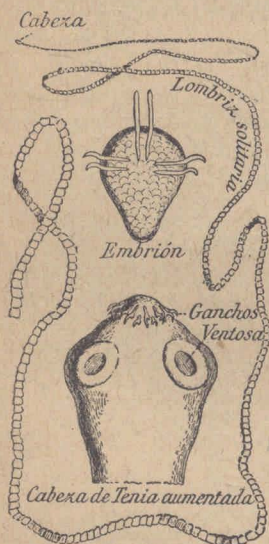


Fig. 302. — Tenia ó Lombriz solitaria.

1º LOS ANÉLIDOS tienen generalmente en cada anillo muñones carnosos, ó *parapodos*, que sirven de pie (fig. 297) y están cubiertos de vello. Otros, como las Sanguijuelas, no tienen vello, pero están provistos de ventosas.

2º LAS LOMBRICES PARÁSITAS tienen su organización simplificada por la vida parasitaria. Así, en la Tenia ó Lombriz solitaria (fig. 302), que tiene el aspecto de una larga cinta plana, formada de numerosos anillos, se ve que los órganos de locomoción están reemplazados por órganos de fijación, tales como ganchos ó ventosas, mediante los cuales se fija en

las paredes del intestino. Además, falta por completo el aparato digestivo, porque la Tenia, como vive en un medio nutritivo, su nutrición se efectúa por simple ósmosis á través de las paredes del cuerpo. En fin, esta Lombriz no tiene aparato circulatorio ni respiratorio y su sistema nervioso se reduce á los dos ganglios cerebroideos y á dos nervios laterales que salen de ellos. Este es

un excelente ejemplo de degradación orgánica producida por el parasitismo.

6º Artrópodos

Organización de los Artrópodos. — Su cuerpo está formado de anillos como el de las Lombrices, pero cada anillo tiene un par de apéndices articulados, es decir formados de varias piezas móviles unas sobre otras.

Tomemos como ejemplo un Insecto (fig. 303). Su cuerpo presenta tres regiones distintas : la *cabeza*, el *tórax* y el *abdomen*.

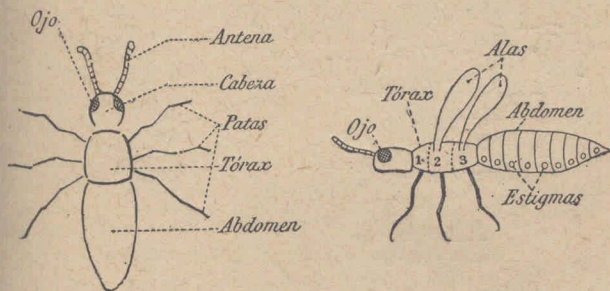


Fig. 303. — Esquema de un Insecto.

1º La *cabeza* está formada de varios anillos soldados, siendo difícil distinguir los unos de los otros. Encima de la cabeza hay una serie de apéndices indicando la segmentación : tales son las antenas y las diferentes piezas de la boca (mandíbulas, quijadas, labio inferior).

2º El *tórax* está formado de tres anillos soldados entre sí, pero distintos, y provisto cada uno de un par de patas articuladas, en tanto que los dos últimos llevan un par de alas.

3º El *abdomen* carece de apéndices, pero está formado de nueve anillos distintos y móviles.

El *aparato digestivo* comienza por un aparato bucal que varía con el régimen del animal, y está formado de apéndices adecuados para la masticación. Los Insectos *trituradores* (Hanetón) tienen las mandíbulas y las quijadas provistas de dientes (fig. 304); los insectos *lamedores* (Abeja) tienen el labio inferior y las quijadas

nrolongadas formando una especie de lengua (fig. 305); los insectos



Fig. 304. — Apéndices de la boca de un Insecto triturador.

chupadores (Mariposa) tienen una trompa larga para chupar el

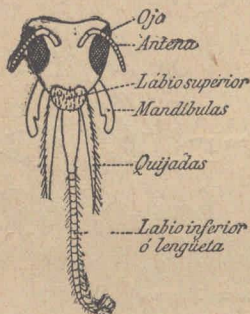


Fig. 305. — Apéndices de la boca de un Insecto lamedor.

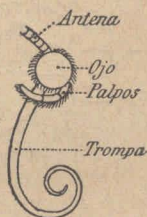


Fig. 306. — Apéndices de la boca de un Insecto chupador.

néctar de las flores (fig. 306); en fin, los insectos *picadores* (Mos-



A. — Conjunto.



B. — Sección transversal.

Fig. 307. — Piezas de la boca de un Insecto picador.

quitos) tienen las quijadas y las mandíbulas transformadas en estiletes que encajan en una especie de estuche y les permiten perfo-

rar la piel del hombre ó de los animales y aspirar su sangre (fig. 307).



Fig. 308. — Tubo digestivo de un Insecto (Haneton).



Fig. 309. — Vaso dorsal de un Insecto.

El tubo digestivo (fig. 308) no tiene segmentación; comprende el esófago y varias hinchazones (buche, á veces molleja, ventriculo quilífico que es el verdadero estómago). Al nivel del estómago y del intestino se hallan largos tubos, los *tubos de Malpighi*, que son los órganos urinarios.

El aparato circulatorio es muy simple: está reducido á un solo vaso dorsal abierto por sus dos extremidades y formado de ocho celditas separadas por válvulas, cuya disposición permite á la sangre circular de atrás hacia adelante (fig. 309). Al contraerse de atrás hacia adelante, el vaso dorsal empuja la sangre á la cavidad general; después, una vez que la sangre ha bañado los órganos, vuelve al vaso dorsal por los orificios laterales colocados en la base de las celditas.



Fig. 310. — Tráquea de un Insecto.

El aparato respiratorio está formado de tubos llamados *tráqueas* (fig. 310), que se ramifican por todos los órganos y se abren

al exterior por orificios llamados *estigmas*, colocados á los lados de cada anillo del abdomen (fig. 303). Estos tubos se mantienen abiertos por un filamento quitinoso que se enrolla en espiral al rededor de ellos.

El *sistema nervioso*, sobre todo el de la larva, es muy parecido al de las Lombrices. Entonces comprende (fig. 311) dos ganglios cerebroideos ligados por un collar esofágico á la cadena ganglional ventral, que presenta dos ganglios por anillo. Pero en el adulto

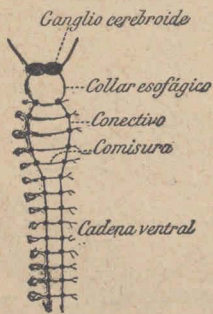


Fig. 311. — Sistema nervioso de un Insecto (Cortapicos) en estado de larva, semejante al de una Lombriz.

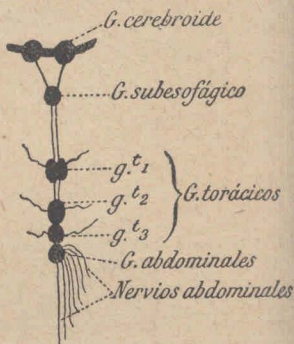


Fig. 312. — Sistema nervioso de un Insecto (Hanetón).

(fig. 312) se verifica una concentración del sistema nervioso, es decir, los ganglios se juntan y se sueldan. En el Hanetón, por ejemplo, todos los ganglios abdominales se sueldan en una sola masa.

Principales formas de Artrópodos. — Están comprendidos en cuatro grupos : los *Crustáceos*, adaptados á la vida acuática; los *Miriápodos*, los *Arácnidos* y los *Insectos*, cuyo organismo está en relación con la vida aérea. Así es que los primeros respiran por *branquias* y los tres últimos por *tráqueas*.

1º Los *CRUSTÁCEOS* tienen un carapacho calcáreo, y la mayor parte tienen la cabeza soldada al tórax; solo su abdomen está bien segmentado. Si tomamos el Cangrejo como ejemplo (fig. 313), podemos saber cuántos anillos tiene contando el número de apén-

dice, puesto que cada anillo contiene un par de apéndices. Así podemos contar 21 pares, de los cuales 14 se hallan en la cabeza y el tórax y 7 en el abdomen. Yendo de la cabeza á la cola, hallamós : 1 par de ojos, 2 pares de antenas, 6 pares de piezas bucales, 5 pares de patas locomotoras, 6 pares de patas natatorias y 1 par de apéndices planos que constituyen las aletas.



Fig. 313. — Cangrejo.

El aparato circulatorio (fig. 314) no posee más que una bolsa, que es un verdadero corazón, de donde salen numerosas arterias

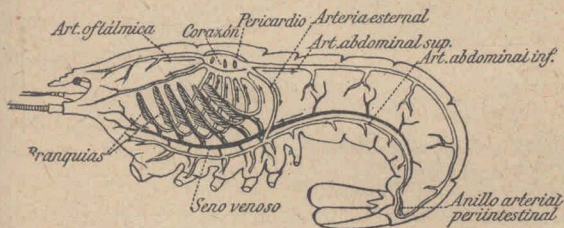


Fig. 314. — Sección transversal de un Crustáceo (Cangrejo).

que van á los órganos y luego se abren en lagunas. De allí, la sangre se reúne después en un seno ventral (seno venoso) para ir á las branquias y por fin volver al corazón.

La respiración se verifica por medio de banquias (fig. 314 y 315) sujetas á la base de las patas y protegidas por una prolongación del carapacho.

El sistema nervioso está más ó menos condensado según que el cuerpo del Crustáceo es largo como el del Cangrejo (fig. 316), ó globuloso como el del Cámbaro (fig. 317).

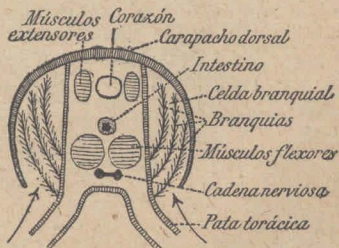


Fig. 315. — Aparato circulatorio de un Crustáceo (Cangrejo).

2° LOS MIRIÁPODOS (fig. 270) están claramente segmentados en toda la longitud del cuerpo. El número de sus patas puede pasar de 150 pares.

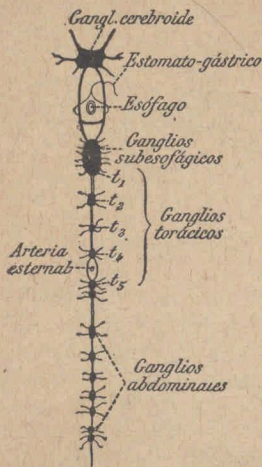


Fig. 316. — Sistema nervioso de un Crustáceo (Cangrejo).

3° LOS ARÁCNIDOS (fig. 318) tienen 4 pares de patas y la cabeza está soldada al tórax, como en los Crustáceos.

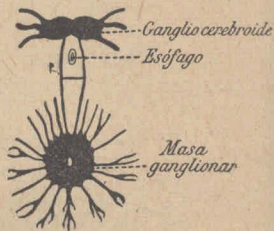


Fig. 317. — Sistema nervioso de un Crustáceo (Cámbaro).

4° LOS INSECTOS tienen 3 pares de patas y su cuerpo está dividido en tres regiones.



Fig. 318. — Una Araña.

En resumen, los Artrópodos tienen una organización más perfeccionada que la de las Lombrices. Los anillos son más distintos, á propósito para desempeñar diversas necesidades. Además, la segmentación, visible exteriormente, no es más que superficial, ni interesa los órganos internos de manera sensible. La individualidad del anillo tiende á desaparecer casi por completo.

7° Moluscos.

Organización de los Moluscos. —

Los Moluscos son animales blandos, cuyo cuerpo no segmentado está protegido generalmente por una concha calcárea.

Tomemos como ejemplo el Caracol (fig. 319) cuyo cuerpo está cubierto por una concha calcárea arrollada en espiral. Cuando se arrastra por el suelo, presenta tres regiones: 1° la *cabeza*, que tiene cuatro tentáculos, los dos grandes terminados por los ojos, y los dos pequeños sirven para el tacto; 2° el *pie*, que es una parte musculosa, mediante la cual el animal puede arrastrarse; 3° la masa de las *visceras* que está situada en la concha.

El *tubo digestivo* está encorvado en forma de U. Dentro de la boca se halla una lengua que tiene numerosos dientes córneos.

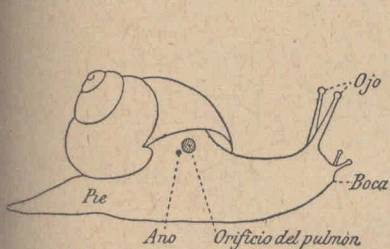


Fig. 319. — Aspecto exterior de un Caracol.

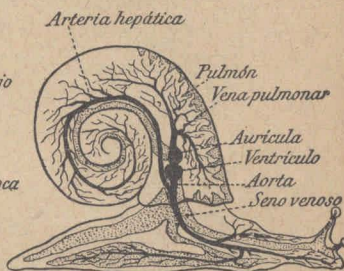


Fig. 320. — Aparato circulatorio de un Molusco (Caracol).

bolsa del tubo digestivo que se halla dentro de la concha, está envuelta por el hígado, que es un *hepatopáncreas*, es decir una glándula que hace funciones de hígado y de páncreas. El ano se halla al lado derecho, junto al borde de la concha.

El *aparato circulatorio* (fig. 320) no es cerrado. Se compone de un corazón con dos cavidades: una aurícula, que recibe la sangre arterial que viene del pulmón, y un ventrículo, de donde sale la aorta que distribuye la sangre a los órganos. De las arterias, la sangre cae en las lagunas, después en el seno venoso, va a respirar en el pulmón y vuelve en seguida a la aurícula por una ó varias venas.

El *aparato respiratorio* es un *pulmón*, es decir una cavidad llena de aire que se abre por un ancho orificio cerca del borde de la concha. Como la mayor parte de los Moluscos son acuáticos respiran por *branquias* generalmente en forma de laminillas. Estas branquias están situadas en una cavidad comprendida entre el

cuerpo del animal y un pliegue de tegumentos, llamado *manto*. En suma, el pulmón del Caracol no es otra cosa que una celda branquial donde faltan las branquias. Ciertos moluscos, como los Ampularios, hacen la transición entre estas dos respiraciones branquial y pulmonar, porque tienen una branquia y un pulmón, que pueden funcionar separadamente, según el medio.

El *sistema nervioso* (fig. 321) se compone esencialmente de tres pares de ganglios, 1° los *ganglios cerebroideos*, colocados sobre el esófago y proporcionan los nervios á los órganos de los sentidos; 2° los *ganglios pediales*, colocados debajo del tubo

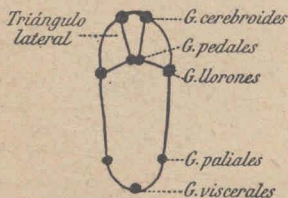
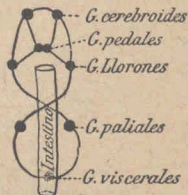


Fig. 321. — Sistema nervioso de un Molusco.



322. — Sistema nervioso en forma de 8.

digestivo en la base del pie; 3° los *ganglios viscerales*, colocados debajo del tubo digestivo y que inervan las vísceras. Los ganglios pediales y viscerales están ligados á los cerebroideos por cordones nerviosos que forman un *doble collar esofágico*. En los Moluscos semejantes al Caracol los ganglios pediales y viscerales están unidos por una comisura, de modo que cada lado del tubo digestivo el sistema nervioso forma un *triángulo lateral*. Algunos Moluscos tienen la cadena nerviosa visceral en forma de 8 (fig. 322).

Los órganos de los sentidos demuestran cierto grado de perfeccionamiento. Los órganos del *tacto* están bien desarrollados en los tentáculos. El *oído* está representado por una vesícula llamada *otocisto* y contiene granulaciones calcáreas (véase página 239). Los ojos están en la extremidad de los tentáculos, y presentan un cristalino y una retina, pero los palitos de ésta están en dirección de la luz, por consiguiente en dirección inversa de la que tienen en los Vertebrados.

Principales formas de Moluscos. — Pueden incluirse en tres grupos : los *Gasterópodos*, los *Lamelibranchios* y los *Cefalópodos*

1º LOS GASTERÓPODOS, como el Caracol, tienen una concha de una sola valva. Estos son Moluscos *rampantes*, que se arrastran por el suelo apoyándose sobre una parte ensanchada de su cabeza llamada *pie*. También presentan la forma más afín de las Lombrices que viven en tubos calcáreos fijos en un soporte, á los que se les da al nombre de *Lombrices tubícolas*, tales como las Sérpulas por ejemplo (fig. 323). Según ciertos biólogos los Moluscos parecen ser Lombrices tubícolas que hubieran adquirido la facultad de marchar arrastrando su tubo, que se habría convertido en concha. Como solo la cabeza sale fuera de la concha, la locomoción no se puede efectuar sino mediante un apéndice de esta región. Así es cómo una parte semejante á la que sostiene el opérculo de la Lombriz tubícola ha podido desarrollarse más y convertirse en *pie* de los Moluscos. En efecto, en los Moluscos el pie aparece como una dependencia de la cabeza.

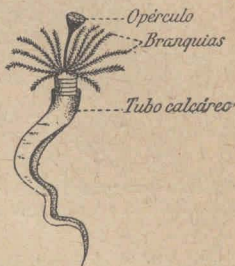


Fig. 323. — Sérpula (Lombriz tubícola)

En fin, conviene notar también la desaparición progresiva de la segmentación primitiva de las Lombrices. De modo que podemos considerar los Moluscos como Lombrices reducidas á dos ó tres anillos.

Entre los Gasterópodos, unos tienen *respiración acuática*, son los que conservan las formas primitivas, como el Haliotides por ejemplo; los otros tienen *respiración aérea*, como el Caracol. Los que tienen el aparato respiratorio delante del cuerpo son los que más se acercan á las Lombrices; estas formas primitivas se complican cada vez más por la torsión del cuerpo.

2º LOS LAMELIBRANQUIOS, como la Almeja (fig. 324), tienen las branquias formadas de laminitas y de una concha compuesta de dos *valvas* unidas por una bisagra elástica. Son Moluscos *fosadores*; por eso su organismo ha sufrido una degradación general.

Carecen de cabeza, y por esa razón se les suele llamar también *Acéfalos*. Su pie reducido no es á propósito para la locomoción, tiene la forma de una hacha y sirve comúnmente para horadar. Este pie es el que en la Almeja segrega una substancia vellosa que

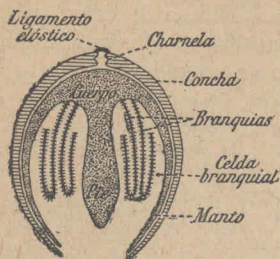


Fig. 324. — Sección transversal de un Lamelibranquio (Almeja).

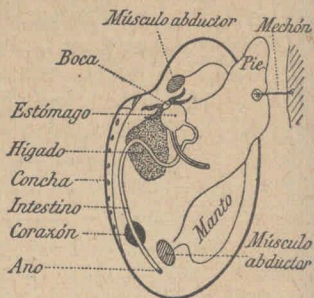


Fig. 325. — Organización de una Almeja.

endurece en el agua y permite al animal fijarse sobre la roca ó la piedra que ha escogido.

El cuerpo se prolonga de cada lado por el *manto*, que entonces presenta dos lóbulos, cada uno de los cuales segrega una valva de la concha. Entre el cuerpo y el manto hay dos pares de *bran-*

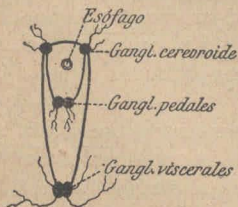


Fig. 326. — Sistema nervioso de un Molusco lamelibranquio (Almeja).

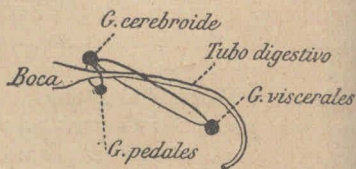


Fig. 327. — Sistema nervioso de un Molusco lamelibranquio (visto de perfil)

quias formadas de dos series de laminillas cubiertas de pelos vibrátiles, que se repliegan hacia el ángulo de la celda branquial.

El *aparato digestivo* comprende (fig. 325) la boca provista de cuatro palpos; el estómago, rodeado del hígado que presenta un

fondo que contiene una varita hialina; el intestino, que se abre del lado opuesto á la boca después de atravesar el corazón.

El *sistema nervioso* (fig. 326 y 327) presenta la misma disposición que en los otros Moluscos; pero los dos collares esofágicos están más separados y los ganglios pediales no están unidos á los ganglios viscerales.

Los *órganos de los sentidos* están poco desarrollados, lo cual está en relación con la vida sedentaria de estos animales. Esto no obstante el borde del manto es muy sensible al tacto, como se puede observar fácilmente en una Ostra.

3º LOS CEFALÓPODOS, como el Pulpo y la Jibia, tienen en la cabeza largos brazos ó tentáculos con ventosas. Estos Moluscos son *nadadores*, que pueden moverse con rapidez y tienen vida muy

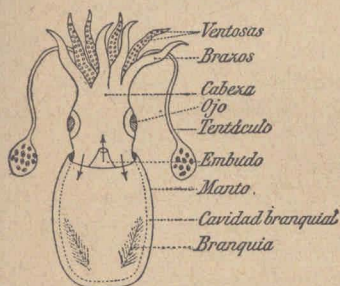


Fig. 328. — Organización de una Jibia.

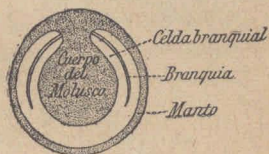


Fig. 329. — Sección transversal de una Jibia.

activa; por eso son muy diferentes sus órganos de relación (músculos, sistema nervioso, órganos de los sentidos).

Tomemos como ejemplo la Jibia (fig. 328 y 329) que podemos encontrar fácilmente en nuestras costas. Su cuerpo presenta dos partes : 1º la *cabeza*, que tiene dos ojos grandes y una corona de brazos, en cuyo centro se halla la boca; 2º el *tronco*, que contiene la mayor parte de las vísceras y que está completamente cubierto por el manto.

Los brazos, flexibles y vigorosos, están provistos de ventosas que sirven al animal para agarrar su presa. A veces tienen dos brazos más largos que terminan en una especie de paleta con ventosas.

Podemos considerar los brazos de estos Moluscos como procedentes del pie que hubiera sido cortado en tantas partes cuantos son los brazos.

La boca tiene dos mandíbulas córneas que se parecen á las del pico de Loro.

Delante de la abertura que va á la cavidad branquial, hay una especie de *embudo* por el cual arroja el animal el agua que entra por esa abertura, operación que determina un movimiento de propulsión hacia atrás. Así se comprende por qué los Cefalópodos nadan á reculones.

Los tegumentos contienen células especiales que encierran materias colorantes y cuya actividad produce cambios intensos de coloración. Estas células obedecen á músculos cuyos movimientos están gobernados por el sistema nervioso. Para demostrarlo, no hay más que cortar en un lado el nervio que va al manto, é inmediatamente se ve que ese lado se paraliza y se vuelve incoloro mientras que el otro lado del cuerpo pasa por todos los tonos. Esta facultad de cambiar de color permite á estos animales esconderse en el fondo del mar y librarse de sus enemigos : luego este es un excelente medio de defensa.

La Jibia posee además otro medio de defensa : es la *botsa de la tinta*, que es un divertículo del intestino y segrega un líquido negro, conocido entre pintores con el nombre de *sepia*, del cual se sirve este animal cuando se ve perseguido por un enemigo, arrojando entonces por el embudo un chorro de esa tinta que le protege.

El *sistema nervioso* está muy condensado. Los ganglios, en efecto, están agrupados en una sola masa, especie de cerebro protegido por una caja cartilaginosa, que tiene cierta analogía con el cráneo de los Vertebrados.

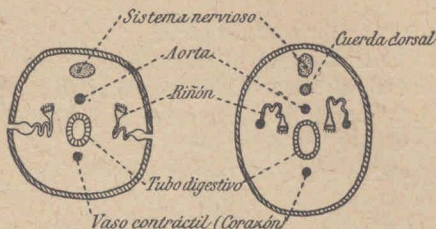
Los *órganos de los sentidos* están muy desarrollados, sobre todo los ojos, cuya estructura se aproxima á la de los ojos de los Vertebrados.

Hay que tener presente que la gran diferencia orgánica que se observa en los Cefalópodos va acompañada de notable extensión de la talla, pues existen Pulpos gigantes que tienen hasta 18 metros de largo.

Generalmente, los Cefalópodos no tienen concha externa, excepto

ó pulmones, está formado á expensas de la parte anterior del tubo digestivo.

Su *sangre* es roja y contiene glóbulos, mientras que la de los Invertebrados no contiene glóbulos rojos, sino una materia colo-



A. — Lombriz.

B. — Embrión de Tiburón.

Fig. 333. — Sección transversal de un Invertebrado (Lombriz) y de un Vertebrado (Embrión de Tiburón).

rante que está en disolución en el plasma. En los Moluscos y los Crustáceos, por ejemplo, es una materia llamada *hemocianina* que contiene cobre en lugar del hierro de la hemoglobina, y que tiene la propiedad de absorber el oxígeno del aire azulándose.

Esbozo del modelo Vertebrado : el Anfioso. — La segmentación ó metamerización que permite acercar los Vertebrados de los

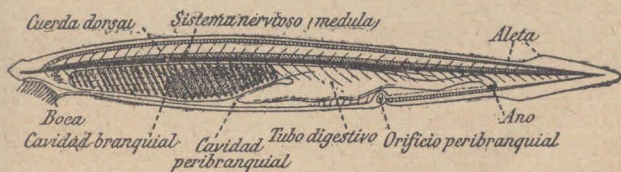


Fig. 334. — Organización del Anfioso.

Invertebrados segmentados, de las Lombrices por ejemplo, es muy clara en el más simple de los Vertebrados, el *Anfioso* (fig. 334). Es un animalito de 4 á 6 centímetros de largo, con sus dos extremidades en punta, que vive enterrado en la arena de las costas de Francia, y tiene expansiones de la piel dispuestas como aletas.

La pared del cuerpo está formada de una vaina muscular dividida en segmentos pegados unos á otros.

El *sistema nervioso*, reducido á un simple cordón, está situado dorsalmente y sobre el tubo digestivo, lo cual es un carácter de Vertebrado.

El *esqueleto* está representado por la *cuerda dorsal*, que es un simple cordón gelatinoso que se extiende á lo largo del cuerpo. Esta cuerda dorsal existe en el embrión de todos los Vertebrados, marcando el estado primitivo de la columna vertebral.

El *tubo digestivo* es un simple tubo que comunica por delante con la boca, y está rodeado por tentáculos; y por detrás con el ano,

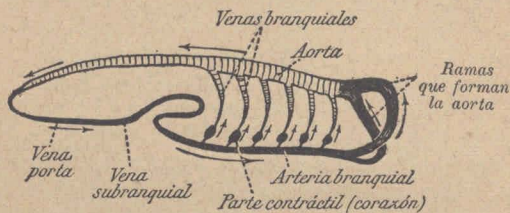


Fig. 335. — Aparato circulatorio del Anfioso.

situado ventralmente. La parte anterior del tubo digestivo se ensancha á propósito para la respiración; es la *branquia*. El agua entra por la boca, baña la branquia, pasa por aberturas á una cavidad peribranquial que rodea la branquia y sale afuera por el orificio peribranquial situado en medio del cuerpo.

El *aparato circulatorio* (fig. 335) presenta una disposición, que recuerda la del aparato circulatorio de las Lombrices. Como en las Lombrices es completamente cerrado y se compone de dos vasos longitudinales: uno, el vaso *dorsal*, que corresponde á la aorta y distribuye la sangre á los órganos; el otro, *ventral*, que reúne la sangre venosa y la trae á la branquia. Por delante, estos dos vasos están ligados por branquias laterales que corresponden á las asas laterales de las Lombrices. En la base de estas ramas laterales que siguen las aberturas branquiales, existen hinchazones contráctiles que hacen el papel de corazones.

El *aparato eliminador* se compone de una serie de pequeños órganos dispuestos por pares á lo largo del cuerpo como los órganos

segmentarios de las Lombrices, y lo mismo que éstas comunican separadamente con el exterior.

La organización del Anfioso realiza en cierto modo el esbozo del tipo Vertebrado, á la vez que conserva una segmentación bastante clara. Pero esta segmentación se irá atenuando y desapareciendo en los otros Vertebrados, y esto por dos razones : 1º por la *vida sedentaria*, que causa una degradación orgánica, como en los *Tunicados*; 2º por una *vida activa*, que entraña una diferenciación cada vez mayor de los órganos de relación, como en los *Vertebrados* propiamente dichos.

Tunicados — Los *Tunicados* deben su nombre á que su cuerpo está envuelto en una especie de saco ó *túnica*, cuya composición se acerca á la de la celulosa vegetal.

Al salir del huevo tienen una forma parecida á la del renacuajo de Rana (fig. 336) y cuya organización se asemeja á la del Anfioso : una parte dilatada llena de aberturas y que sirve de *branquia* una

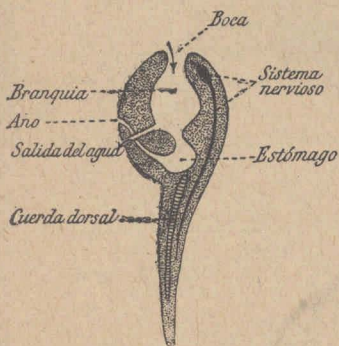


Fig. 336. — Larva de Ascidia.



Fig. 337. — Organización de una Ascidia fija.

cuerda dorsal situada en la cola, encima de la cual se halla un cordón nervioso dilatado en su parte anterior.

Esta larva no continuará viviendo en libertad, sino que á los pocos días se fijará en el suelo por la parte anterior de su cuerpo. Ya entonces *sedentario*, este animal sufrirá una *evolución regre-*

siva; no sirviendo después su cola de órgano de locomoción, se atrofia y desaparece (fig. 337); del mismo modo, la cuerda dorsal y el sistema nervioso se destruyen. Entonces el animal está reducido á una especie de saquito con dos orificios; uno para la entrada del agua y otro para la salida. La parte anterior del tubo digestivo se presenta en *branquia*, y el *sistema nervioso* está representado por un ganglio. De modo que la forma adulta no tiene ninguno de los caracteres del Vertebrado, á no ser la transformación de la parte anterior del tubo digestivo en aparato respiratorio. Luego los Tunicados, así como la Ascidia, se degradan por la *fijacion*. Hay otras formas, como los Apendiculados, que no sufren regresión porque viven *libres*, nadando con su cola persistente. Otros, en fin, después de estar fijos, brotan nuevos individuos y forman así *colonias*.

Vertebrados. Su clasificación. — Los Vertebrados que vamos á estudiar están perfeccionados por el desarrollo de la vida de relación. Su aparato locomotor sobre todo es el que les da un aire característico que se complica por la formación de una *columna vertebral* y la aparición de los *miembros*.

La *cuerda dorsal*, de gelatinosa que era, se vuelve *cartilaginosa* y después se segmenta en vértebras (fig. 338) para convertirse en *columna vertebral*. El conjunto del esqueleto de los Vertebrados se forma entonces de una serie de piezas unidas unas á otras y llamadas *segmentos vertebrales* (fig. 339). El segmento vertebral, que se repite con más ó menos claridad, á lo largo del cuerpo, y que se compone de la vértebra y las costillas, presenta dos arcos; uno arriba conteniendo los centros nerviosos, es el arco *neural*, y el otro abajo protegiendo los vasos sanguíneos y las vísceras, es el arco *hemal*.

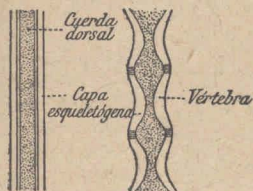
Los Vertebrados forman, en suma, un grupo muy homogéneo, cuyos diversos perfeccionamientos dependen, sea de la elevación de estos animales en la serie, sea de la naturaleza de sus adaptaciones.

Los Vertebrados se dividen en cinco clases : *Peces*, *Batracios*, *Reptiles*, *Aves* y *Mamíferos*.

1º Los PECES tienen el cuerpo cubierto de *escamas*; respiran toda su vida en el agua por *branquias* y sus miembros son *aletas*. Ej. : la Carpa.

2º LOS BATRACIOS tienen la *piel desnuda*; éstos marcan el paso de la vida acuática á la vida terrestre, porque respiran en el *agua* cuando son jóvenes, y en el *aire* cuando son adultos. Ej. : la Rana.

3º LOS REPTILES tienen la piel cubierta de *falsas escamas* y siempre respiran en el aire. Los miembros de los que los tienen, aparecen en los costados, de modo que su vientre arrastra por el



A. — Cuerda B. — Cuerda segmentada.
dorsal.

Fig. 338. — Desarrollo de la columna vertebral.



Fig. 339. — Segmento vertebral.

suelo; algunos hay que no tienen miembros. En ambos casos su cuerpo se *arrastra* por el suelo y de ahí su nombre. Ej. : el Lagarto y la Culebra.

4º Las AVES tienen el cuerpo cubierto de *plumas*, y sus miembros anteriores están transformados en *alas*. Ej. : el Pichón.

5º LOS MAMÍFEROS tienen *mamas* para dar de mamar á sus hijos, y su cuerpo está cubierto de pelo. Ej. : el Perro.

Los animales de las tres primeras clases son de *temperatura variable*, mientras que los de las dos últimas son de *temperatura constante*.

Vamos á indicar los rasgos fundamentales de cada una de estas clases yendo de los Peces á los Mamíferos, á fin de hacer ver los perfeccionamientos progresivos de los Vertebrados.

I. — Peces.

Organización de los Peces. — Los Peces son Vertebrados esencialmente adaptados á la vida acuática. De ahí proceden todos

los caracteres de su organización. Por eso su cuerpo prolongado tiene la forma á propósito para moverse con más facilidad en el agua.

Aparato digestivo. — Es sencillo. La boca lleva numerosos y finos *dientes* encajados no sólo en las quijadas, sino en todos los huesos de la boca y hasta en la lengua. En el Tiburón, los dientes están colocados concéntricamente y constituyen una armadura terrible. Su estómago apenas está ensanchado (fig. 340) y el intestino

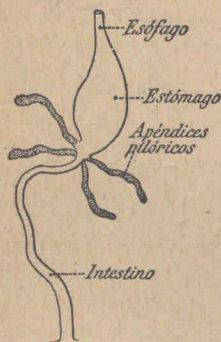


Fig. 340. — Tubo digestivo de un Pez.

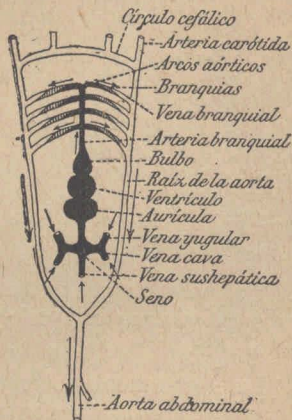


Fig. 341. — Aparato circulatorio de un Pez.

es corto. En el origen del intestino hay prolongaciones llamadas *apéndices pilóricos*. El intestino de los Peces cartilaginosos (Tiburón) presenta un pliegue que por su forma se llama *válvula espiral*, el cual sirve para aumentar el poder absorbente del tubo digestivo.

Las *glándulas salivales* no existen, y esto se comprende teniendo presente el medio en que viven los Peces. Tienen sí un *hígado* voluminoso, dividido en lóbulos, y un *páncreas*.

Aparato circulatorio. — El corazón de los Peces está en la región del cuello; compónese de una *aurícula* y de un *ventrículo* prolongado por un bulbo arterial (fig. 341). De este bulbo parte la

arteria branquial, que se distribuye á las branquias por cuatro pares de vasos llamados *arcos aórticos*; los cuales tienen cierta semejanza con las asas laterales de las Lombrices y del Anfioso. La sangre, después de respirar en las branquias, la reciben cuatro pares de *venas branquiales*, que la llevan á la *aorta*, la cual la distribuye á los órganos. La sangre venosa vuelve al corazón por cinco venas: las dos *venas yugulares*, las dos *venas cavas* y la *vena subhepática*. Estas venas van á desembocar á una cavidad ó *seno* que precede á la aurícula. Luego el corazón está recorrido por sangre venosa. Esto es lo contrario de lo que hemos visto en los Moluscos, cuyo corazón está recorrido por sangre arterial. Luego el corazón de los Peces corresponde al corazón derecho del hombre, y el de los Moluscos al corazón izquierdo.

Aparato respiratorio. — Ya hemos demostrado con un experimento (véase página 97) que los Peces respiran oxígeno disuelto en el agua. Por eso su aparato respiratorio se compone de *branquias* (fig. 342) que están situadas á ambos lados de la cabeza, en cavidades llamadas *celdas branquiales*, que comunican por una parte con la boca y por otra con el exterior por orificios llamados *agallas*. Estos orificios pueden abrirse ó cerrarse por medio de placas óseas, ú *opérculos*, que se levantan y bajan alternativamente, como puede verse fácilmente observando un Pez en el agua. ✕

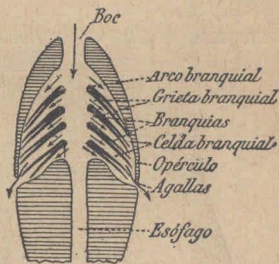


Fig. 342. — Disposición de las branquias en los Peces.

Luego el aparato respiratorio de los Peces ocupa la parte anterior del tubo digestivo, es decir la misma situación que en el Anfioso ó los Tunicados.

Levantando el opérculo (fig. 343), como hacen las cocineras para ver si un pez es fresco, se ven las branquias en forma de finas láminas sostenidas por cuatro arcos óseos, llamados *arcos branquiales*. Cada arco branquial sostiene doble serie de láminas (fig. 344), en cuyo centro se ramifica la *arteria branquial*, cuya sangre venosa se vuelve arterial y luego se reúne en la *vena bran-*

quial. Estos dos vasos están reunidos por una red muy fina de capilares, á través de cuyas paredes se verifican los cambios respiratorios.

El agua se renueva constantemente al contacto de las branquias :

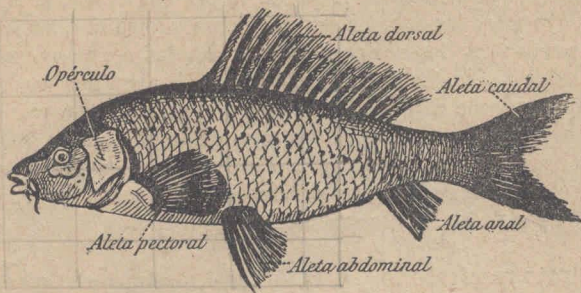


Fig. 343. — Opérculo y aletas de un Pez.

entra por la boca, pasa por las aberturas branquiales, baña las branquias y sale por los oídos.

Pero no siempre es bastante este aparato branquial. Así por ejemplo los pececitos rojos de nuestros acuarios suben á la superficie del agua á deglutir el aire y poner sus branquias húmedas en contacto con el aire libre.



Fig. 344. — El arco branquial que sostiene la branquia formada de dos láminas.

En los Peces cartilaginosos, como el Tiburón, el aparato respiratorio se compone de varias celdas branquiales (á veces cinco), cada una de las cuales se abre al exterior por una abertura.

Las branquias de los Peces, así como las de los Crustáceos, pueden servir para la respiración aérea con tal de que estén protegidas contra la desecación. Por eso los huesos del cráneo de la Anguila pueden, empapándose de agua, mantener húmedas las branquias; así es que puede salir del agua y marchar por el suelo.

Lo más general es que la adaptación á la vida aérea se verifique

por medio de un órgano llamado *vejiga natatoria*, que es una bolsa llena de aire, la cual está en comunicación con el esófago (fig. 345), pero que á veces se separa completamente del tubo digestivo. En la mayoría de los casos esta vejiga llena de aire constituye un aparato hidrostático que hace variar el peso específico del pez y le permite subir ó bajar en el agua. En ciertos peces (Dipnoi) esta vejiga, que se forma, lo mismo que los pulmones, á expensas del esófago, se convierte en verdadero pulmón : sus paredes están recorridas por abundantes vasos en los que respira la sangre. Estos Peces, los dipneustos, viven en los pantanos y respiran con sus branquias; pero durante la sequía se esconden debajo de las hojas muertas y su vejiga natatoria funciona como un pulmón. El *Ceratodo* de Australia tiene una sola vejiga, el *Lipidosiren* del Brasil tiene dos, y el *Poliptero* de África tiene dos situadas ventralmente, lo cual es otra homología con los pulmones.

Es de notar que la transformación de la respiración branquial en pulmonar implica transformaciones del aparato circulatorio, transformaciones que existen en las metamorfosis de los Batracios

En fin, en la Locha de los estanques el tubo digestivo está adaptado en toda su longitud para la función respiratoria.

Esqueleto. — Se presenta en dos estados : *cartilaginoso* en el Tiburón, por ejemplo; *óseo* en la mayoría de los Peces.

La *columna vertebral* está formada de vértebras *biconvexas* (fig. 346) entre las cuales se ve la cuerda dorsal, que se desarrolla mucho en el espacio comprendido entre las vértebras. Cada vértebra tiene dos



Fig. 345. — Vejiga natatoria de un Pez.

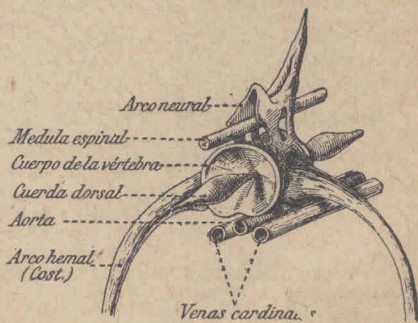
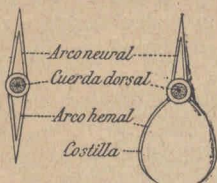


Fig. 346. — Vértebra de Pez.

arcos: uno dorsal ó *neural*, por el cual pasa la medula espinal; el otro ventral ó *hemal*, en el que se hallan la aorta y las venas. En los Peces óseos, el arco hemal está abierto en la parte anterior (fig. 347, B) y cerrado en la región caudal (fig. 347, A).



A — Región posterior. B. — Región anterior

Fig. 347. — Segmento vertebral de un Pez óseo.

La *cabeza* de los Peces está formada de gran número de huesos, cuya correspondencia con los huesos de la cabeza del hombre es difícil establecer.

Los *miembros* están transformados en aletas pares (dos de cada clase) (fig. 348): las *aletas pectorales* corresponden á los miembros anteriores; las abdominales á los miembros posteriores. Las otras, que son impares (una sola de cada clase) se reducen á simples pliegues de la piel sostenidos por radios óseos: éstas son la *dorsal*, la *caudal* y la *anal*.

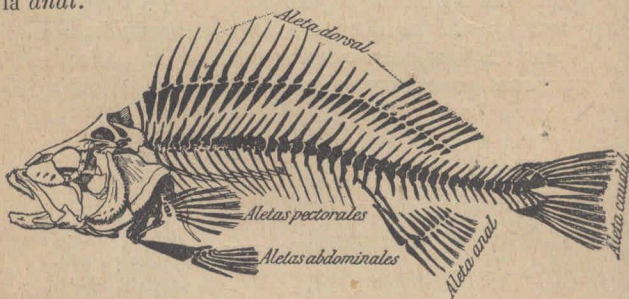


Fig. 348. — Esqueleto de la Perca.

La aleta caudal tiene una forma adecuada al oficio de timón propulsor que ejerce.

Sistema nervioso. — Los *hemisferios cerebrales* son muy reducidos (fig. 349); son más pequeños que los *lóbulos ópticos*. El *cerebelo* es una simple banda. En el 4º ventrículo del Torpedo, animal afín de la Raya, hay un órgano especial que puede producir electricidad.

Órganos de los sentidos. — Los órganos del *tacto* son largas prolongaciones epidérmicas llamadas *barbillas*, situadas al rededor dela boca. El *gusto* y el *olfato* existen en estos animales.

El *oído* es simple, porque no comprende ni oído externo ni oído medio, y el interno es reducido, pues no presenta caracol, el cual está figurado por un simple divertículo llamado *lagena* (fig. 350).

El *ojo* está formado como el del hombre; pero los Peces que viven en un medio refringente tienen un ojo muy convergente cuyo cristalino es casi esférico (fig. 351). De modo que fuera del agua serían miopes. La coroides tiene una prolongación, el *ligamento falciforme*, que se termina en el cristalino por un ensanche llamado *campánula de Haller*: éste es el aparato acomodador.

Los Peces aplanados (Lenguado, Rodaballo) se apoyan de cos-



Fig. 349. — Encéfalo de un Pez.

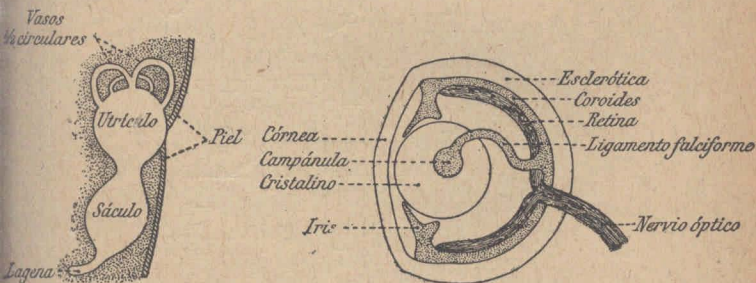


Fig. 350. — Oído de un Pez.

Fig. 351. — Ojo de un Pez.

tado; así es que el ojo de ese lado se traslada durante el desarro.. y va á colocarse junto al otro (fig. 352).

Los Peces que viven en las profundidades del mar á donde no llega la luz tienen largos filamentos táctiles (fig. 353), mediante los cuales pueden explorar las inmediaciones. A veces desaparecen sus ojos, pero también pueden persistir, y en ese caso se vuelven enormes y despiden con frecuencia un resplandor fosforescente.

Luego estos ojos son á la vez órganos de visión y aparatos de alumbrado. Además, el cuerpo de estos animales es á veces enteramente fosforescente.

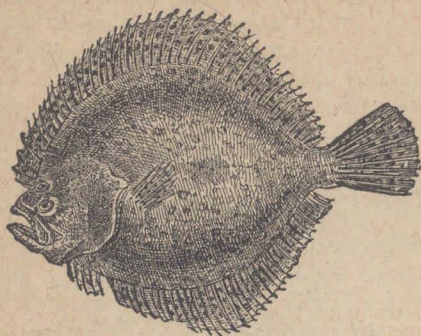


Fig. 352. — Rodaballo con los dos ojos al mismo lado.

En fin, existe en los Peces un órgano de sentido particular, la *línea lateral*, que se extiende desde el opérculo hasta la cola (fig. 343) y que parece permitir á estos animales apreciar ciertas calidades del agua.

En resumen, los Peces son por excelencia Vertebrados acuáticos; sin embargo, hay algunos como los Dipneustos que tienen á la vez branquias y pulmones (vejiga natatoria) y que

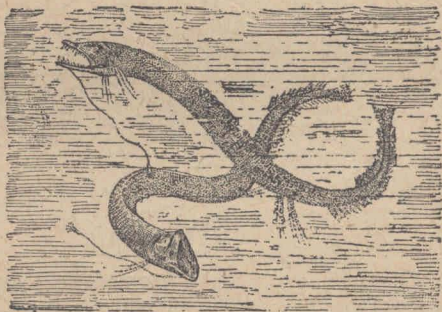


Fig. 353. — Pez pescado á 2 700 metros de profundidad (*Eustomias obscurus*).

presentan por consiguiente caracteres de transición de la vida acuática á la aérea, ó sea una transición entre los Peces y los Batracios.

II. — Batracios.

Organización de los Batracios. — Los Batracios son animales

que por su modo de vivir y su organización pueden ser colocados entre los Vertebrados inferiores organizados para la vida acuática y los Vertebrados superiores definitivamente adaptados á la vida aérea. Por eso presentan en su estructura órganos á propósito para la vida acuática y esbozos de aparatos adaptados á la vida aérea.



A. Huevos.



B. Renacuajo con branquias externas.



C. Desaparición de las branquias externas.



D. Aparecen las patas posteriores.



E. Aparecen después las anteriores.



F. Las patas se alargan.



G. La cola se reduce

Fig. 354. — Metamorfosis del Sapo.

Metamorfosis. — El desarrollo de los Batracios nos hace ver cómo animales provistos de una organización de Peces pueden convertirse en Vertebrados de respiración aérea. Cuando son jóvenes respiran mediante *branquias* que aparecen en forma de penachos ramificados (fig. 354). Tales son los *renacuajos*, que no tienen miembros; pero están provistos de una cola, cuyas undulaciones les permiten nadar. Las branquias son primero *externas*, después se atrofian y son reemplazadas por branquias *internas*, situadas á ambos lados de la boca en una cavidad que comunica con el exterior por una abertura branquial. Más tarde los pulmones

se forman á expensas del esófago, que da origen á dos sacos pulmonares, la abertura branquial se cierra y las branquias desaparecen : entonces la respiración se vuelve aérea. En ese intervalo aparecen las patas, las posteriores primero, después las anteriores. En fin, la cola disminuye gradualmente, para desaparecer por completo en la Rana y el Sapo.

Estas transformaciones se conocen con el nombre de *metamorfosis*.

Aparato digestivo. — Los dientes son muy pequeños, y á veces no existen, como en el Sapo. El tubo digestivo es simple; pero la longitud del intestino varia con el régimen; en los renacuajos que son herbívoros es largo y replegado; por el contrario, en la Rana adulta, que es carnívora, es corto.

Aparato circulatorio. — Las transformaciones del aparato respiratorio entrañan modificaciones del aparato circulatorio. Luego éste será diferente según que le estudiemos en el *renacuajo* ó en el *adulto*.

Los *renacuajos* tienen un aparato circulatorio semejante al de los Peces, y esto se explica, puesto que, como los Peces, son acuáticos y tienen branquias. Su corazón tiene dos cavidades, una aurícula y un ventrículo.

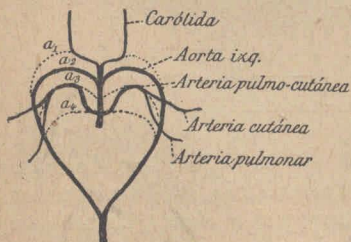


Fig. 355. — Transformación de los arcos aórticos en un Renacuajo

Poseen cuatro pares de *arcos aórticos* que luego se transforman con el desarrollo : el primero, a_1 , da las *carótidas* (fig. 355); el segundo, a_2 , las dos *aortas*, que se reúnen más abajo para dar la *aorta común*; el tercero y cuarto par, a_3 y a_4 , dan la *arteria pulmocutánea*, que se divide para dar la *arteria cutánea* y la *arteria pulmonar*.

El corazón de los Batracios adultos está formado de *dos aurículas* y de un *ventrículo* (fig. 356). Del ventrículo parte un *bulbo aórtico* y da origen á *tres pares de arterias*, que provienen, como

acabamos de decir, de la transformación de los cuatro pares de arcos aórticos primitivos.

Este bulbo está dividido en tres partes por dos tabiques longitudinales, de tal modo que la sangre arterial de la parte izquierda del corazón va á la cabeza por las arterias carótidas, mientras que

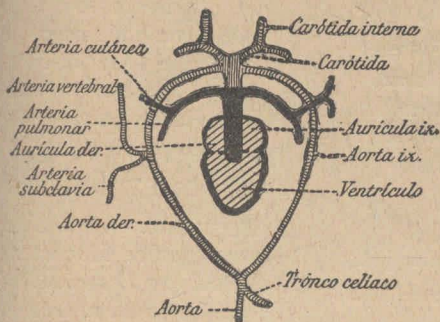


Fig. 356. — Corazón y vasos de un Batracio adulto.



Fig. 357. — Renacuajo con sus branquias externas.

la sangre venosa de la derecha es empujada á la arteria pulmocutánea; en cuanto á la parte media del corazón, la sangre mezclada que contiene pasa á las aortas y por consiguiente á los diversos órganos.

Aparato respiratorio. — Ya hemos dicho antes cómo respiraba el renacuajo por branquias externas (fig. 357), y después por



Fig 358. — Ajolote.

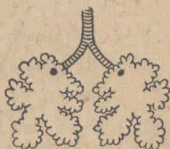


Fig. 359. — Pulmones de Rana.

branquias internas. Hay que advertir que estas branquias, que son transitorias en casi todos los Batracios, pueden persistir en otros, tales como el Ajolote (fig. 358) y el Proteo.

Generalmente los Batracios adultos respiran por *pulmones*, que son simples bolsas (fig. 359) cuya estructura se asemeja á la del

alvéolo pulmonar del hombre. Estos animales hacen penetrar el aire en sus pulmones por deglución, lo cual se explica perfectamente, puesto que no tienen costillas y carecen por consiguiente de caja torácica.

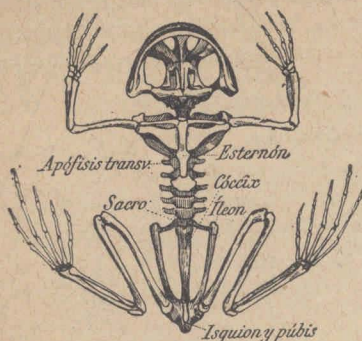


Fig. 360. — Esqueleto de Rana.

La respiración se efectúa también por la piel, siempre que ésta se halle en cierto estado de humedad. Esta respiración cutánea es tan activa que puede bastar para sostener la vida.

Esqueleto. — La cabeza descansa sobre la columna vertebral por dos cóndilos; carece de costillas, ó mejor

dicho están representadas por las *apófisis transversas* bien desarrolladas (fig. 360); hay un *esternón*, y en fin, los miembros en número de dos pares están adheridos al tronco por cinturas torácica y abdominal.



Fig. 361. — Encéfalo de un Batracio (Rana).

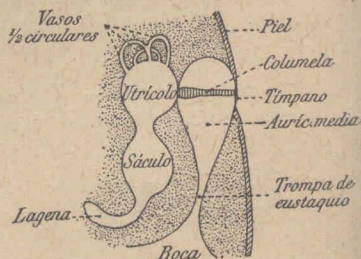


Fig. 362. — Oído de Batracio (Rana).

Sistema nervioso. — Los *hemisferios cerebrales* (fig. 361) están un poco más desarrollados que en los Peces; la *glándula pineal* es neta y el *cerebelo* está representado por una simple banda.

Órganos de los sentidos. — El *oído interno* existe sólo en los

Batracios que viven siempre en el agua, como la Salamandra; pero en la Rana aparece un *oído medio* (fig. 362) que comunica con la boca por la trompa de Eustaquio y presenta un tímpano á flor de piel y un vástago óseo llamado *columela*, que ocupa el sitio de la cadena de los huesecillos. La *lagna* es más larga que la de los Peces.



Fig. 363. — Larva de Salamandra.

Los *ojos*, generalmente bien desarrollados, pueden faltar en los Proteos que viven en las cavernas subterráneas.

La *línea lateral* existe en los renacuajos (fig. 363) como en los Peces; pero desaparece en los adultos.

III. — Reptiles.

Organización de los Reptiles. — Los Reptiles son superiores á los Batracios porque es más perfecta su adaptación á la vida terrestre y especialmente porque su respiración es siempre pulmonar.

Aparato digestivo. — La quijada inferior está unida al cráneo por el *hueso cuadrado* (fig. 364), razón por la cual la boca se

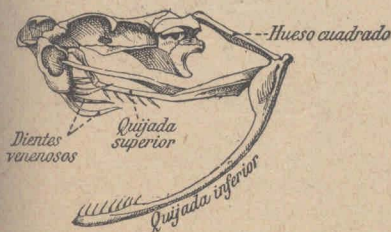


Fig. 364. — Quijadas y dientes de una Serpiente venenosa.



Fig. 365. — Diente y glándula venenosa de Víbora.

puede abrir mucho y tragar presas enormes. Además las dos ramas del maxilar inferior no están soldadas y pueden separarse una de otra.

Excepto las Tortugas, que tienen un pico córneo, los Reptiles tienen muchos dientes soldados á las quijadas y á los otros huesos de la boca, con la punta vuelta hacia fuera de la boca. Las serpientes venenosas tienen en la mandíbula superior, dientes muy desarrollados, los *dientes* ó ganchos, que están en relación con las *glándulas venenosas* (fig. 365), que son glándulas salivales modificadas, cuyo canal excretorio se abre en la base de los dientes.

El intestino es generalmente corto, por ser carnívoros los Reptiles.

Aparato circulatorio. — Aquí hay que considerar dos casos según que estudiemos los *Reptiles inferiores* (Lagarto, Tortuga, Serpiente) ó los *Reptiles superiores* (Cocodrilos).

1º *Reptiles inferiores.* — Su aparato circulatorio es semejante al de los Batracios adultos. Su corazón comprende tres cavidades :

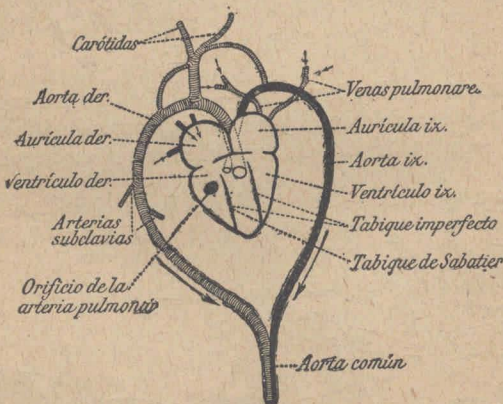


Fig. 366. — Corazón y vasos de un Reptil inferior (Tortuga).

dos aurículas y un ventrículo. En el ventrículo aparece un tabique, pero imperfecto (fig. 366), de modo que las dos cavidades ventriculares no están completamente separadas. En el ventrículo derecho hay un tabique, el *tabique de Sabatier*, igualmente incompleto.

Los dos arcos aórticos salen ambos del ventrículo derecho, el arco aórtico izquierdo por un orificio estrecho y el derecho por uno ancho. La *arteria pulmonar* sale también del ventrículo dere-

cho por un orificio muy ancho y separado por el tabique de Sabatier de los orificios de las dos aortas. Solo el arco aórtico derecho da origen á las arterias carótidas y á las subclavias.

Cuando se contrae el ventrículo derecho, la *sangre venosa* que contiene pasa casi toda á la arteria pulmonar, cuyo orificio está abierto. Después el ventrículo izquierdo se contrae y hace pasar la *sangre arterial* que contiene al espacio comprendido entre el tabique de Sabatier y el

otro tabique; entonces es cuando la sangre arterial penetra en los arcos aórticos, pero con preferencia al de la derecha, que está completamente abierto. Ahora bien este arco derecho es el que provee de sangre á los principales órganos (la cabeza, el cuello y los miembros anteriores) por las carótidas y las subclavias;

luego estas partes reciben sangre arterial casi pura, mientras que la sangre venosa pasa casi toda á la arteria pulmonar.

2º Reptiles superiores. — El tabique ventricular es completo, de modo que el corazón tiene cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos (fig. 367). Del ventrículo izquierdo sale el arco aórtico derecho que va á distribuir la sangre arterial á la parte anterior del cuerpo. Del ventrículo derecho parten la arteria pulmonar y el arco aórtico izquierdo. Salidos apenas del corazón, los dos cayados aórticos se comunican por un canal, el *forámen de Panizza*. La sangre venosa contenida en el ventrículo derecho es lanzada casi toda á la arteria pulmonar por ser ancho su orificio, mientras que el arco aórtico izquierdo, que tiene estrecho su orificio, no recibe más que una pequeña cantidad. La *aorta común* contiene por consiguiente sangre arterial casi pura.

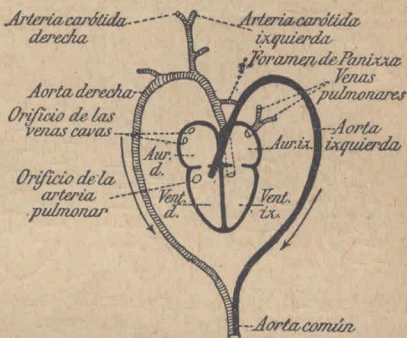


Fig. 367. — Corazón y vasos de un Reptil superior (Cocodrilo)

Aparato respiratorio. — Los pulmones de los Reptiles son

simples bolsas ligeramente plegadas, en las que no penetran los bronquios (Lagarto, fig. 368), ó penetran sin ramificarse (Tortuga (fig. 369). En las Serpientes (fig. 370) su cuerpo prolongado ha impedido el desarrollo de los dos pulmones : uno se ha atrofiado y el otro, muy prolongado, se termina por una simple bolsa de aire que es un depósito de aire capaz de entretener la respiración durante la deglución. Ya sabemos, en efecto, que las Serpientes tragan su presa entera, de suerte que la traquearteria se encuentra comprimida y

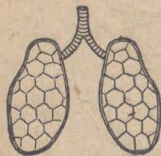


Fig. 368. — Pulmones de Lagarto.

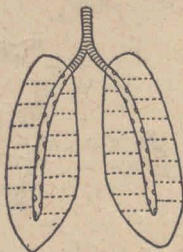


Fig. 369. — Pulmones de Tortuga.



Fig. 370. — Pulmones de Serpiente.

no puede penetrar el aire. En los Cocodrilos los pulmones están divididos en gran número de bolsas por tabiques, cosa que es un carácter de superioridad, porque así es mayor la superficie respiratoria.

Esqueleto. — La cabeza descansa sobre la columna vertebral por un solo cóndilo occipital.

La *columna vertebral* se compone de gran número de vértebras (hasta 300 en ciertas Serpientes).

En las *Serpientes* (fig. 371) y las *Tortugas* no hay esternón; pero en los *Lagartos* y los *Cocodrilos* las costillas están reunidas por un esternón.

Los *miembros*, cuando existen, aparecen en los lados. Las serpientes carecen de miembros. Hay transiciones entre los Reptiles que tienen miembros y los que no los tienen : por eso el lagarto *Orvet* (fig. 372), presenta rudimentos de miembros ocultos bajo la piel, pero visibles en el esqueleto; también en la *Boa* los miembros posteriores están representados por un hueso pequeño.

Las *Tortugas* tienen el cuerpo cubierto de una caja formada

por dos *placas óseas* de origen dérmico. La parte dorsal ó *carapacho* y la parte ventral ó *peto* están cubiertas de *escamas*

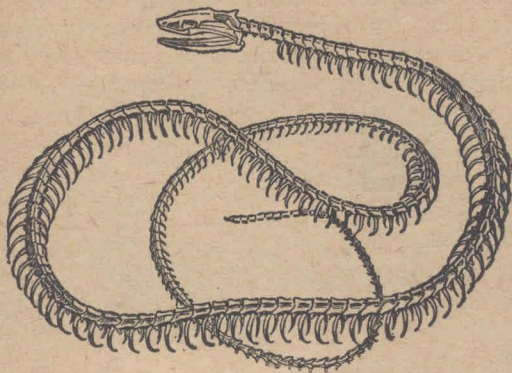


Fig. 371. — Esqueleto de una Serpiente.

córneas de origen epidérmico. Las vértebras y las costillas del tronco están soldadas al carapacho.

En los Reptiles fósiles (véase *Nociones de paleontología animal*) se hallan ejemplos de adaptación muy curiosos. Hay

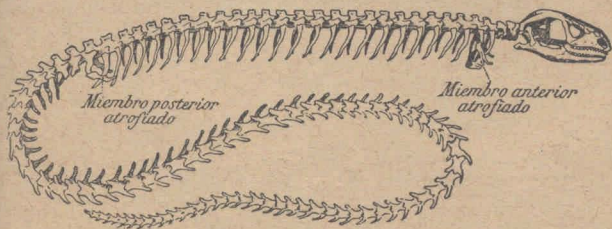


Fig. 372. — Esqueleto de un Orvet.

algunos adaptados á la natación (*Ictiosaurio*, *Plesiosaurio*), otros adaptados al vuelo (*Pterodáctilo*) y otros en fin al salto (*Iguanodon*).

Sistema nervioso. — Los *hemisferios cerebrales* están un poco más desarrollados que en los Batracios, pero no presentan

todavía circunvoluciones. También el *cerebelo* está algo más desarrollado (fig. 373). Pero sobre todo la *glándula pineal* es la más desarrollada y en los Lagartos va á formar en la cúspide del cráneo, á través de un agujero del parietal, un verdadero ojo, el *ojo pineal* (fig. 374), que presenta los elementos esenciales de un ojo (cristalino y elementos retinianos). Y aun se ha observado el funciona-



Fig. 373. — Encéfalo de un Reptil (Lagarto).

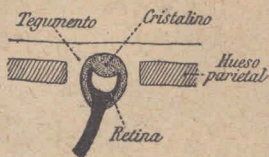


Fig. 374. — Ojo pineal de un Reptil (Lagarto).

miento del tercer ojo en el lagarto *Hateria*. Luego veremos que debía tener grande importancia en los Reptiles de las épocas geológicas.

Como las Serpientes carecen de miembros, tienen una medula espinal que no presenta el ensanche braquial y crural.

Los Órganos de los sentidos son casi semejantes á los de los Batracios.

IV. — Aves.

Organización de las Aves. — Las Aves tienen cierta conexión con los Reptiles por muchos rasgos de su organización; pero están especialmente adaptados á la función del vuelo.

Su rasgo más característico es que tienen el cuerpo cubierto de plumas. Todas las Aves poseen plumas, con exclusión de los demás animales. Una pluma (fig. 375) se compone de un astil, cuya parte inferior ó tubo, ó cañón, es hueca; á los lados están dispuestas simétricamente las barbas, que á su vez tienen barbillas. Hay varias clase de plumas: 1º las grandes ó penas, que están insertas en las alas (remeras) ó en la cola (timoneras); 2º las tectrices, que

cubren la cabeza y el tronco; 3º el *plumón*, formado por copos de filamentos sedosos, situados debajo de las otras plumas. El plumón tiene sobre todo el papel de conservar el calor animal.

Aparato digestivo. — Las Aves actuales no tienen dientes, sino un pico córneo. Ciertas Aves fósiles tenían dientes

El tubo digestivo (fig. 376) comprende : el *esófago*; el *buche*, bolsa muy desarrollada en las granívoras; el *ventrículo succenturiado*, que segrega el jugo gástrico; la *molleja*, cuyas paredes robustas y musculosas están á veces cubiertas de piezas córneas que sirven

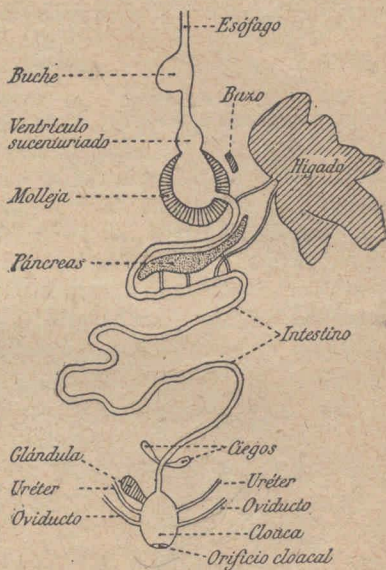
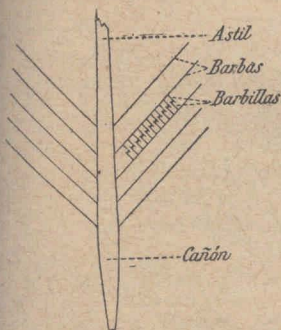


Fig. 375. ~ Pluma de Ave. Fig. 376. — Aparato digestivo de una Ave (Pichón).

para triturar los granos; en fin el *intestino* que tiene dos *ciegos* y va á abrirse en una bolsa llamada *cloaca*, donde desembocan los uréteres y los conductos genitales.

El *hígado* no tiene vesícula biliar y la bilis se derrama en el intestino por dos conductos. El *páncreas* es una glándula larga con tres conductos.

Aparato circulatorio. — El corazón presenta cuatro cavidades como el del hombre; pero el ventrículo derecho, que tiene paredes

delgadas, envuelve el ventrículo izquierdo, que tiene paredes más rebustas (fig. 377).

El *cayado aórtico* está encorvado á la derecha y no á la izquierda como en el hombre. La arteria mamaria y la epigástrica se anastomosan por una red de capilares que forma la *red admirable*, la cual tapiza toda la región abdominal y facilita al Ave incubar sus huevos manteniendo el calor por una circulación activa.

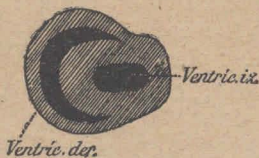


Fig. 377. — Sección transversal del corazón de una Ave

Aparato respiratorio. — Los pulmones de las Aves son dos. Siendo rudimentario el diafragma, estos pulmones están apenas separados de las vísceras abdominales. La traquearteria presenta *dos laringes*, de las cuales la inferior, ó *siringe* (fig. 378), situada en la bifurcación de la tráquea, es el órgano esencial de la fonación : por eso está muy desarrollado en las Aves cantoras. Ciertas branquias van á terminar en los alvéolos pulmonares mientras que

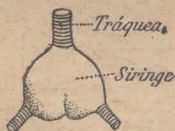


Fig. 378. — Siringe de las Aves cantoras.



Fig. 379. — Pulmores de una Ave y orificios de los bronquios.

las otras, que son cinco para cada pulmón, van á abrirse en la superficie del pulmón por orificios (fig. 379) que dan acceso á depósitos llamados *sacos aéreos*. Estos sacos aéreos son 9 y están repartidos de la manera siguiente : 1 *saco claviclar* mediano é impar, situado entre las dos clavículas y en comunicación con los dos pulmones; 2 *sacos cervicales* en la base del pescuezo; 4 *sacos torácicos*, ó *diafragmáticos*, y en fin 2 *sacos abdominales*. Los sacos torácicos son cerrados, pero los otros cinco se prolongan por cavidades insertas entre las vísceras, entre los músculos, debajo de

la piel y hasta en los huesos que carecen de medula. Esta *neumática* de los huesos aligera considerablemente el esqueleto. Estos sacos constituyen una verdadera reserva de aire, y aligeran además al Ave, dándole á la vez cierta estabilidad; en fin, sus prolongaciones entre los músculos sirven de cojinetes para facilitar el movimiento y por consiguiente el vuelo. De modo que todas estas disposiciones están en relación con la potencia del vuelo del Ave.

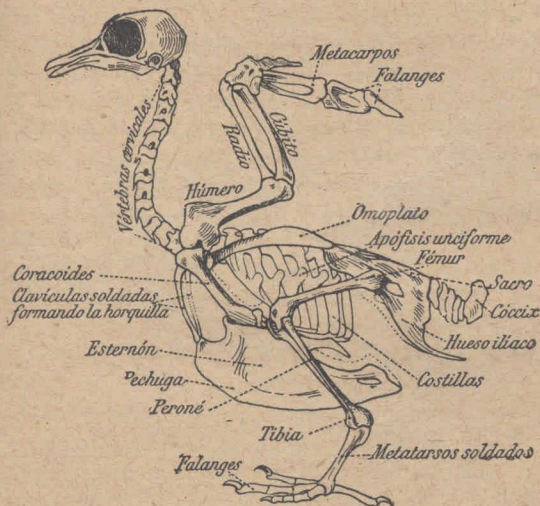


Fig. 380. Esqueleto de una Ave (Pichón).

Esqueleto. — La *columna vertebral* comprende gran número de vértebras cervicales (fig. 380), lo que explica la gran movilidad del cuello de las Aves; las vértebras dorsales están á veces soldadas; las últimas vértebras caudales están soldadas en un solo hueso, el *pigóstilo*.

Las *costillas* están unidas unas con otras por prolongaciones óseas, las *apófisis unciformes*, que dan gran solidez á la caja torácica. Por delante, las costillas están unidas por un *esternón* muy ancho, que presenta una cresta en el centro, la *pechuga*, que sirve para la inserción de los músculos del ala. Cuanto más vola-

dora es el Ave, más desarrollada tiene la pechuga; por el contrario, carecen de ella el Avestruz y las Aves que no vuelan.

El *cráneo* descansa sobre la columna vertebral por *un solo condilo* occipital. La mandíbula inferior está articulada en el cráneo por medio del *hueso cuadrado*.

La *cintura escapular* está formada por tres huesos: el *omoplato* que se prolonga y llega á las costillas; el *caracoides*, que va del omoplato al esternón; la *clavícula* que se une con la del lado opuesto para formar la *horquilla*.

La *cintura pelviana* comprende el *íleon*, el *isquion* y el *púbis*, pero por delante, el bacinete no está cerrado porque los dos huesos del púbis no se juntan.

Los *miembros superiores* están adaptados especialmente al vuelo, y están transformados en *alas*. El número de los dedos está reducido á tres, que están más ó menos atrofiados. Ciertas Aves, como los Penjuinos, tienen sus miembros anteriores transformados en *aletas*.

Los *miembros posteriores* se componen de un fémur, de una tibia con un delgado peroné. El tarso está formado por la soldadura de los tarsianos y metatarsianos; esta es la *canilla*. Los dedos son generalmente cuatro; pero las Aves corredoras, como el Casoar, no tienen más que tres, y el Avestruz dos.

La *neumaticidad* es un carácter importante del esqueleto de las Aves; en efecto, la mayor parte de los huesos contienen cavidades á las que van á parar las prolongaciones de los sacos aéreos.

Una Ave fósil, el *Arqueopterix* (véase *Nociones de paleontología animal*) tiene un esqueleto que marca la transición entre los Reptiles y las Aves, pues estaba cubierto de plumas, pero su cola prolongada y sus mandíbulas provistas de dientes le asemejan á los Reptiles.

Músculos. — Las Aves poseen un motor potente formado por las alas, que son movidas sobre todo por los *músculos pectorales*. Estos músculos voluminosos están situados en la parte ventral, de modo que con su peso contribuyen á bajar el centro de gravedad de la máquina. Cuando el animal vuela de abajo arriba, baja las alas para apoyarse en el aire; después las pliega y las levanta y luego las extiende para bajarlas de nuevo. Cuando vuela en sen-

tido horizontal, se desliza con las alas extendidas en las condiciones que exige el funcionamiento de los *aeroplanos*. La estabilidad de los órganos internos en el vuelo está asegurada por el equilibrio de los sacos aéreos.

En suma, el Ave constituye una *máquina volante*, ligera, sólida y provista de un motor potente.

Sistema nervioso. — Los hemisferios continúan su crecimiento; pero son todavía lisos y no cubren la glándula pineal (fig. 381); están enlazados por un cuerpo calloso rudimentario. Los lóbulos ópticos aparecen en los lados. El cerebelo comienza á plegarse y á presentar á ambos lados los dos hemisferios cerebelosos rudimentarios aún.

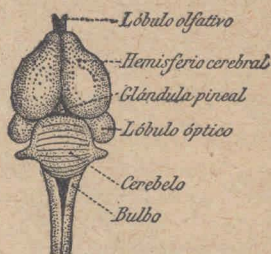


Fig. 381. — Encéfalo de una Ave (Pavo).

Órganos de los sentidos. — Tienen un *oído externo* que se reduce al conducto auditivo, pero carecen de pabellón. La *lagena* empieza á enrollarse para formar el caracol.

El *ojo* presenta un tercer párpado, la *membrana nictitante*, que se abre lateralmente á manera de una cortina, y corresponde

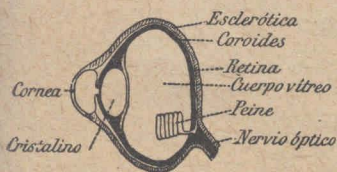


Fig. 382. — Ojo de una Ave.



Fig. 383 — Anillo óseo de la esclerótica

al *pliegue semilunar* del ojo del hombre. Las Aves tienen una prolongación de la coroides formada de laminillas y que penetra en el humor vítreo sin llegar al cristalino; es el *peine* (fig. 382) que es el homólogo del ligamento falciforme de los Peces. La esclerótica contiene un anillo formado de piezas óseas articuladas

é imbricadas con regularidad (fig. 383). Por su disposición el ojo está acomodado para la visión á gran distancia.

En resumen, las Aves pueden ser consideradas como descendientes de los Reptiles transformadas en máquinas volantes. La paleontología nos proporcionará pruebas en favor de esta idea. Habiéndose adaptado estos animales á condiciones bastante uniformes, tienen una organización uniforme; por eso forman uno de los grupos más homogéneos de la serie animal.

V. — Mamíferos.

Organización de los Mamíferos. — Los Mamíferos son los Vertebrados más perfectos en organización. Como luego veremos, realizan la adaptación más perfecta á la locomoción terrestre.

Exteriormente están caracterizados por producciones de la piel : las *mamas* y el *pelo*.

Mamas. — Son glándulas en racimo destinadas á segregar la leche que sirve para alimentar á los hijos. Las mamas están colocadas por par en el pecho, ó en el abdomen, según las especies; su número guarda proporción con el número normal de hijos.



A. — Sección de una glándula mamaria.

C. — Célula secretoria que se parte en dos.

Fig. 384. — Formación de la leche

La secreción de la leche se debe á la actividad del epitelio de estas glándulas. Las células de la glándula se hinchan, los núcleos se multiplican, y se acumulan gotitas de grasa del lado de la cavidad glandular (fig. 384) en una parte de la célula que se hincha cada vez más y acaba por desprenderse : el protoplasma se disuelve y los glóbulos grasos quedan libres para dar *leche*. La parte profunda de la célula permanece fija y regenera la célula entera.

La *leche* es un líquido nutritivo, y un alimento completo

para los hijos; la cual contiene : 1º gotitas de grasa formando una emulsión; éstas pueden subir á la superficie para dar la crema, ó para dar *mantequilla* batiéndolas; 2º una materia albuminoidea líquida que puede coagularse para formar la *caseína* del queso; 3º un líquido de color algo cetrino que contiene un poco de azúcar y de sales; es el *suero*.

Pelo. — El pelo se forma en la piel y tiene por objeto mantener constante la temperatura del cuerpo. Por eso es más abundante en los animales que viven en las regiones frías. En efecto, las hermosas *pellizas* provienen de las pieles de Siberia y de la América boreal, donde los inviernos son más fríos y largos. Por el contrario, los Mamíferos que habitan las regiones calientes tienen un pelaje seco, ralo y poco sedoso.

Aparato digestivo. — Las modificaciones interesantes que hay que señalar, se refieren á los *dientes*, al *estómago* y al *intestino*.

I. DIENTES. — Mientras que los dientes de los Vertebrados inferiores servían sólo para retener la presa, los de los Mamíferos sirven sobre todo para triturar los alimentos á fin de facilitar

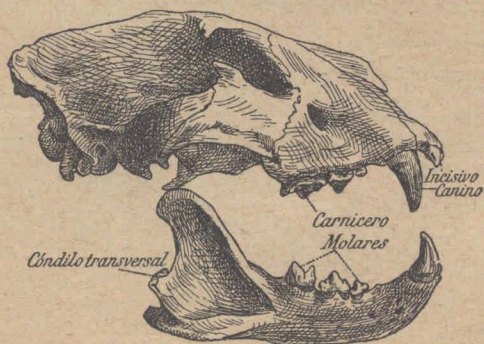


Fig. 385. — Cabeza de Carnívoro (León).

acción de los jugos digestivos. Por eso la dentadura de los animales guarda proporción con el régimen alimenticio. Vamos á

exponer algunos ejemplos de adaptación de esta dentadura á los principales modos de alimentación.

1º *Carnívoros*. Ej. : Gato, León (fig. 385). — Los *incisivos* son pequeños; los *caninos* muy desarrollados y puntiagudos, á propósito para despedazar la presa; los *molares* tienen eminencias en punta y se cruzan con las de la mandíbula opuesta como las de una tijera. Entre estos molares hay uno más desarrollado que los otros, es el *carnicero*.

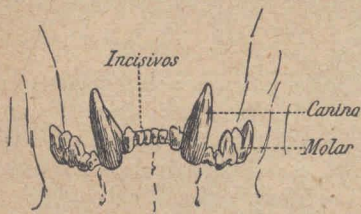


Fig. 386. — Quijada inferior del León, vista de frente.

El *cóndilo* de la mandíbula inferior se prolonga transversalmente y encaja en una

cavidad del temporal, de modo que esta mandíbula sólo puede moverse verticalmente de arriba abajo y de abajo arriba.

Al lado de los Carnívoros podemos colocar los *Insectívoros*, como el Erizo, cuyos dientes son todos puntiagudos para perforar los carapachos de los Insectos.

2º *Roedores*. Ej. : Conejo, Castor (fig. 387). — Los *incisivos* son largos y sólo están cubiertos de esmalte en la cara anterior, de

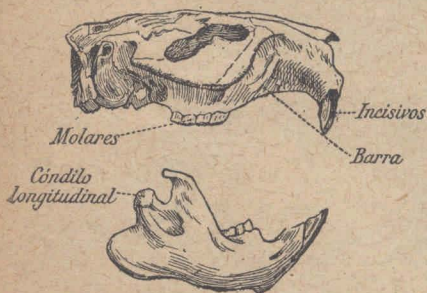


Fig. 387. — Cabeza de Roedor (Castor).

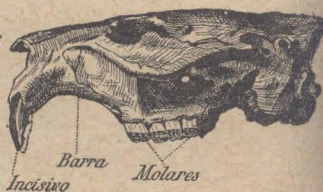


Fig. 388. — Quijada de un Roedor (Castor) vista por abajo.

modo que se gastan en bisel y presentan un borde cortante. Estos carecen de *caninos*, y el espacio que queda vacío entre los incisivos y los molares se llama *barra*, ó asiento. Los *molares* tienen

una corona plana (fig. 388) que presenta pliegues transversales de esmalte.

El *cóndilo* se prolonga longitudinalmente y se desliza en una cavidad también longitudinal, de modo que la quijada inferior sólo puede moverse fácilmente de atrás adelante y viceversa. La quijada inferior funciona como una lima que raspa mediante los pliegues de esmalte de los molares.

3º *Rumiantes*. Ej.: Buey, Antilope (fig. 389). — Estos no tienen ni *incisivos* ni *caninos* en la quijada superior (excepto los Camellos); en la quijada inferior los *incisivos* son planos en forma de pala. Los *molares* están guarnecidos de pliegues de esmalte longitudinales.

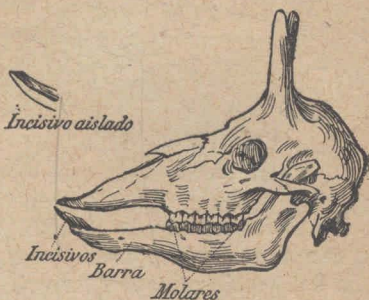


Fig. 389. — Cabeza de Rumiante (Antilope). é incisivo aislado.

El *cóndilo* es cóncavo y se mueve en una superficie convexa, que permite movimientos laterales muy pronunciados. Las quijadas funcionan como piedras de molino para aplastar las hierbas que sirven de alimento á estos animales.

Otros Mamíferos tienen una dentadura especial. El *Caballo*

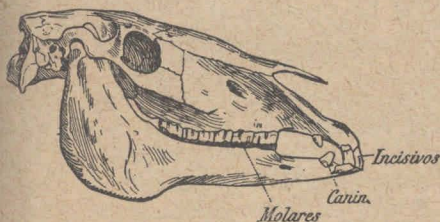


Fig. 390. — Cabeza de Caballo.

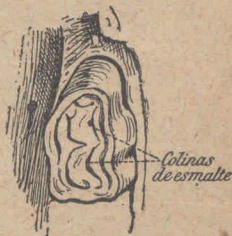


Fig. 391. — Una muela de Caballo.

(fig. 390) tiene *incisivos* y *caninos* en ambas quijadas; la yegua no tiene *caninos*; los *molares* están provistos de crestas sinuosas

de esmalte (fig. 391). La edad del Cabello se conoce en el desgaste más ó menos grande de los pliegues de esmalte.

El *Elefante* tiene los dos incisivos superiores muy desarrollados para formar las *defensas*.

En el *Jabali* son los *caninos* los que forman las defensas.

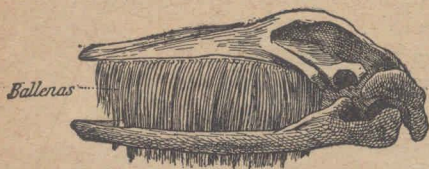


Fig. 392. — Cabeza de Ballena.

Ciertos *Mamíferos*, como el *Hormiguero* y la *Ballena*, no tienen dientes. La Ballena tiene el paladar cubierto de láminas córneas, llamadas *barbas*, ó *ballenas* (fig. 392) de las cuales se sirve como de una red para capturar su alimento.

En fin, los *Monotremas* (Ornitorinco y Equidné) tienen un pico córneo.

II. ESTÓMAGO. — Presenta generalmente dos regiones : una *secretoria*, y otra que sirve de depósito para los alimentos. En la Rata, por ejemplo, se ven esas dos regiones (fig. 393).

En los Rumiantes, el estómago (fig. 394) presenta cuatro cavidades . 1º la *panza* ó *herbario*, que comunica con

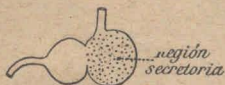


Fig. 393. — Estómago de Rata.

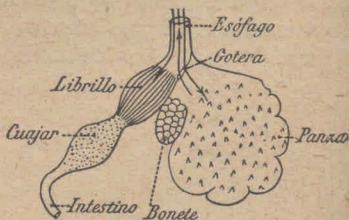


Fig. 394. — Estómago de Rumiante.

el esófago por la *gotera esofágica*; 2º el *bonete*, cuya superficie interna presenta tabiques que forman celdas; 3º el *lebrillo*, cuya mucosa plegada presenta láminas dispuestas como las hojas de un libro; 4º el *cuajar*, que segrega el jugo gástrico; éste se llama así porque en el Becerro segrega una substancia, el *cuajo*, que tiene la propiedad de cuajar la leche.

El estómago de los Rumiantes es un ejemplo interesante de

adaptación de un órgano á sus funciones. En efecto, són animales tímidos que arrancan rápidamente la hierba y la tragan sin mascar. Esa hierba, hecha un pelotón, dilata el esófago, apoya sobre los bordes de la gotera esofágica entreabriéndola y va á la panza. De este modo si el animal es perseguido, puede escaparse llevando sus provisiones. Después, cuando está en descanso, el animal contrae las paredes de la panza para que suban los alimentos por el esófago á la boca, para rumiarlos, y entonces van directamente al lebrillo y después al cuajar. A esta operación se le da el nombre de *rumia*.

En el *bonete* se acumula el agua que absorbe el Rumiante.

III. INTESTINO. — Este tiene una longitud que varía según el régimen del animal. Cuanto más carnívoro sea, menos largo es el intestino. El del Gato tiene 2 metros de largo, el del Perro de 4 á 5. Los herbívoros, por el contrario, tienen largo el intestino, porque las materias vegetales se digieren difícilmente : la longitud del intestino del Caballo llega á 25 metros, la del Carnero á 28 y la del Buey casi á 40.

Aparato circulatorio. — Es parecido al del Hombre. Hay que señalar una particularidad interesante que encontramos en un Mamífero marino, el Dugong, que tiene un corazón, cuyos dos ventrículos están perfectamente separados (fig. 395). La Ballena tiene inmensos *senos venosos* en relación con la facultad que tiene de permanecer dentro del agua mucho tiempo; pues la sangre que contienen esos senos encierra cierta cantidad de oxígeno en reserva que utiliza el animal dentro del agua.

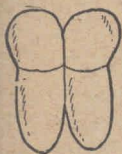


Fig. 395. — Corazón del Dugong.

En los embriones de los Mamíferos, como en los de las Aves, el aparato circulatorio presenta arcos aórticos semejantes á los de los Peces; después se atrofian esos arcos y desaparecen por un mecanismo parecido al indicado en los Batracios. También el corazón tiene al principio dos cavidades, como en los Peces; después acaba su desarrollo y entonces presenta cuatro cavidades. De modo que los Vertebrados superiores tienen las primeras fases de su desarrollo como la organización definitiva de los Vertebrados inferiores. Este hecho lo veremos de nuevo

repetido en el estudio del aparato respiratorio y en el eliminador, así como en el sistema nervioso.

Aparato respiratorio. — Los pulmones de los Mamíferos son semejantes á los del Hombre. Los Mamíferos acuáticos, la Foca y la Ballena, por ejemplo, respiran con pulmones, como los Mamíferos terrestres; por consiguiente tienen necesidad de salir á respirar de vez en cuando á la superficie del agua. Pero, mediante vasos sanguíneos abundantes, tienen mucha reserva de sangre y por consiguiente de oxígeno, de modo que permanecen generalmente hasta 20 minutos dentro del agua.

En los *Mamíferos*, lo mismo que en las *Aves*, los *Reptiles* y los *Batracios*, los pulmones provienen de un brote del tubo digestivo en la región faríngea (fig. 396). Los pulmones aparecen en forma de una simple prominencia, que luego se divide en dos : después, cada una de estas vesículas se complica poco á poco : primero es una simple bolsa como la vejiga natatoria de los Peces; luego una bolsa algo abultada como los pulmones de los Batracios y de los

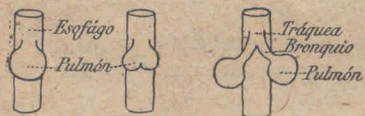


Fig. 396. — Desarrollo de los pulmones en los Vertebrados.

Lagartos, y por último se acentúan los pliegues para llegar á su máximum de complicación en los Mamíferos. Por donde se ve que las transformaciones sucesivas del aparato pulmonar en un embrión de Mamífero

se hallan en el estado definitivo en la serie de los Vertebrados. Los agujeros branquiales se hallan también en los primeros intervalos del desarrollo del Hombre. Esta observación, junta con la que hemos hecho á propósito del aparato circulatorio, nos permite decir que la *ontogenia* (desarrollo del individuo) no es otra cosa que una pequeña repetición de la *filogenia* (desarrollo de la especie.)

Esqueleto. — Es semejante al del Hombre. Las modificaciones más interesantes del esqueleto de los Mamíferos son las que se ven en los *miembros*.

La *columna vertebral* comprende siempre siete vértebras cervicales, aun en la Jirafa.

La cabeza tiene una forma que varía según la nutrición : es prolongada cuando tienen que coger los alimentos con el hocico, como en los herbívoros ; por el contrario, es corta y aplastada cuando tienen que mascar, como los carnívoros. En los Mamíferos superiores (Mono, Hombre), la cara disminuye y el cráneo aumenta. Pero la cabeza del Mono es muy diferente de la del Hombre por la prominencia de las mandíbulas, la frente estrecha y las crestas óseas del cráneo (fig. 397).

La *cintura escapularia* no tiene más que dos huesos en vez de tres como en los demás Vertebrados : clavícula y omoplato ; el hueso coracoides está soldado al omoplato para dar la *apófisis coracoides*.

La clavícula no existe en los Mamíferos adaptados especialmente á la locomoción, como el Caballo por ejemplo.

La *cintura pelviana* existe abierta también en los Mamíferos inferiores ; y se cierra por la sínfisis del pubis en los Mamíferos superiores.

Las modificaciones se revelan sobre todo en las extremidades de los miembros, y varían según que la adaptación se hace para la carrera, para el salto, para el vuelo, para la natación, etc.

1º *Adaptación á la carrera*. — Esta se hace : 1º por una *reducción del número de dedos*, desde la forma primitiva de 5 dedos hasta el dedo único del Caballo ; 2º por *prolongación de los miembros* ; de *plantigrado*, como el Oso, es decir que apoyan toda la planta del pie en el suelo, el Mamífero se vuelve *digitigrado*, como el Caballo, es decir que sólo apoya los dedos.

La forma primitiva de cinco dedos existe en casi todos los *Unguiculados* (Mamíferos con garras ó uñas) ; sin embargo los Carnívoros tienen el pulgar atrofiado en el miembro posterior, que sólo tiene así cuatro dedos.

Los *Ungulados* (Mamíferos de casco ó pesuña) se dividen en dos grupos : los de dedos impares (5, 3 y 1), y los de dedos pares (4 ó 2).

Los descubrimientos de animales fósiles han permitido seguir la desaparición progresiva de los dedos, como lo demostraremos en

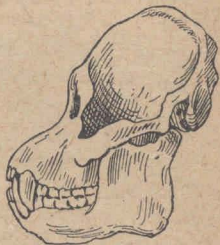


Fig. 397. — Cráneo de Orangután.

paleontología al estudiar el origen del Caballo actual, que solo tiene un dedo, presentando en los lados dos resaltos (fig. 398), que no son otra cosa que dedos laterales atrofiados. El dedo del Caballo terminado en una *pesuña*, ó *casco*, está formado de tres falanges que son la continuación del hueso *canon*, ó *canilla*, que es un metacarpiano. Lo que se llama vulgarmente la rodilla, es la articulación del metacarpo con el carpo, es decir el puño.



Fig. 398. — Pie de Caballo.

El Rinoceronte tiene tres dedos y el Elefante cinco, apoyando todos en el suelo.

Entre los Mamíferos con un número par de dedos citaremos el Hipópótamo (fig. 399), que tiene cuatro dedos casi iguales; el Puerco, que también tiene cuatro, apoyando en el suelo los dos del medio, y dos laterales más pequeños. Por transiciones como la del Antílope, que tiene dos dedos y dos estiletes laterales, se llega al Buey, en el que no existen más que dos dedos terminados en pesuñas, y los dos metatarsianos están soldados en un solo hueso, le

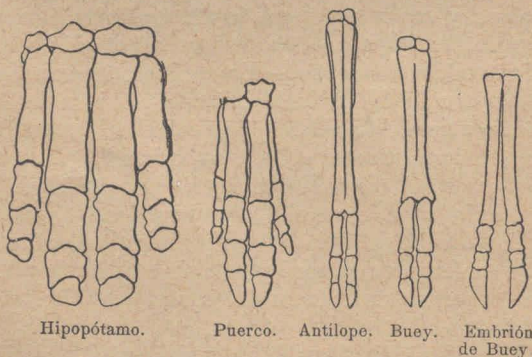


Fig. 399. — Extremidades de los miembros de los Porcunos y de los Ruminantes.

canon ó *canilla*. La soldadura de estos dos huesos, separados durante la vida embrionaria (fig. 399), está bien marcada por un surco visible en toda la longitud del hueso.

2º *Adaptación al salto.* — Ciertos Mamíferos, como el Conejo y la Liebre, tienen miembros posteriores muy desarrollados, que hacen avanzar el cuerpo hacia adelante al enderezarse y facilitan el salto.

Los Marsupiales, como el Canguro por ejemplo (fig. 400), tienen los miembros posteriores muy grandes y los anteriores poco desarrollados. Por eso no se pueden mover sino dando saltos. En el pubis tienen dos huesos particulares, los *marsupiales*, que sirven para sostener la bolsa marsupial, donde se abrigan los hijos y acaban su desarrollo.

3º *Animales excavadores.* — El *Topo* (fig. 401), que vive bajo tierra, tiene las patas anteriores á propósito para excavar. La palma de la pata está dirigida hacia afuera; además, la pata anterior (fig. 402) es mucho más fuerte que la posterior, y está reforzada con un hueso que viene á ser un sexto dedo.

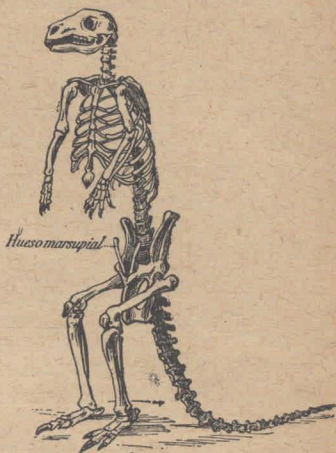


Fig. 400. — Esqueleto de Canguro.



Fig. 401. — Topo



Fig. 402. — Pata anterior e Topo.

4º *Adaptación al vuelo.* — El *Murciélago* (fig. 403) tiene el miembro superior adaptado al vuelo. Todos los dedos, excepto el pulgar, tienen una prolongación considerable para sostener una membrana, que, adherida por otra parte al cuerpo, forma una

especie de ala. El pulgar tiene una uña con la que el animal se agarra á las paredes.

El esternón presenta un ligero saliente longitudinal que semeja la pechuga de las Aves.

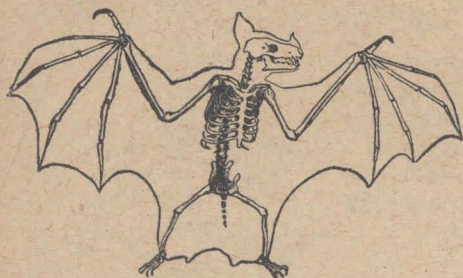


Fig. 403. — Esqueleto de Murciélago.

5° *Adaptación á la natación.* — Dos grupos de Mamíferos tienen vida acuática: los *Anfibios* (Foca) (fig. 404) y los *Cetáceos* (Ballena, Delfín) (fig. 405).

En los *Anfibios* los dos pares de miembros están transformados en aletas: las anteriores sirven de remos, mientras que las posteriores, dirigidos hacia atrás, hacen el papel de timón.

En los *Cetáceos*, sólo existen los miembros anteriores; los pos-



Fig. 404. — Foca.

teriores apenas están marcados por dos huesecitos, que son vestigios de los huesos del bacinete (fig. 405).

6° *Adaptación á la prensión.* — Los Monos (fig. 406) tienen las extremidades de sus miembros adaptadas á la prensión. En

efecto, el pulgar del miembro anterior y el del posterior puede oponerse á los otros; lo que permite á estos animales coger los objetos, tanto con los pies como con las manos : de ahí viene su nombre de *cuadrumanos*.

En el hombre, sólo el pulgar de la mano es oponible á los otros dedos.

Sistema nervioso. — El carácter del encéfalo de los Mamíferos es el gran desarrollo de los *hemisferios cerebrales* : en los Mamíferos más inferiores (Marsupiales) son lisos y no cubren los lóbulos ópticos, ó tubérculos bigemelos. En el Conejo (fig 407, A) el cerebro cubre casi



Fig. 405. — Esqueleto de Delfín actual.



Fig. 406. — Esqueleto de Chimpancé.

completamente los óbulos ópticos convertidos en *tubérculos cuadrigemelos*, pero aun no tiene circunvoluciones. En fin, en los

Carnívoros (fig. 407, B) y los Monos, abundan las circunvoluciones y el cerebro se parece al del Hombre. En los Monos superiores, como el Orangután (fig. 407, C), los hemisferios cubren casi completamente el cerebelo, como en el Hombre.

Cuando se sigue el desarrollo del cerebro de un Mamífero supe-

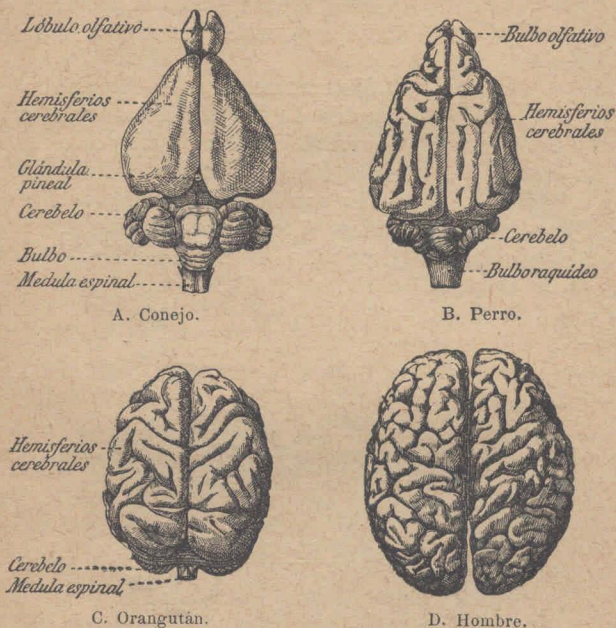


Fig. 407. — Encéfalos de Mamíferos.

rior, se observa que pasa por una serie de estancias provisionales, que recuerdan los estados definitivos del cerebro de los Vertebrados inferiores. Los hemisferios cerebrales de un niño (fig. 408) son sucesivamente semejantes á los de un Pez, después á los de un Reptil y por fin á los de una Ave. Es una prueba más del paralelismo que existe entre el desarrollo de un animal superior y las diferentes estancias de la evolución orgánica considerada en los grupos zoológicos.

Órganos de los sentidos. — El *tacto* se efectúa en muchos Mamíferos mediante *pelos táctiles*, en la base de los cuales hay ramificaciones nerviosas. El bigote del Gato, los pelos de las alas del Murciélago tienen mucha sensibilidad.

El *gusto* está generalmente poco desarrollado : en los Carnívoros la lengua es córnea; pero tiene papilas más sensibles en los Herbívoros y los Frugívoros.

El *olfato* está tanto más desarrollado cuanto más arrollados están los *cornetes* de la nariz. Por eso los animales que tienen *viento*, como el Perro, tienen las cavidades nasales ocupadas casi por los cornetes, de modo que son más abundantes las ramificaciones nerviosas.

La *oreja* presenta modificaciones interesantes. La externa es muy movable en los animales perseguidos (Liebre), muy desarrollada en los animales nocturnos (Murciélago) (fig. 409). Carecen de ella el Topo, que vive dentro de la tierra y los Cetáceos, que viven dentro del agua. Ya sabemos

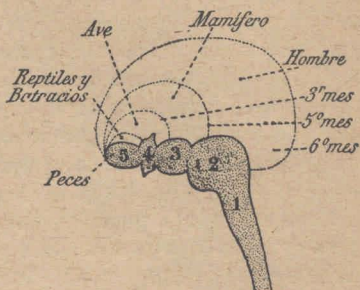


Fig. 408. — Desarrollo de los hemisferios en la serie de los Vertebrados y en el embrión de un Mamífero superior



Fig. 409. — Murciélago (Orejudo).

que los sólidos y el agua conducen mejor el sonido que el aire : luego la desaparición de la oreja externa en estos Mamíferos es un ejemplo evidente de adaptación.

El *ojo* de los Mamíferos se parece al del Hombre; sin embargo,

en el Caballo y el Buey hay un tercer párpado, la *membrana parpadeante*, que parte del ángulo interno del ojo.

Cuando ciertos animales, como el Topo, viven en continua obscuridad, se nota una atrofia y aun la completa desaparición del ojo.

Conclusiones. — Acabamos de enumerar los principales modelos de organización del reino animal. Hemos dado á conocer los perfeccionamientos progresivos que experimentan desde los Protozoarios hasta el Hombre. En fin, el estudio del desarrollo de ciertos órganos en los Mamíferos nos ha hecho ver que las estancias sucesivas de estos órganos correspondían á los órganos de los animales inferiores. La evolución de un animal superior es en cierto modo una historia abreviada de la evolución general de los grupos de animales.

El estudio de la paleontología nos permitirá mejor fijar el origen de los principales grupos actuales y dar á conocer las relaciones que existen entre estos grupos. Entonces podremos dar una idea más clara aún de la evolución de las formas animales.

RESUMEN

Caracteres de los Vertebrados. — Los Vertebrados tienen : 1° una *columna vertebral*; 2° un *sistema nervioso* situado encima del tubo digestivo; 3° un *aparato respiratorio* formado á expensas de la parte anterior del tubo digestivo.

Esbozo del modelo Vertebrado. — 1° El *Anfioso* : tiene una cuerda dorsal, un sistema nervioso situado encima del tubo digestivo, un aparato circulatorio semejante al de las Lombrices, órganos segmentarios.

2° Los *Tunicados* : tienen, en estado embrionario, organización parecida á la de los Anfiosos; pero la vida sedentaria de estos animales adultos les hace sufrir una degradación orgánica. Pueden brotar y formar *colonias*.

Clasificación de los Vertebrados. — Se les divide en 5 clases :

1° *Peces* : respiración branquial, escamas.

2° *Batracios* . . . { respiración branquial cuando son jóvenes;
respiración pulmonar cuando son adultos.

Reptiles : respiración pulmonar, falsas escamas.

3° *Aves* : cuerpo cubierto de plumas.

4° *Mamíferos* : mamas, pelo.

I. Peces. — Adaptados á la vida acuática.

Aparato digestivo. { Muchos dientes en los huesos de la boca.
Tubo digestivo simple : apéndices pilóricos.

- Aparato circulatorio.* { Corazón : una aurícula, un ventrículo.
Arcos aórticos.
- Aparato respiratorio.* { Branquias : láminas situadas en los arcos branquiales.
Adaptación á la respiración aérea : vejiga natatoria (Dipneustos).
- Esqueleto* { Cartilaginoso (Tiburón) ú óseo (Perca).
Vértebras biconcavas.
Miembros transformados en aletas pares.
- Sistema nervioso :* hemisferios cerebrales más pequeños que los lóbulos ópticos.
- Órganos de los sentidos.* { El oído se reduce al oído interno.
El ojo es muy convergente (cristalino esférico, ligamento falciforme).
Línea lateral.

II. Batracios. — Intermedios entre los Vertebrados acuáticos y los aéreos.

El desarrollo se compone de una serie de *metamorfosis* (branquias externas, branquias internas, pulmones).

- El tubo digestivo es* { largo en las larvas (herbívoros).
corto en los adultos (carnívoros).
en las larvas es parecido al de los Peces (arcos aórticos).
- El aparato circulatorio* { en el adulto, el corazón tiene 3 cavidades (2 aurículas y 1 ventrículo).
- El aparato respiratorio.* { en las larvas es branquial.
en los adultos es pulmonar.
- Esqueleto :* sin costillas, pero con esternón.
- Órganos de los sentidos.* { Oído interno y oído medio (columela).
Línea lateral en las larvas.

III. Reptiles. — Adaptación completa á la vida terrestre.

- Aparato digestivo.* { Dientes pequeños soldados á los huesos.
Mandíbula inferior unida al cráneo por el hueso cuadrado.
Ganchos venenosos (Serpientes venenosas).
- Aparato circulatorio.* { Reptiles inferiores : Corazón con 3 cavidades.
Reptiles superiores : Corazón con 4 cavidades.
- Aparato respiratorio :* Pulmones formados de simples sacos plegados.
- Esqueleto* { Numerosas costillas.
Desaparecen los miembros en las Serpientes.
Hemisferios cerebrales más desarrollados que en los Batracios.
- Sistema nervioso.* { Ojo pineal.

IV. Aves. — Adaptación al vuelo. Plumas (penas, tectrices, plumón).

- Aparato digestivo.* { Sin dientes, pico córneo.
Buche, ventrículo succenturiado, molleja, intestino. cloaca.

- Aparato circulatorio.* { Corazón con 4 cavidades.
Aorta encorvada hacia la derecha.
- Aparato respiratorio.* { 2 laringes.
Pulmones y sacos aéreos.
- Esqueleto.* { Neumaticidad de los huesos.
Pechuga, hueso coracoides.
Miembros superiores transformados en alas.
- Músculos :* Los grandes *pectorales* muy desarrollados.
- Sistema nervioso :* Hemisferios más desarrollados que en los Reptiles.
- Órganos de los sentidos.* { Oído externo sin pabellón.
Ojo : tres párpados, un peine.

V. Mamíferos. — Adaptación á la locomoción terrestre.

Caracterizados exteriormente por *mamas* y *pelo*.

- | | | | |
|---|----------------------|--|--|
| <i>Aparato digestivo.</i> | I. <i>Dentadura.</i> | <i>Carnívoros.</i> | { <i>Incisivos</i> pequeños, <i>caninos</i> desarrollados, <i>molares</i> puntiagudos.
Cóndilo transversal. |
| | | <i>Roedores.</i> | { <i>Incisivos</i> grandes, sin <i>caninos</i> , <i>molares</i> con pliegue de esmalte.
Cóndilo longitudinal. |
| | | <i>Rumiantes.</i> | { Ni <i>incisivos</i> , ni <i>caninos</i> en la mandíbula superior.
Cóndilo cóncavo. |
| | | Sin dientes en el Hormiguero; <i>ballenas</i> ó <i>barbas</i> en la Ballena. | |
| | | II. <i>Estómago</i> : 4 bolsas en los Rumiantes : <i>panza</i> , <i>bonete</i> , <i>lebrillo</i> y <i>cuajar</i> . | |
| III. <i>Intestino</i> : Su longitud es pequeña en los Carnívoros, considerable en los Herbívoros. | | | |

Aparato circulatorio : Semejante al del Hombre. El embrión presenta *arcos aórticos* parecidos á los de los Peces.

Aparato respiratorio : Semejante al del Hombre. Los Mamíferos acuáticos (*Foca*, *Ballena*) respiran también con pulmones.

Esqueleto : Las modificaciones más interesantes son las que presentan los miembros, según que se adaptan á la *carrera*, al *salto* al *vuelo*, etc.

- 1° Adaptación á la *carrera.* { *Reducción del número de dedos.*
Prolongación de los miembros.
- 2° Adaptación al *salto.* { Miembros posteriores > Miembros anteriores
Liebre.
Miembro anterior muy disminuido : *Marsupiales*
- 3° Animales *excavadores* : Pata anterior del *Topo*.
- 4° Adaptación al *vuelo.* { Miembro anterior de los *Murciélagos*.
Esternón con ligera *pechuga*.
- 5° Adaptación á la *natación.* { Miembros que se transforman en aletas. { *Anfibios* : los 4 miembros.
Cetáceos : los 2 miembros anteriores.
- 6° Adaptación á la *prensión* : *Pulgar* oponible á los otros dedos.

Sistema nervioso. — Los *hemisferios cerebrales* muy desarrollados: lisos en los Mamíferos inferiores (Marsupiales, Roedores), plegados en los Carnívoros y los Monos y casi tan complicados como en el Hombre.

Órganos de los sentidos. — Muchos tienen *pelos táctiles* (bigotes del Gato, alas del Murciélago).

Los que tienen *vientos* tienen cornetes olfativos muy desarrollados.

El *oído externo* falta en el Topo y los Cetáceos.

El *ojo* ha desaparecido en el Topo.

INDICE

INTRODUCCIÓN

Fenómenos de la vida en los animales y los vegetales. . .	1
Elementos constitutivos de los seres vivos. — La célula. .	4

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA ANIMALES

CAPÍTULO PRIMERO. — Tejidos. — Órganos. — Funciones animales.

Formación de los animales. El embrión.	15
Diferenciación de las células.	17
Los tejidos: epitelial, conjuntivo, cartilaginoso, sanguíneo, etc.	18
Las principales funciones.	23

ESTUDIO ESPECIAL DEL HOMBRE

Las regiones del cuerpo.	25
----------------------------------	----

PRIMERA SECCIÓN. — LAS FUNCIONES DE NUTRICIÓN

CAPÍTULO II. — La digestión.

Anatomía del tubo digestivo: boca, faringe, esófago, estómago é intestino.	26
El peritoneo.	36
Las glándulas anexas: glándulas salivales, páncreas é hígado.	38
Los alimentos.	45
Fenómenos mecánicos de la digestión: masticación, deglución y movimientos peristálticos.	49
Fenómenos químicos: los jugos digestivos, las diastasas . .	51

CAPÍTULO III. — La absorción alimenticia.

Vías de la absorción.	63
Mecanismo de la absorción	64

CAPÍTULO IV. — La circulación.

Anatomía del aparato circulatorio: corazón, arterias, capilares y venas.	67
La sangre: glóbulos y plasma.	75
Historia de la circulación	82
Mecanismo de la circulación: aparatos registradores. . . .	83
Influencia del sistema nervioso en el corazón y los vasos. .	89

Aparatos linfáticos : vasos y ganglios linfáticos.	90
La linfa y su papel fisiológico.	92
Origen de los glóbulos de la sangre y de la linfa.	94

CAPÍTULO V. — La respiración.

La respiración es un hecho biológico general.	97
Anatomía del aparato respiratorio : vías respiratorias y pulmones	99
Mecanismo de la respiración : movimientos respiratorios . .	103
Fenómenos químicos de la respiración	110
Asfixia	114

CAPÍTULO VI. — Eliminación.

Objeto de la eliminación. Las glándulas.	120
Anatomía del aparato urinario : riñones y vías urinarias . .	123
La orina	127
Fisiología de la secreción urinaria.	129
Secreción del sudor : glándulas sudoríparas.	131
Secreción de la bilis. Glándulas cerradas : cuerpo tiroides, timoides	132

CAPÍTULO VII. — La nutrición.

La nutrición; el balance orgánico	136
Las materias de reserva : grasa, glicógeno	139
La energía en los seres vivos.	142

CAPÍTULO VIII. — El calor animal.

El calor es necesario para la vida.	146
La temperatura de los animales.	147
Producción del calor.	148
Lucha contra el frío, contra el calor	150
Organismo y máquina	152

SEGUNDA SECCIÓN. — LAS FUNCIONES DE RELACIÓN.

CAPÍTULO IX. — El esqueleto.

El hueso : Estructura y composición.	154
Desarrollo del esqueleto : osificación.	157
Esqueleto del tronco : columna vertebral, costillas y esternón. .	161
Esqueleto de la cabeza : cráneo y cara.	164
Miembros y cinturas.	168
Articulaciones	171

CAPÍTULO X. — Los músculos.

Anatomía de los músculos : estriados y lisos	175
Fisiología de los músculos; contracción muscular.	179
Nutrición de los músculos en reposo y en actividad.	185
Trabajo del músculo; fatiga muscular	187
Mecanismo de los movimientos; locomoción.	189

CAPÍTULO XI. — El Sistema nervioso.

El tejido nervioso y su origen : neuron, célula y fibra nerviosas	194
Los centros nerviosos : medula espinal y encéfalo.	198
Las meninges	207
Los nervios : raquídeos y craneanos.	207
El gran simpático	210
El reflejo nervioso.	212
Fisiología de los nervios : excitabilidad, conductibilidad. .	213
Fisiología de los centros nerviosos.	216
Fisiología del gran simpático.	225

CAPÍTULO XII. — Los órganos de los sentidos.

El tacto y la piel : terminaciones nerviosas.	231
El gusto y la lengua.	234
El olfato y la nariz.	237
El oído y la audición.	239
El ojo y la visión.	246

CAPÍTULO XIII. — La laringe y la voz.

Anatomía de la laringe.	263
Fisiología de la laringe.	264
La voz y la palabra.	265

PRINCIPALES MODELOS DE ORGANIZACIÓN EN EL REINO ANIMAL

CAPÍTULO XIV. — Las grandes divisiones del reino animal.

Clasificación de los animales	267
Las grandes divisiones del reino animal.	268

CAPÍTULO XV. — Principales modelos de organización de los Invertebrados.

Protozoarios	273
Esponjas	276
Celentéreos.	277
Equinodermos	281
Lombrices	285
Artrópodos.	289
Moluscos.	294

CAPÍTULO XVI. — Principales modelos de organización de los Vertebrados.

Caracteres generales de los Vertebrados	302
Peces.	309
Batracios.	316
Reptiles	321
Aves.	326
Mamíferos	332

SEGUNDA PARTE

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA VEGETALES

CAPÍTULO PRIMERO

CARACTERES GENERALES DE LOS VEGETALES

La célula y los tejidos.

Caracteres de los vegetales — Antes hemos visto cuán difícil era separar de una manera absoluta los Vegetales de los Animales. Las plantas, solía decirse, *no se mueven ni son sensibles*. Pues



Fig. 1. — Rama de Sensitiva.



Fig. 2. — Sensitiva anestesiada por el cloroformo.

bien, luego veremos que los diferentes órganos de la planta pueden efectuar ciertos movimientos con el fin de asegurar la nutrición de la planta, y que además estos órganos son sensibles, ó mejor

dicho *irritables*. Si se toca ligeramente á una hoja de *Sensitiva* (fig. 1) se cierra en seguida. Además, ciertas sustancias, como el cloroformo y el éter, pueden obrar sobre los Vegetales como sobre los Animales aniquilando su irritabilidad, anestesiándoles (fig. 2).

El carácter distintivo de los Vegetales es que tienen en su organismo una sustancia llamada *celulosa*, cuya fórmula química es $C^6H^{10}O^5$.

§ 1. — La célula vegetal.

La planta, así como el animal, se compone de *elementos anatómicos* ó *células*. No hay para qué describir otra vez la célula; indicaremos solamente en qué se distingue la célula vegetal de la célula animal. Esta diferencia reside sobre todo en la estructura del *protoplasma* y de la *membrana*.

El protoplasma. — El protoplasma vegetal tiene las mismas propiedades generales que el protoplasma animal. Se diferencia sólo por la presencia de corpúsculos redondos llamados *leucitos* (fig. 3). Estos leucitos tienen la misma composición química que el protoplasma, pero son más refringentes.

La mayoría de los leucitos son incoloros; algunos de estos corpúsculos toman color amarillo, anaranjado ó rojo; estos son *chromoleucitos*. Pero los más numerosos son los verdes, que contie-

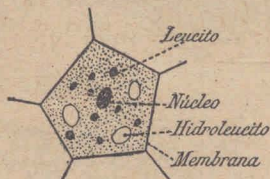


Fig. 3. — Célula vegetal.



Fig. 4. — Célula con un solo hidroleucito.

nen *clorofila* y que se llaman *cloroleucitos*, los cuales desempeñan papel importante en la nutrición de la célula.

El protoplasma es continuo en la célula joven; pero poco á poco aparecen cavidades (fig. 3) ó vacuolas que contienen el jugo celular: son *hidroleucitos*. Cuando éstos aumenten en número, se fusionarán y al fin no habrá más que un solo hidroleucito (fig. 4), que

rechazará el protoplasma y el núcleo contra la pared. En la célula muerta (fig. 5) se ve que han desaparecido el núcleo y el protoplasma.

El jugo celular contiene en disolución muchas sustancias : ácidos, hidratos de carbono, diástasas, materias colorantes, alcaloides, etc. Cuando el jugo celular se evapora, esta disolución se concentra y puede entonces dejar depositarse estas sustancias en estado amorfo, ó en estado cristalino. Así es como se ve nacer en las vacuolas de las células de la simiente de Ricino, por ejemplo,



Fig. 5. — Célula muerta.

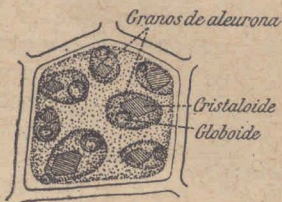


Fig. 6. — Célula del albumen de la semilla del Ricino con granos de aleurona.

granos de *aleurona* (fig. 6), cada uno de los cuales comprende un *cristaloide* de naturaleza albuminoidea y un *globoide* de naturaleza fosforada. Si se pone esta semilla en agua, ésta pasa al hidroleucito y disuelve el cristaloide y el globoide del grano de aleurona, que desaparece. Puede hacerse que reaparezca este grano de aleurona poniendo la semilla en glicerina, que quita el exceso de agua.

La membrana. — La *membrana* está siempre bien desarrollada en los vegetales, excepto en los elementos reproductores (*anterozoides* y *oosfero*). Contiene *celulosa* y *compuestos pécticos*.

La celulosa, que caracteriza los vegetales, tiene por fórmula $C^6H^{10}O^5$, y posee propiedades básicas. Se la reconoce porque toma color azul con el cloruro de cinc yodado, y porque sólo es soluble en el *reactivo de Schweitzer* (líquido cupro-amoniaco que se obtiene echando amoníaco concentrado en torneadura de cobre). Pero no es soluble ni en los ácidos ni en las bases más enérgicas. Puede ser digerida por un vegetal inferior, el *Bacillus amylobacter*, cuya acción fisiológica estudiaremos luego.

Las *compuestos pécticos* tienen una reacción ácida y no son solubles en el reactivo de Schweitzer. Estos forman sobre todo la lámina media de las membranas. La descomposición de la lámina por los microbios, en el enriamiento del Cáñamo, explica cómo se separan las fibras unas de otras.

Modificaciones de la membrana. — En la serie de la evolución de la célula, la membrana sufre modificaciones que son de dos clases: 1° se *engrosa*; 2° se modifica *químicamente*.

1° **ENGROSAMIENTO.** — La membrana puede engrosar uniformemente, y entonces la célula sigue siendo la misma. Pero puede no engrosar uniformemente en toda su superficie, y entonces las partes delgadas (fig. 7) forman las *puntuaciones* y facilitan los cambios de célula á célula. Otras veces filamentos protoplásmicos establecen comunicaciones directas de una célula á otra.

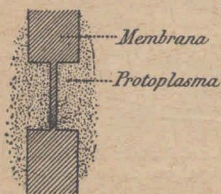


Fig. 7 — Engrosamiento de la membrana y puntuación.

2° **MODIFICACIONES QUÍMICAS.** — La membrana se puede modificar químicamente, sea por la transformación de su propia substancia, sea por depósito de materias particulares en su espesor.

Lignificación. — La mayoría de los elementos que forman la *madera* tienen membranas que se impregnan de una substancia llamada *lignina*. Esta materia tiene la propiedad de tomar color amarillo por el cloroyoduro de cinc y de retener enérgicamente el verde de yodo; y no es atacada ni por el reactivo de Schweitzer, ni por el *Bacillus amylobacter*. Ella es la que comunica solidez á los vegetales. Un pedazo de madera por ejemplo es tejido lignificado.

Suberificación y cutinización. — La celulosa de la membrana puede transformarse en *cutina* ó *suberina*. Esta substancia toma color rojo por la fucsina y amarillo obscuro por el cloroyoduro de cinc; es soluble en la potasa concentrada é hirviendo. Cuando esta substancia se forma solamente en la parte exterior de la membrana de las células epidérmicas (fig. 8), se tiene una capa llamada *cuti-*

cula. Fácilmente se puede arrancar esta parte en la superficie de una hoja de Berza, por ejemplo. La *capa cuticular* es la que se está cutinizando. Si esta transformación se verifica en varias capas de células, se tiene una *suberificación*, y el conjunto de las células así modificadas forma el *corcho*. Las membranas suberificadas resisten á los agentes exteriores, hasta al mismo *Bacillus amylobacter*; luego desempeñan un papel protector.

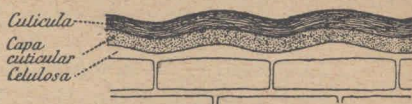


Fig. 8. — Cutinización ó suberificación de la membrana.

Gelificación. — La membrana de ciertas células, de la simiente de Lino por ejemplo, tiene la propiedad de hincharse en contacto del aire y transformarse en una especie de gelatina : esta es la *gelificación*. Los compuestos pécticos son los que sufren esta gelificación.

La producción de las *gomas* proviene también de una transformación patológica de la membrana celulósica.

Mineralización. — En ciertos casos, la membrana puede incrustarse de materias minerales. La caña del Trigo, la de la Asperilla, contienen sílice, que les da mucha dureza. La Coralina contiene carbonato de calcio, y la Teca contiene fosfato.

§ 2. — Los tejidos vegetales.

Origen de la planta. — Diferenciación celular y tejidos. — Toda planta, por complicada que sea, proviene de una sola célula, la *célula inicial* ó *huevo*. Esta célula, se divide luego en dos, que pueden separarse y vivir independientes (Vegetales inferiores), ó permanecer unidas para continuar su multiplicación y formar un conjunto de células (Vegetales superiores).

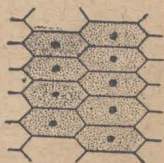


Fig. 9. — Células del meristemo.

Las células semejantes en vías de separación y que se encuentran en las partes tiernas (fig. 9), forman un tejido llamado *meristemo*. La formación continua de nuevas células en la punta del tallo y en la raíz

produce el *crecimiento terminal* de estos órganos. Más tarde las celdas, después de haber sufrido la *diferenciación* que resulta de la división del trabajo fisiológico, se agrupan según sus formas y funciones para dar los *tejidos*.

Entre los principales tejidos debemos citar el *parenquima*, el *fibroso*, el *vascular*.

El parenquima. — Es un tejido formado de células poliédricas

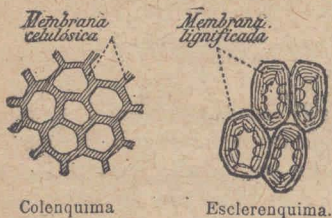


Fig. 10.

de paredes delgadas y celulósicas, que abunda mucho en todas las plantas: es una especie de *tejido conjuntivo* que sirve para enlazar los tejidos.

Si las células del parenquima se separan en ciertos puntos para dejar entre ellas *meatos* ó *lagunas*, se tiene un *parenquima lagunar*. En fin,

según las sustancias contenidas en las células, el parenquima puede ser *clorofílico*, *secretorio*, etc.

Cuando las membranas de las células del parenquima engruesan sin dejar de ser celulósicas, se tiene un tejido llamado *colenquima* (fig. 10). Si las membranas engruesan y se lignifican, como en los huesos de Melocotón ó de Cereza, el tejido se llama *esclerenquima*.

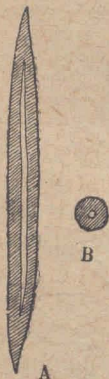


Fig. 11. — Una fibra y su sección.

Tejido fibroso. — La célula que se alarga en punta en ambos extremos, conservando sin embargo paredes espesas, se convierte en *fibra* (fig. 11). En una sección transversal la fibra tiene el aspecto de una célula de esclerenquima. Las fibras pueden seguir siendo *celulósicas*, como en la caña del Lino; pero pueden lignificarse como en el Yute. El *tejido fibroso* es un tejido de sostén que forma en cierto modo la armazón de los tallos.

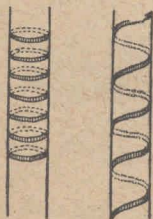
Tejido vascular. — El *tejido vascular* está formado de *vasos*,

es decir de tubos destinados á transportar la savia. Estos vasos son de dos clases según que los estudiemos en la *madera* ó en el *liber*.

1º LA MADERA. — La madera está formada esencialmente de tubos ó *vasos*, de *parenquima leñoso* y de *fibras leñosas*.

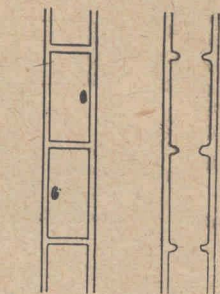
Los *vasos* se componen de células que se sobreponen en filas (fig. 12, A), cuyas paredes se gelifican y se resorben para formar un tubo continuo, conservando solo de distancia en distancia una señal anular de la pared desaparecida (fig. 12, B). También desaparecen el protoplasma y el núcleo. Si la resorción de la pared es completa, se tiene un *vaso perfecto*; si persiste la pared, se tiene un *vaso imperfecto*.

Las paredes de los vasos no son igualmente espesas ni uniformemente leñosas. Luego el aspecto de los vasos de la madera depende del modo como se verifica el espesor leñoso de la pared. Ejemplos: los vasos *rayados*, que son perfectos, y los vasos *anillados* y *espirales* (fig. 13), que son imperfectos.



Anillado. Espiral

Fig. 13. — Vasos de la madera.



A. — Fila de células. B. — Resorción de las paredes.

Fig. 12. — Formación de los vasos de la madera.

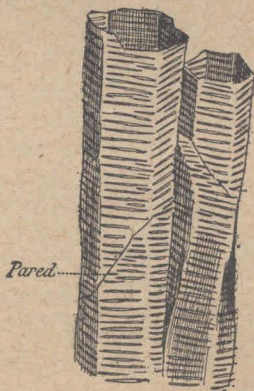


Fig. 14. — Vasos escalariformes.

Entre los *vasos imperfectos* hay que señalar los *escalariformes* (fig. 14), que se parecen á una escala y abundan mucho en los

Helechos, y los vasos de puntuaciones *areoladas* (fig. 15), que forman la madera de las Coníferas (Pino). Estos últimos están formados de células que comunican entre sí por puntuaciones colocadas en los lados, y cada puntuación está formada de una membrana delgada á través de la cual filtra el contenido de las células.

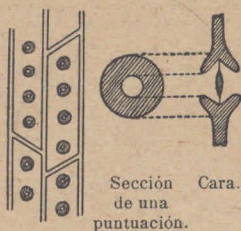
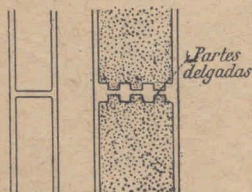


Fig. 15. — Vasos areolados.



A. — Fila de células. B. — La pared forma una especie de criba.

Fig. 16. — Formación de un tubo agujereado.

El vaso de la madera, está formado por células largas que se colocan en filas (fig. 16, A), cuyas paredes conservan una estructura celulósica. La pared transversal que separa dos células (fig. 16, B) presenta hinchazones celu-



Fig. 17. — La criba vista de frente.

2º EL LIBER. — El liber, lo mismo que la madera, está formado de tres elementos: vasos ó *tubos agujereados*, *parenquima libérico* y *fibras libéricas*. Su nombre proviene de que, en una sección longitudinal, tiene el aspecto de las hojas de un libro (*liber*).

El *tubo agujereado* es el elemento esencial del liber. Lo mismo que el

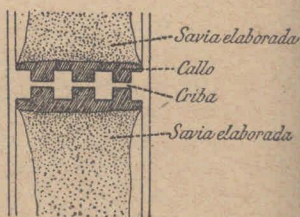


Fig. 18. — Formación del callo en un tubo agujereado.

lósicas que dejan entre sí partes delgadas, por las cuales se verifican los cambios entre las materias albuminoideas contenidas en

las dos células sobrepuestas. Esta pared vista de frente (fig. 17) presenta el aspecto de una *criba*.

En el otoño se forma en cada lado de la pared una substancia albuminoidea llamada *callo* (fig. 18), que tapa primero las perforaciones y luego se extiende y forma en cada lado una verdadera *placa callosa* que interrumpe los cambios entre las dos células. Al llegar la primavera el callo se resorbe y se restablecen las comunicaciones.

Los tubos agujereados sirven para transportar la savia nutritiva elaborada en las hojas.

§ 3. — Los grandes grupos del reino vegetal.

Clasificación. — Las cuatro grandes divisiones. — El reino vegetal presenta infinita variedad de formas. Por eso ha sido preciso clasificar las plantas fundándose en su estructura interna y en el número y forma de sus órganos. Lo mismo que para los animales, se han formado grupos cada vez más importantes : *especie, género, familia, orden, clase y tipo*.

Se han repartido más de cien mil especies conocidas actualmente en cuatro grandes tipos.

1º Las **TALIOFITAS**, que son los más simples de todos los vegetales. Á veces se componen de una sola célula, como las Bacterias (fig. 19), por ejemplo; ó bien se componen de varias células que permanecen siempre semejantes. En todo caso, nunca presentan ningún órgano que pueda ser comparado á las diversas partes de una planta con flores; no tienen raíz, ni tallo, ni hojas. Su cuerpo, de forma muy variable, se designa con el nombre de *talio*.

Estas plantas forman dos grupos : las *Algas*, que tienen clorofila, y los *Hongos* (fig. 20), que no la tienen;



Fig. 19. — Grupo de Bacterias (*Mycrococcus ureæ*).

2º Las **MUSCINEAS**, que tienen hojas y tallo, pero que carecen de raíz y de flores. Apenas si la parte del tallo hundido en el suelo lleva algunas barbillas para absorber los líquidos de la tierra.

Ejemplo . los Musgos (fig. 21). Sus tejidos se diferencian muy poco, y no presentan todavía vasos;

3º Las CRIPTÓGAMAS VASCULARES, ó *de raíces*, que no tienen todavía flores, pero sí raíz, tallo y hojas. Como tienen raíces, estas plantas absorben los líquidos nutritivos del suelo, por eso sus tejidos adquieren cierta perfección y presentan *vasos* para conducir esta savia. Ejemplo : los Helechos (fig. 22).



Fig. 20. — Talio de un Hongo.

Á los tres tipos que acabamos de enumerar pertenecen todas las plantas que *carecen de flores*, á las cuales se les llama *Criptógamas*;

4º Las FANERÓGAMAS, que son *plantas con flores* y que tienen raíz, tallo y hojas. Ejemplo . El Ranúnculo (fig. 23). Las flores están formadas de hojas modificadas, de modo que produzcan frutos y semillas. Estas semillas contienen una plantita

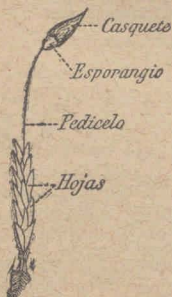


Fig. 21. — Musgo (Politrico).

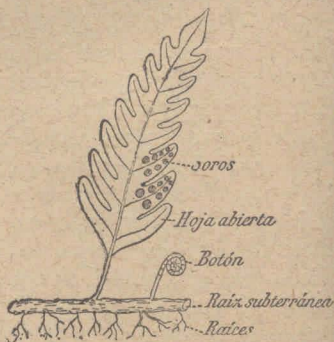


Fig. 22. — Helecho (Polipodio)

que podrá desarrollarse y crecer si se la pone en condiciones convenientes, es decir si se la hace germinar.

Siendo nuestro objeto dedicarnos especialmente al estudio de las plantas con flores, vamos á indicar las divisiones hechas en este tipo, que á su vez ha sido dividido en dos subtipos :

1º El de las *Angiospermas*, cuyas semillas están encerradas en una vaina. Ejemplo : la Alubia, ó Judía ;

2º El de las *Gimnospermas*, cuyas semillas están descubiertas, pegadas simplemente á escamitas : Ejemplo : el Pino.



Fig. 23. — Ranúnculo.

Finalmente, las *Angiospermas*, que comprenden el mayor número de plantas, han sido divididas á su vez en dos clases .

1º Las *Dicotiledóneas*, cuya semilla, como la Alubia, contiene una plantita en miniatura, con *dos* hojitas, ó *cotiledones*,

2º Las *Monocotiledóneas*, como el Trigo, cuya semilla sólo tiene un cotiledón.

En el cuadro siguiente resumimos los caracteres de las grandes divisiones que acabamos de indicar.

Cuadro de las cuatro grandes divisiones del reino vegetal.

	RAIZ.	TALLO.	HOJAS.	FLORES.		
CRIFTOGAMAS. I. } II. } III. } IV.	O	O	O	O	Talio.	Taliofitas.
	O	Tallo.	Hojas.	O		Muscineas
	Raiz.	Tallo.	Hojas.	O		Criptógamas con raíces.
	Raiz.	Tallo.	Hojas.	Flores.		Fanerógamas que comprenden : <i>Gimnospermas</i> (Semillas descubiertas).
						Pino.
						Trigo.
						Alubia.
						Monocotiledóneas. . . (1 cotiledón). Angiospermas (Semillas encerradas). Dicotiledóneas. . . (2 cotiledones).

{ Hongos.
Algas.

Musgos.

Helechos.

Pino.

Trigo.

Alubia.

ESTUDIO DE UNA PLANTA CON FLORES

Las funciones vegetales : La nutrición y la reproducción.

— Sea cual fuere su complejidad, el vegetal tiene dos grandes funciones : la *nutrición*, que asegura su existencia, y la *reproducción*, que tiene por objeto la conservación de su especie.

En muchos vegetales inferiores, Algas y Hongos, estas funciones están confundidas. Así es cómo se *alimenta y reproduce* la levadura de cerveza. Pero no tarda en efectuarse la separación de las funciones, y el cuerpo de la planta se divide en dos partes : una que sirve para la *nutrición* y la otra para la *reproducción*. De aquí se sigue la formación de un *aparato nutritivo* y de otro *reproductor*.

Estos dos aparatos se van perfeccionando poco á poco. Así, el aparato nutritivo comprenderá primero un *talio*, es decir un aparato formado de filamentos semejantes ; después aparecerán el *tallo* y las *hojas*, y por fin la *raíz*.

Del mismo modo el aparato reproductor se perfecciona poco á poco para llegar á la *flor*.

PRIMERA SECCIÓN

LAS FUNCIONES DE NUTRICIÓN

Los miembros de una planta. — Para tener idea exacta de los órganos que sirven para la nutrición de la planta, no hay más que colocar en Musgo ó arena húmeda una Alubia. Á los pocos días se la ve *germinar*, es decir que se desarrolla la plántula contenida en la semilla. Entonces aparecen sucesivamente los tres miembros

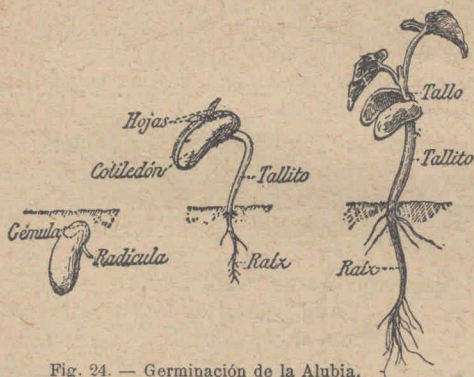


Fig. 24. — Germinación de la Alubia.

que sirven para la nutrición de la planta (fig. 24) : 1° la *raíz* que penetra en el suelo; 2° el *tallo*, que es la parte aérea; 3° las *hojas* sostenidas por el tallo, las cuales son láminas planas y de color verde.

La raíz y el tallo forman en cierto modo el eje de la planta.

En el estudio que vamos á hacer de cada uno de estos tres miembros, seguiremos el mismo método que en anatomía y fisiología animales, es decir que trataremos sucesivamente : 1° de los *caracteres exteriores*; 2° de la *estructura interna*; 3° de las *funciones* ó *fisiología*.

CAPÍTULO II

LA RAÍZ

La raíz existe solamente en las Fanerógamas y las Criptógamas vasculares. Cuando se hace germinar una semilla en buenas condiciones, la raíz es el primer órgano que aparece.

§ 1. — Caracteres exteriores.

Cuando se observa una raíz joven (fig. 25) se ve que está formada por un cilindro, cuya punta está cubierta con un tejido resistente, es el *casquete*; un poco más arriba se ve un vello fino formado por las *barbas absorbentes*, y por último, más arriba de las barbas absorbentes hay una región sin barbas, de color obscuro.



Fig. 25. — Aspecto de una raíz joven.

Barbas absorbentes. — Se les llama así porque absorben las materias nutritivas del suelo. Son muy finas al rededor de la punta de la raíz y van creciendo á medida que se acercan á la base de la raíz y después cesan bruscamente. La región superior de la raíz ha dado barbas, pero se han caído dejando cicatrices teñidas de castaño obscuro por el corcho que se ha formado.

Á medida que se prolonga la raíz, las barbas se secan y caen en la parte superior, en tanto que aparecen otras nuevas en la región inferior. De este modo la región pilífera conserva poco más ó menos la misma longitud, y como sigue la punta de la raíz, de ahí que las barbas absorbentes exploran sucesivamente todas las partes del suelo.

Las raíces que se desarrollan en el agua (Jacinto) no tienen barbas. Sembrando granos de trigo en arena colocada en un tamiz puesto encima de un vaso con agua, puede verse que las barbas se desarrollan en el aire húmedo y no brotan en el agua (fig. 26).

El casquete. — La punta de la raíz que se forma de un tejido joven y delicado, está protegida por una especie de capucha llamada *casquete*. El tejido de este casquete es muy resistente, de modo que la raíz puede prolongarse y penetrar en el suelo sin estropearse.

Las raíces acuáticas (Lenteja de agua) y aun las raíces aéreas (Vainilla) tienen también un casquete que protege sus puntas.

Crecimiento en longitud. — Para estudiar el modo de *crecimiento en longitud* de una raíz, se toma una raíz joven, la de una Haba que germine, por ejemplo; luego se trazan con barniz negro rayas equidistantes 1 centímetro á contar desde la punta (fig. 27, A). A las 24 horas se ve que el *primer centímetro* solo se ha prolongado (fig. 27, B), mientras que los otros han conservado su longitud primitiva. Luego el crecimiento se produce en el primer centímetro contando desde la punta.

Se puede determinar de manera más precisa la región del crecimiento, dividiendo el primer centímetro en diez intervalos iguales de 1 milímetro cada uno. A las 24 horas se ve (fig. 27, B) que las divisiones no se han prolongado por igual; las que más han crecido son las divisiones 2, 3 y 4.

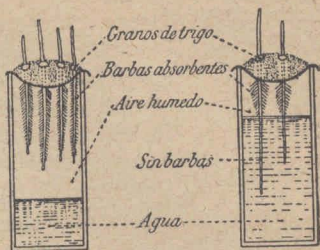
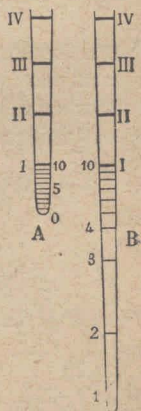


Fig. 26. — Experimento que demuestra que las barbas absorbentes se desarrollan en el aire húmedo, pero no en el agua.



A. — Principio del experimento. B. — Poscos días después.

Fig. 27. — Crecimiento de la raíz en longitud.

Luego el crecimiento en longitud es casi terminal; llámasele *subterminal*.

Las divisiones vecinas de la punta crecen todas durante algunos días, y después cesan de crecer : á esto se le llama *crecimiento intercalar*, el cual proviene de la prolongación de las células.

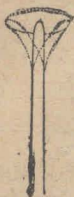


Fig. 28.
Circumnatación
de la raíz.

Sobre todo el *crecimiento subterminal* es el que produce la prolongación de la raíz. Cortando el primer centímetro de la raíz, se puede detener el crecimiento de este miembro.

El crecimiento de la raíz no se efectúa por igual siguiendo todas las generatrices del cilindro que forma; de modo que cuando una generatriz crece más, se tuerce la raíz. La punta de la raíz podría describir así una especie de elipse (fig. 28); pero como crece longitudinalmente describe una hélice. Por este *movimiento de circumnatación* la raíz penetra en el suelo como un barreno, ó sacacorchos.

Ramificación de la raíz. Raicillas. — Durante el desarrollo de la raíz principal, se la ve ramificarse. Las raíces que nacen así se llaman *raicillas* (fig. 29). Primero brotan raíces secundarias, que pueden ramificarse á su vez y dar raíces terciarias, y así sucesivamente.

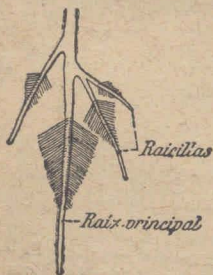


Fig. 29. — Las raicillas.



Fig. 30. — Las raíces adventicias de la Hiedra

Cada raicilla tiene un casquete y barbas absorbentes; pero en lugar de dirigirse verticalmente como la raíz principal, forma siempre cierto ángulo con la raíz principal.

Raíces adventicias. — Ciertas raíces, en vez de nacer en la raíz principal, salen del tallo : éstas son las *raíces adventicias*, como las que se desarrollan en el tallo de la Hiedra (fig. 30), que sirven de ganchos para agarrarse á los árboles, paredes, etc. Tales son también las raíces de las Fresas.

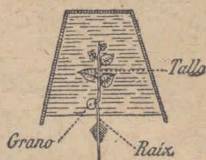


Fig. 31. — Experimento del tiesto invertido.

Dirección de las raíces. — La raíz principal se dirige siempre *verticalmente* y de *arriba abajo*. Se puede demostrar que si la raíz toma esa dirección, no es porque la atrae el medio más favorable, ni porque evita la luz. Para esto se hace el experimento del *tiesto invertido* : se siembra una semilla en un tiesto y se le pone boca abajo, teniendo cuidado de poner un enrejado para que no caiga la tierra (fig. 31); la raíz se desarrollará verticalmente y de arriba abajo, en el aire y á la luz; mientras que el tallo se dirigirá de abajo arriba, en la tierra y en la obscuridad.

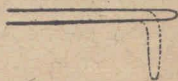


Fig. 32. — Influencia de la gravedad.

Luego para la explicación de esta dirección característica de la raíz, hay que admitir la intervención de la *gravedad* : hay también otras causas, tales como la *humedad*, la *luz*, la *presión*, la *temperatura*, etc.

1º INFLUENCIA DE LA GRAVEDAD Ó GEOTROPISMO. — Si se coloca horizontalmente la raíz (fig. 32) de una semilla en germinación, se ve que la punta de la raíz se dobla y se hunde verticalmente en la tierra. También se puede demostrar que la raíz se desarrolla hacia abajo fijando en un corcho una semilla que esté germinando, de modo que la raíz tenga la punta hacia arriba. Al cabo de un día se ve que la raíz se dobla hacia abajo y el tallo hacia arriba (fig. 33). Dícese que la raíz obedece á la acción de la gravedad, y á esta influencia se le ha dado el nombre de *geotropismo*. Como la raíz se dirige en



Fig. 33. — Plántula encorvada.

el sentido de la gravedad, se dice que está dotada de *geotropismo positivo*.

Este geotropismo proviene de la desigualdad de crecimiento de los dos lados de la raíz. Cuando la raíz es horizontal, se observa

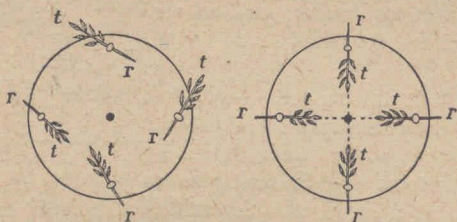


Fig. 34. — Rueda girando alrededor de un eje horizontal.

en efecto que el lado ó cara superior crece más que el inferior, y de ahí la curvatura de la punta de la raíz.

Para demostrar la influencia de la gravedad, se puede hacer el siguiente experimento : se ponen semillas en estado de germinación en un disco vertical que gire al rededor de un eje horizontal (fig. 34). Si el movimiento de rotación es lento (una vuelta en

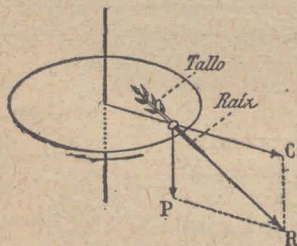


Fig. 35. — Rueda girando al rededor de un eje vertical.

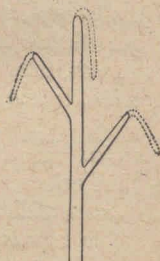


Fig. 36. — Efecto de la gravedad en las raicillas.

15 minutos) la fuerza centrífuga es despreciable y se anula la acción de la gravedad, porque en las dos extremidades de un mismo diámetro obra en sentido inverso, puesto que la punta de la raíz se halla primero hacia abajo y luego hacia arriba; de modo que las raíces toman cualquiera dirección, evidentemente la que se les había dado al fijar las plantas en el aparato. Si, por el contrario, el

movimiento de rotación es rápido, la fuerza centrífuga obra, y todas las raíces se dirigen en el sentido de esta fuerza centrífuga, es decir en la dirección del radio del disco y hacia afuera. En fin, si se hace girar una rueda al rededor de un eje vertical (fig. 35), la gravedad P y la fuerza centrífuga C obran cada una en su dirección. Por eso se ve á la raíz dirigirse en el sentido de la resultante R de estas dos fuerzas. Luego se puede comparar la acción de la fuerza centrífuga á la acción de la gravedad y comprender cómo puede obrar ésta en la dirección de la raíz.

La gravedad no obra del mismo modo en las *raicillas*. Cuando se invierte una raíz que tenga raicillas (fig. 36), se ve á la raíz principal encorvarse, como un gancho, hacia abajo, mientras que las raicillas forman un ángulo con su dirección primitiva.

2º INFLUENCIA DE LA HUMEDAD. — La humedad atrasa el crecimiento. Una raíz puesta en un medio muy húmedo crece menos que en uno seco, ó poco húmedo. Cuando la humedad es desigual en los dos lados de la raíz (fig. 37), el que mira al medio más

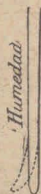


Fig. 37. — Influencia de la humedad.

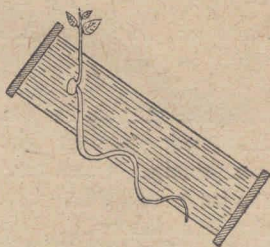


Fig. 38. — Influencia combinada de la gravedad y de la humedad.

húmedo crece menos, y la raíz se dobla por consiguiente y se dirige hacia la humedad. Por eso las raíces de los árboles plantados á orillas de los ríos se dirigen hacia el agua.

Se puede evidenciar esta influencia sembrando una semilla en la tierra húmeda contenida en un tamiz (fig. 38), y se le suspende inclinándole un poco. La raíz, sufriendo el geotropismo, se dirige verticalmente hacia abajo y atraviesa la tela metálica para salir afuera. Una vez afuera, la raíz tiene uno de sus lados más cerca

de la tierra húmeda, y por lo tanto sufrirá la influencia de la humedad y penetrará en el tamiz; después de estar adentro, el geotropismo volverá á ejercer su influencia y la raíz saldrá otra vez para entrar describiendo una serie de sinuosidades.

3º INFLUENCIA DE LA PRESIÓN. — La presión disminuye el crecimiento de la raíz, de modo que si ésta encuentra un obstáculo (fig. 39), una piedra por ejemplo, se dobla y enlaza el obstáculo.

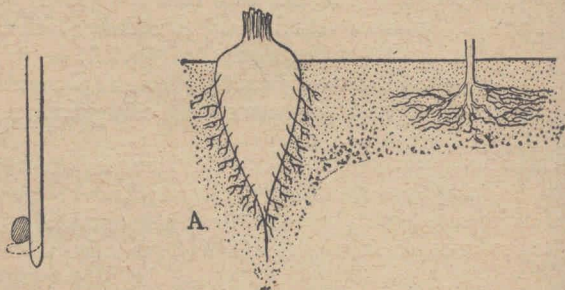


Fig. 39. — Influencia de la presión.

A. — Raíz fusiforme. B. — Raíz fasciculada.
Fig. 40.

Diferentes formas de raíces. — El conjunto de una raíz y de sus raicillas puede presentar diversos aspectos.

Si la raíz principal se desarrolla mucho (fig. 40, A), siendo poco abundantes las raicillas, la raíz se llama *fusiforme*. Ejemplos : la Remolacha, la Zanahoria.

Al contrario, si la raíz principal se desarrolla poco y son numerosas las raicillas (fig. 40, B), la raíz se llama *fasciculada*. Ejemplo : el Trigo.

Mientras que la raíz fusiforme de la Remolacha se hunde profundamente, la fasciculada del Trigo, al contrario, se extiende poco profunda. Por eso los labradores alternan la Remolacha con el Trigo para obtener buenos resultados haciendo economía de abonos.

En fin, ciertas raíces presentan hinchazones en que se han acumulado materias de reserva : entonces se dice que son *tuberculosas*. Ejemplos : el Rábano, la Remolacha.

§ 2. Estructura primaria de la raíz.

Para estudiar la estructura interna de una raíz, se debe tomar primero una raíz joven en la que se puede ver la *estructura primaria*. Más tarde, esta estructura se modificará y dará la *estructura secundaria*, que luego describiremos (véase el capítulo de las *Formaciones secundarias*, pág. 46).

Estructura primaria de la raíz. — Si hacemos una sección transversal en una raíz joven (fig. 41) en la región de las barbas absorbentes, descubriremos tres partes: la *capa pilífera*, la *corteza* y el *cilindro central*.

1º **CAPA PILÍFERA.** — Es formada de una hilada externa de las células de la raíz. Estas células se prolongan (fig. 42) hacia el exterior para dar las *barbas absorbentes*.

2º **CORTEZA.** — La corteza (fig. 42) se compone de:

a. La *corteza externa*, formada de células irregulares, cuya primera hilada tiene las paredes suberíferas (*hilada suberífera*);

b. La *corteza interna*, cuyas células están dispuestas en hileras concéntricas y radiales y dejan entre ellas meatos;

c. El *endodermio*, que es la hilera más interna de la corteza (fig. 42), y cuyas células (fig. 43) presentan un cuadro de pliegues suberificados; las caras vueltas hacia afuera y hacia adentro de la raíz no están plegadas.

3º **CILINDRO CENTRAL.** — El *cilindro central* (fig. 42) presenta alternativamente manchas claras y oscuras: son los haces del *liber* que alternan con los de la *madera*.

El *tejido* ó *parenquima conjuntivo* que enlaza estos diferentes haces, presenta tres regiones convencionales: 1º el *periciclo*,

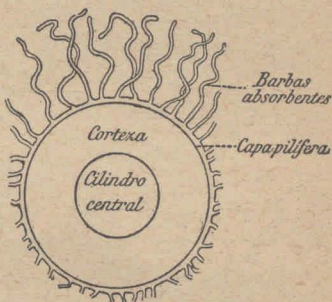


Fig. 41. — Sección transversal de una raíz joven.

comprendido entre el endodermio por fuera y los haces leñosos y del liber por dentro; 2º la *medula*, situada en medio del cilindro

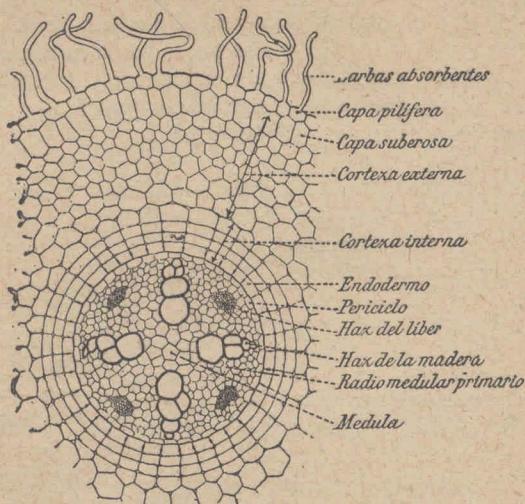


Fig. 42. — Estructura primaria de la raíz.

central; dentro de los haces; 3º los *radios medulares*, comprendidos entre dos haces vecinos que reúnen el periciclo á la medula.

Los *haces leñosos* tienen una sección triangular; los vasos más pequeños están afuera y los más gruesos dentro. Luego veremos que la madera del tallo presenta una disposición inversa.

Los *haces de liber* están formados de tubos agujereados, unidos por fibras liberinas y del parenquima.

La estructura de las diferentes raíces sólo difiere por el número de haces: así, por ejemplo, el Ajo tiene dos haces leñosos, la Alubia cuatro, el Ranúnculo cinco, etc.

Esta estructura persiste en las Monocotiledóneas y las Criptógamas vasculares; pero se complica en las Dicotiledóneas y las Gimnospermas por formaciones secundarias.

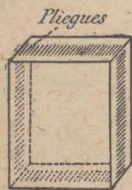


Fig. 43. — Célula plegada del endodermio.

Punta de la raíz. — Aquí hay que considerar dos casos : *Fanerógamas* y *Criptógamas vasculares*.

1º FANERÓGAMAS. — Una sección longitudinal que pase por el eje de la raíz muestra que el *meristema* de la punta proviene del tabique de tres células llamadas *células iniciales* (fig. 44). Estas son las que, multiplicándose rápidamente, producen el crecimiento subterminal de la raíz.

Las tres células iniciales dan origen á las tres partes : *casquete*, *corteza* y *cilindro central*.

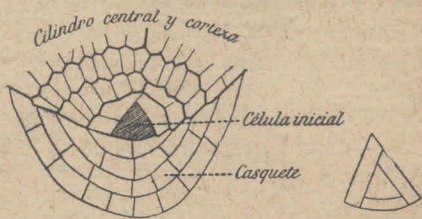


Fig. 44. — Punta de la raíz de una Fanerógama.

La *célula inicial del casquete* se cierra paralelamente á sus caras laterales y á su curva externa. Más tarde las capas externas caerán, mientras que la última persistirá para dar la hilada pilífera. Esto ocurre en las Dicotiledóneas y las Gimnospermas, mientras que en las Monocotiledóneas el casquete se desprende enteramente, y la hilada pilífera proviene de la corteza.

La *célula inicial de la corteza* se cierra paralelamente á sus caras laterales solamente.

La *célula inicial del cilindro central* se cierra siguiendo todas sus caras, excepto la encorvada.



A. — Punta de la raíz.

B. — Célula inicial y su tabique.

Fig. 45. — Extremidad de la raíz de una Criptógama.

2º CRIPTÓGAMAS VASCULARES. — Las Criptógamas (*Helechos*) tienen una sola célula inicial (fig. 45), que tiene la forma de una pirámide triangular, cuya base convexa está vuelta hacia la punta de la raíz.

Esta célula inicial se cierra paralelamente á sus caras laterales

para dar las células del cilindro central y de la corteza, y los segmentos de la base darán el casquete.

Nacimiento de las raicillas. — Las raicillas tienen origen interno, es decir que nacen en los tejidos; pues en efecto provienen del *periciclo* (Fanerógamas) ó del *endodermio* (Criptógamas vasculares).

En las Phanerógamas, las células del periciclo (fig. 46) son las

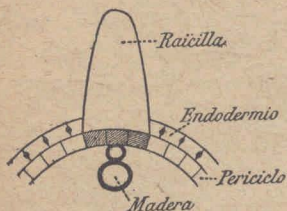
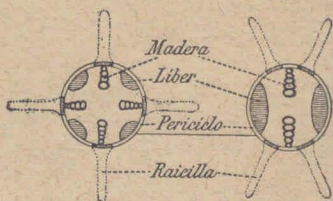


Fig. 46. — Nacimiento de las raicillas en las Phanerógamas.



A. — Número de haces leñosos > 2 . B. — Número de haces leñosos $= 2$.

Fig. 47 — Origen de las raicillas.

que se convertirán en células iniciales de las raicillas, que se desarrollarán y digerirán los tejidos de la corteza para salir afuera.

Las raicillas están dispuestas según ciertas leyes : 1º si el número de los haces leñosos es superior á dos (fig. 47, A), las raicillas nacen *enfrente de estos haces*, de modo que el número de series longitudinales de raicillas es igual al número de los haces leñosos; 2º si el número de los haces leñosos es igual á dos (fig. 47, B), las raicillas nacen entre los haces leñosos y los del liber; de modo que el número de las raicillas es doble que el de los haces.

§ 3. — Funciones de la raíz.

La raíz tiene funciones *especiales* : (fijación de la planta, absorción, circulación de la savia), y funciones generales (respiración, transpiración, materias de reserva, etc.).

La raíz es un órgano de fijación. — La raíz, al penetrar profundamente en el suelo, fija sólidamente la planta. Por eso la

Encina que hunde profundamente sus raíces, resiste mejor que el Álamo, cuyas raíces fasciculadas se extienden á poca profundidad.

La raíz es un órgano de absorción. — La raíz absorbe los gases, los líquidos y los sólidos contenidos en el suelo.

1º LOS GASES. — La raíz verifica cambios gaseosos con el suelo, porque respira como las demás partes de la planta. Luego es necesario facilitar la entrada del aire en el suelo, lo cual se consigue con el laboreo y desecación que favorecen la circulación del aire.

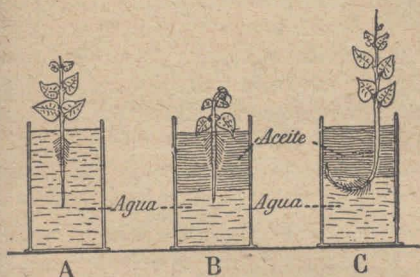


Fig. 48. — Experimento para demostrar que las barbas de la raíz verifican la absorción.

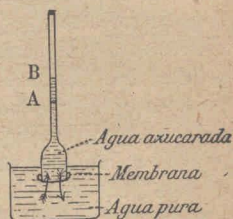


Fig. 49. — Experimento de Dutrochez: la ósmosis.

2º LOS LÍQUIDOS. — La absorción de los líquidos se verifica por las barbas absorbentes. Para demostrarlo se toman tres plantas idénticas y se ponen en vasos diferentes, de la manera siguiente: la primera (fig. 48, A) tiene toda su raíz en el agua; la segunda (fig. 48, B), tiene sólo el casquete dentro del agua; una capa de aceite impide que el agua se evapore y que por consiguiente penetre en la planta en estado de vapor; en fin, la tercera (fig. 48, C) no tiene más que las barbas absorbentes dentro del agua. Á las pocas horas, la primera planta y la tercera no se marchitan, mientras que la segunda, que tiene sus barbas absorbentes fuera del agua, se marchita y muere. Luego sólo las barbas absorbentes absorben los líquidos.

La absorción se verifica por *ósmosis* á través de las paredes de las barbas absorbentes, como en el experimento de Dutrochet que hemos descrito al hablar de la absorción intestinal (véase el capítulo de la *Absorción alimenticia*). En este experimento (fig. 49)

el agua pura pasa del vaso al tubo á través de la membrana más pronto que el agua azucarada que pasa del tubo al vaso. Así es como el agua del suelo que contiene sales (*crystaloides*) pasa fácilmente á las barbas absorbentes, mientras que el protoplasma (*coloide*) queda en las barbas. Después, poco ó poco, empujada por esta fuerza osmótica, la savia llega á los vasos de la madera.

Cuando las células contienen la misma proporción de sales que la savia absorbida por las raíces, se establece el *equilibrio osmótico*, y se detiene la absorción. Entonces se pueden presentar dos casos: 1º la planta puede descomponer estas sales y utilizarlas, como ocurre con los fosfatos y nitratos de potasio; el equilibrio osmótico se destruye y la absorción continúa; 2º la planta no utiliza las sales absorbidas, por ejemplo, las sales de sodio, y, persistiendo el equilibrio osmótico, la absorción permanece interrumpida. Luego el *consumo* es el que *regula la absorción*.

Este mecanismo de la absorción explica cómo ciertas sustancias pueden acumularse en la planta, mientras que existen en pequeña cantidad en el medio. Así es cómo, por ejemplo, el bromo y el yodo, en pequeña disolución en el agua de mar, se acumulan en las Algas marinas.

La planta sabe además *hacer una elección* entre las sustancias contenidas en el suelo; por eso las sales de potasio son absorbidas activamente, mientras que lo son menos las de sodio.

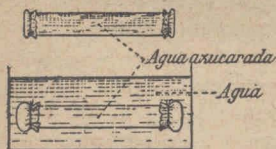


Fig. 50. — Experimento para demostrar el efecto de la absorción en el crecimiento.

El mecanismo de la absorción de los líquidos del suelo por las células de la raíz explica el crecimiento de estas células. Esto se puede ver formando una célula artificial sirviéndose de un tubo de vidrio cerrado en ambos extremos por una membrana (fig. 50).

Se llena este tubo de agua azucarada y se le pone en seguida en agua pura. Al momento se ve que las dos membranas se hinchan; luego la célula se alarga. Del mismo modo se alargará una célula vegetal, y tanto más cuanto más agua reciba.

3º Los sólidos. — Ciertos cuerpos insolubles: el carbonato de

calcio, los fosfatos de calcio, son absorbidos por las raíces, á pesar de ser *sólidos*. Esto se puede demostrar haciendo el siguiente experimento (fig. 51) : se siembra en una lámina de mármol, cubierta de arena, algunas semillas, cuyas raíces al desarrollarse corroerán el mármol y se incrustarán en él. Del mismo modo serían corroídos el hueso, el marfil y el vidrio. Esto consiste en que las barbas absorbentes segregan un jugo digestivo especial, de reacción ácida y que contiene diástasas con las mismas propiedades generales que las diástasas animales. Este jugo gástrico puede obrar también sobre las materias orgánicas y hacerlas absorbibles.



Fig. 51. — Experimento para demostrar la digestión de los sólidos.



Fig. 52. — El curso de la savia bruta en la raíz.



Fig. 53. — Experimento de Hales.

La raíz conduce la savia. — La savia bruta absorbida por las barbas absorbentes (fig. 52) atraviesa la corteza y llega á los vasos de la madera. Esto se puede demostrar metiendo una raíz en un líquido teñido de *eosina* por ejemplo; entonces se ve que los vasos de madera solos toman ese color.

Y para demostrar la fuerza con que la savia es empujada de abajo arriba, se puede repetir el experimento de Hales (fig. 53). Se corta un pie de vid á raíz del tallo y se le reemplaza con un tubo; entonces se ve que la savia sube á grande altura. Hales hizo este experimento cortando un Abedul de 27 metros, y la savia subió hasta una altura de 35 metros en un tubo de metal. Cuando

estudiemos luego (capítulo de la *Nutrición*) las causas de esta ascensión de la savia, veremos que hay que hacer intervenir la ósmosis, la transpiración y la capilaridad.

Funciones generales. — La raíz puede efectuar también ciertas funciones generales : órgano de reserva, respiración, etc.

En efecto, ciertas materias nutritivas se acumulan en los tejidos de la raíz para ser utilizadas más tarde : la Remolacha, por ejemplo, almacena en su raíz durante el primer año substancias azucaradas, que serán utilizadas en el transcurso del segundo año para producir flores y semillas.

RESUMEN

La raíz es el primer órgano que aparece en la germinación.

Esta no existe más que en las Fanerógamas y las Criptógamas vasculares.

Caracteres exteriores de la raíz :

- 1° No tiene hojas;
- 2° Posee *barbas absorbentes*, que absorben la savia bruta;
- 3° Tiene un *casquete*, que protege su extremidad;
- 4° Crecimiento *subterminal*; *circumnutación*;
- 5° Se ramifica y da *raicillas*; las *raíces adventicias* nacen en el tallo;
- 6° Se dirige verticalmente y de arriba abajo. Experimento del tiesto invertido.

Influencia de la gravedad : *geotropismo positivo*.

Influencia de la humedad.

- 7° Diferentes formas. {
1. Raíz *fusiforme* : Remolacha.
 2. Raíz *fasciculada* : Trigo.
 3. Raíz *tuberculosa* : Zanahoria, Remolacha.

Estructura primaria de la raíz. — Una sección en una raíz joven muestra tres regiones: la *capa ó hilada pilífera*, la *corteza* y el *cilindro central*.

1° *Capa pilífera* . barbas absorbentes.

2° *Corteza*. {

- Capa suberosa* : células de paredes suberificadas.
- Corteza* : externa é interna.
- Endodermio* : última hilada con pliegues.

3° *Cilindro central*. {

- Haces leñosos y liberinos* alternos.
- Parenquima* : Periciclo, medula y radios medulares.

La *punta* de la raíz { 3 *células iniciales* en las Fanerógamas.
 presenta. { 1 *celula inicial* en las Criptógamas vasculares.

Las *raicillas* tienen { en el *periciclo* en las Fanerógamas.
 en origen interno. . { en el *endodermio* en las Criptógamas vasculares.

Funciones de la raíz.

1º Órgano de fijación de la planta.

2º Órgano de absorción.	{	1º de los <i>gases</i> : respiración.	{	Se hace por las barbas absorbentes (ósmosis).
		2º de los <i>líquidos</i> .		El consumo regula la absorción, y la planta hace una elección.
		3º de los <i>sólidos</i> .		Segrega jugo digestivo ácido, que puede atacar los carbonatos y fosfatos del suelo.

3º La raíz conduce la savia. { La savia bruta llega á los vasos de la madera, que la transportan.
 { Experimento de Hales : ósmosis, transpiración, capilaridad.

4º La raíz es un órgano de reserva : Rábano, Remolacha.

CAPÍTULO III

EL TALLO

§ 1. — Caracteres exteriores.

Generalidades. — El tallo existe en todos los Vegetales, excepto en las Taliofitas. Su altura es muy variable : es casi nula en el Diente de león, mientras que puede pasar de 100 metros en los gigantescos Eucaliptos de Australia y el Secoya de California.

Cuando germina una semilla, se ve desarrollar al tallo en sentido contrario al de la raíz principal. En la joven plántula (fig. 54) la parte comprendida entre las dos primeras hojas, ó *cotiledones*, y la *radícula* se llama *tallito*. La parte que está encima de los cotiledones, llamada *gémula*, es la que dará casi todo el tallo.

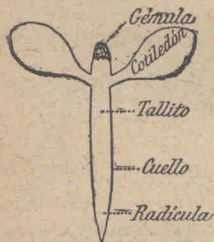


Fig. 54. — Plántula en vías de desarrollo.

El límite entre el tallo y la raíz se llama *cuello*. Este límite está claramente marcado en la raíz joven por la presencia de barbas absorbentes. Pero cuando la planta tiene más edad, es más difícil la distinción; sin embargo, en general la raíz vieja es rugosa, mientras que el tallo es liso.

El carácter externo del tallo más notable, es que *da hojas*.

El punto en que está sentada una hoja se llama *nudo* (fig. 55), y la parte comprendida entre dos nudos, *entrenudo*.

Se puede observar en un tallo en vías de crecimiento (fig. 55) que los nudos se van acercando más unos á otros al aproximarse á la cúspide. Hacia la punta del tallo las hojas se encorvan y se cubren sobreponiéndose unas en otras para proteger la *extremidad*

del tallo : forman algo así como un *casquete fisiológico*. El conjunto formado por el vértice del tallo y las hojas protectoras ha recibido el nombre de *yema terminal*.

Crecimiento en longitud. — Si se trazan en un tallo que esté creciendo rayas equidistantes un centímetro, como en el caso de la raíz, se verán crecer todos los intervalos, por lo menos hasta cierta distancia de la cúspide. Además, si se divide el primer centímetro en milímetros, se verá que éstos se alargan, aun el primero. Luego mientras que la raíz tiene un crecimiento *subterminal*, el tallo le tiene *terminal*.

También se puede observar que los diferentes entrenudos se alargan y se hacen sucesivamente tan grandes como los que están distantes de la cúspide y que han llegado á su longitud definitiva.

Si el crecimiento fuera igual siguiendo todas las generatrices del tallo cilíndrico, la cúspide se elevaría regularmente siguiendo la vertical. Pero no sucede así, y la cúspide describe una curva en forma de hélice, como la punta de la raíz. Esto es lo que constituye el *movimiento de circumnutación*, debido al cual ciertas plantas se enredan en las varas.

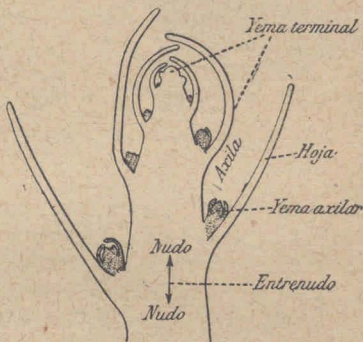


Fig. 55. — Cúspide del tallo: yema terminal y yemas axilares.

Ramificación del tallo. — En la mayoría de las plantas el tallo se ramifica y da las *ramas*. Estas no se producen en un punto cualquiera, sino que siempre aparecen en la axila de una hoja (fig. 55), es decir en el ángulo que forma la hoja con el tallo. En este espacio, en efecto, está la *yema axilar*, que tiene la misma estructura que la yema terminal y que al desarrollarse dará una rama.

La dirección de las ramas es la que da al árbol un aspecto o

porte peculiar. Así el Álamo de Italia tiene las ramas casi verticales y dirigidas hacia arriba, el Cedro las tiene horizontales, y los árboles *llorones*, como el Sauce, las tienen verticales, pero hacia abajo.

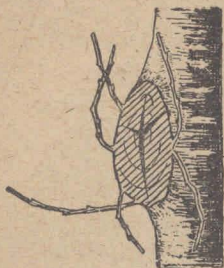


Fig. 56. — Ramas adventicias.



Fig. 57. — Tallos adventicios brotando de las raíces.

En ciertos casos, sin embargo, pueden desarrollarse ramas en cualquier punto del tallo, y entonces resultan *tallos adventicios*. Por eso cuando se corta una rama (fig. 56), se forman al rededor del corte tallos adventicios que brotan sin orden. También pueden brotar tallos adventicios en las raíces que sobresalen del suelo (fig. 57).



Fig. 58. — El tallo se dirige de abajo arriba.

Dirección del tallo. — El tallo se dirige *verticalmente* y *de abajo arriba*. Repitiendo el experimento del tiesto invertido que hemos indicado al hablar de la raíz (fig. 30), se ve que el tallo se dirige hacia arriba, aunque sea en la obscuridad y en la tierra.

Poniendo boca abajo un tiesto (fig. 58) que contenga tallos desarrollados normalmente, se les ve encorvarse hacia arriba.

Entre las causas que actúan sobre la dirección del tallo, hay que citar sobre todo la *gravedad* y la *luz*.

1º INFLUENCIA DE LA GRAVEDAD Ó GEOTROPISMO. — Poniendo

horizontalmente (fig. 59) un tallo que esté creciendo, en seguida se le ve levantarse y dirigir su punta verticalmente y de abajo arriba, es decir en sentido inverso á la dirección de la gravedad. Por eso se ha dicho que el tallo tiene un *geotropismo negativo*. Esta curvatura se produce por causa de un crecimiento desigual: en efecto, la cara superior crece menos que la inferior.

Si se repiten con el tallo los mismos experimentos que con la raíz, poniendo semillas en germinación en una rueda vertical, se

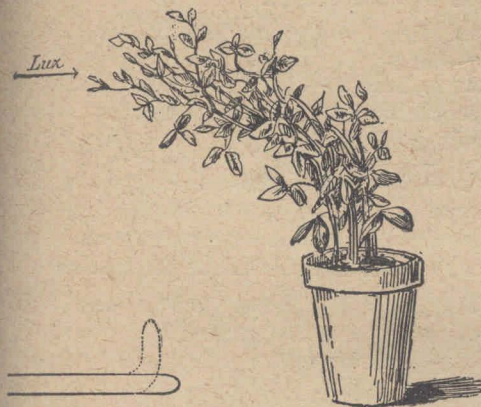


Fig. 59. — Influencia de la gravedad.



Fig. 60. — El tallo se dirige hacia la luz.



Fig. 61. — La influencia de la luz.

ve que: 1º si el movimiento de rotación es lento, los tallos se alargan en cualquier dirección; 2º si el movimiento de rotación es rápido, los tallos se dirigen siguiendo los rayos de la rueda y hacia el centro, es decir en sentido inverso á la dirección de la fuerza centrífuga.

Luego si la fuerza centrífuga puede hacer dirigir los tallos en sentido inverso á su dirección, se puede admitir que la gravedad puede dirigir los tallos de abajo arriba, es decir en sentido inverso á su dirección.

2º INFLUENCIA DE LA LUZ Ó FOTOTROPISMO. — Si se ponen plantas en una habitación enfrente de una ventana, se verá á los tallos tiernos doblarse y dirigirse hacia la luz (fig. 60). Esto ocurre así

porque la *luz entorpece el crecimiento* : por eso una planta puesta en la obscuridad crece más que expuesta á la luz. Si una de las caras del tallo (fig. 61) recibe más luz que la otra, el tallo se doblega hacia la luz. Entonces se dice que ese tallo tiene un *foto-tropismo positivo*.

Este atraso de crecimiento varía con la intensidad de la luz y con las especies de plantas. En ciertos casos, en efecto, las plantas huyen de la luz, y entonces se dice que tienen un *foto-tropismo negativo*. Tales son los tallos rastreros (*Fresa*) ó trepadores (*Hiedra*).

Diferentes clases de tallos. — Los tallos, según el medio en que viven, pueden ser clasificados en dos categorías : *tallos aéreos* y *tallos subterráneos*.

1º TALLOS AÉREOS. — Los tallos aéreos pueden ser *derechos*, *rastreros* ó *trepadores*.

Los *tallos derechos* están caracterizados por un aparato de sostén muy desarrollado, y se tienen verticalmente por la abundancia



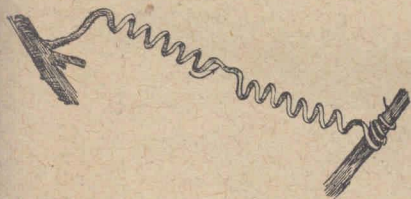
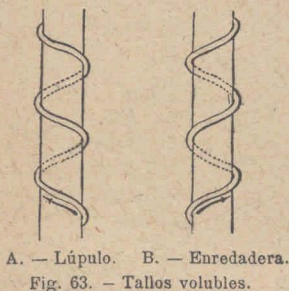
Fig. 62. — Tallos rastreros (estolones) de la Fresa.

de sus fibras leñosas. Los tallos tienen diferentes formas : el *tronco* (Encina), el *estípote*, cuyas hojas están todas en su cúspide (Palmera) y la *paja ó caña*, que es hueca (Trigo).

Los *tallos rastreros* (fig. 62) no tienen aparato de sostén, sino que se arrastran por el suelo y tienen numerosas raicillas adventicias. Tales son los tallos rastreros ó *estolones* de la Fresa.

Los *tallos trepadores* pueden apoyarse sobre estacas, ya arrojándose en ellas como las *plantas volubles* (fig. 63), yara agrán-

dose con *zarcillos* (fig. 64). Los *tallos volubles* se enrollan por el modo que tienen de crecer, describiendo la punta una hélice. Un tallo voluble dado se enrolla siempre en el mismo sentido, por eso el lúpulo (fig 63, A) se dirige siempre de derecha á izquierda, y la Enredadera (fig. 63, B) de izquierda á derecha. Los tallos con *zarcillos* se agarran á los palos enrollándose en ellos. Estos zarcillos



llos provienen, ya de ramas modificadas, como en la Vid, ya de hojas, como en la Brionia ó Nueza (fig. 64) y en el Guisante.

Los tallos aéreos de las plantas crasas, como los del *Cacto* por ejemplo (fig. 65), son hinchados y están henchidos de agua, lo que permite á estas plantas, que viven en los países cálidos, resistir una larga sequía.

2º TALLOS SUBTERRÁNEOS. — Los *tallos subterráneos* ó *rizomas* podrían confundirse con raíces por estar hundidos en el suelo. Sin embargo se distinguen de éstas en que siempre tienen hojas reducidas á *escamas*, y *yemas* que al desarrollarse dan tallos aéreos.

Así, por ejemplo, el rizoma del *Carrizo* (fig. 66) tiene numerosas escamitas que representan las hojas subterráneas, y yemas axilares que dan tallos aéreos, mientras que la yema terminal permanece

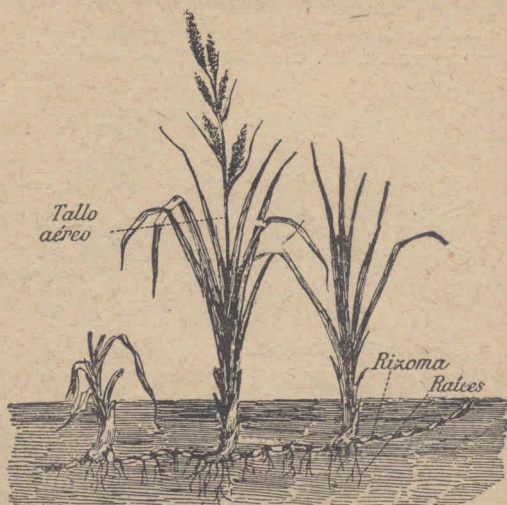


Fig. 66. — Rizoma de Carrizo.

subterránea. En el Sello de Salomón (fig. 67), el tallo aéreo se seca cada año y deja en el rizoma una cicatriz ó huella, que dará el año siguiente un nuevo tallo aéreo; de modo que se puede saber la edad del rizoma contando las cicatrices que tiene.



Fig. 67. — Rizoma del Sello de Salomón.

Los rizomas pueden hincharse y dar *tubérculos* ó *bulbos*.

Los *tubérculos* son hinchazones producidas en el rizoma por la acumulación de materias nutritivas. La

Patata (fig. 68) por ejemplo, es un tubérculo, cuyas células están llenas de granos de almidón (fig. 79). Lo que vulgarmente llamamos *hijos* de la Patata, son *yemas* que luego darán tallos aéreos

Los *bulbos* son hinchazones envueltas por cierto número de



Fig. 68. — Tubérculo de Patata.

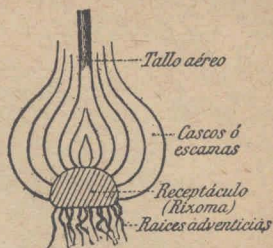


Fig. 69. — Sección de un bulbo de Cebolla.

hojas delgadas y en cuya axila hay yemas que pueden dar tallos aéreos. Ejemplos : el bulbo de la Cebolla (fig. 69) y del Tulipán.

§ 2. — Estructura primaria del tallo.

Como hicimos al hablar de la raíz, en este capítulo estudiaremos solamente la estructura de un tallo joven, es decir la *estructura primaria*.

Estructura primaria del tallo. — Una sección transversal (fig. 70) hecha en un tallo joven, muestra tres regiones : la *epidermis*, la *corteza* y el *cilindro central*.

1° La *epidermis* (fig. 70 y 71) está formada por la capa más externa de las células del tallo. Estas células tienen su membrana externa endurecida y á veces cubierta de una substancia cerosa, que da al tallo un tono glauco característico. Esta epidermis presenta estomas y pelos.

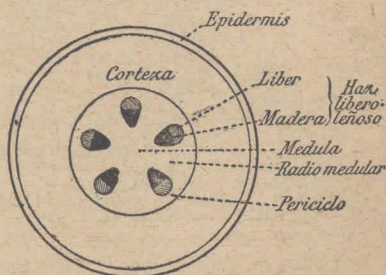


Fig. 70. — Sección transversal de un tallo joven.

2° La *corteza*. — La *corteza* está formada de un parenquima,

cuyas células de la parte externa contienen clorofila. La última capa ó *endodermio* (fig. 71) no presenta siempre pliegues como en la raíz, pero generalmente está llena de granos de almidón.

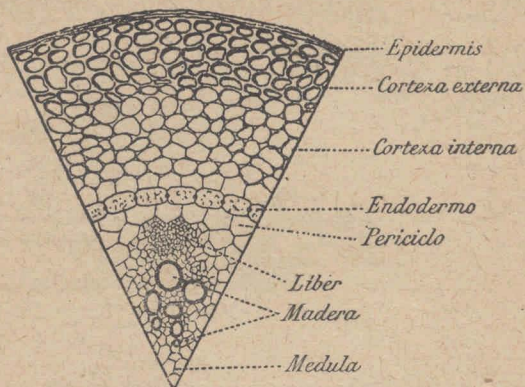


Fig. 71. — Estructura primaria del tallo.

3º El *cilindro central*. — Los haces de la madera y los del liber, en vez de ser distintos y alternos como en la raíz, están pegados y dan *haces liberoleñosos* (fig. 70). En estos haces el *liber* siempre está *afuera* y la *madera adentro*.

El liber está dispuesto como en la raíz, pero con la particulari-

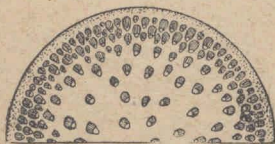


Fig. 72. — Sección transversal de un tallo de Monocotiledónea (Palmera).

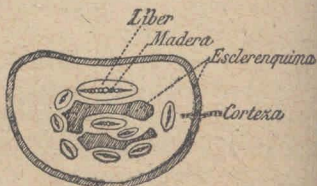


Fig. 73. — Sección transversal de un tallo de Helecho.

dad de que *la madera está dispuesta en sentido inverso* (fig. 70 y 71), es decir que la punta del haz está vuelta hacia el interior, y los vasos más pequeños también están hacia el interior; lo contrario de lo que ocurre en la raíz.

El *tejido conjuntivo* (fig. 70), lo mismo que en la raíz, comprende la *medula* en el centro, el *periciclo* fuera de los haces liberoleñosos y los *radios medulares* entre los haces.

En las *Monocotiledóneas* (fig. 72) la estructura primaria del tallo es casi como la de las *Dicotiledóneas*, excepto los haces liberoleñosos, que no guardan regularidad.

En las *Criptógamas vasculares* (fig. 73) la corteza ya no es distinta del cilindro central y el liber envuelve completamente la madera.

Paso de la raíz al tallo.

— El cambio de estructura se efectúa al nivel del *cuello*, de la manera siguiente: los haces del liber pasan directamente de la raíz al tallo (fig. 74); los de la madera, al contrario, se separan y forman dos porciones que se dirigen hacia los haces liberinos dando una vuelta de 180° (fig. 75, A y B). De modo que cada haz liberoleñoso del tallo

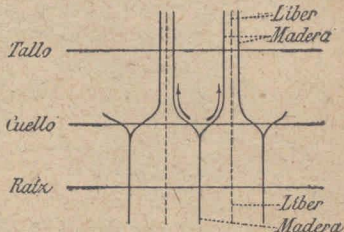


Fig. 74. — Paso de la madera y del liber de la raíz al tallo.

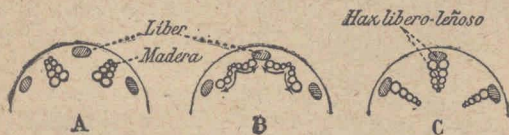


Fig. 75. — Separación de los haces leñosos al nivel del cuello.

(fig. 75, C y 74) se formará: 1° del haz liberino de la raíz; 2° de la mitad izquierda y la mitad derecha de dos haces leñosos de la raíz.

Cúspide del tallo. — Una sección longitudinal del tallo que pase por el eje muestra en la cúspide las células en actitud de encerrarse formando el *meristema*. Todo ese tejido proviene de la multiplicación rápida de *tres células* iniciales sobrepuestas (fig. 76):

una para la epidermis, otra para la corteza y la tercera para el cilindro central.

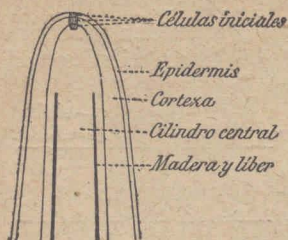


Fig. 76. — Cúspide del tallo de una planta Fanerógama.

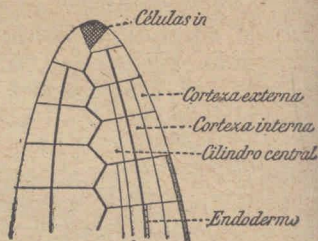


Fig. 77. — Cúspide del tallo de una planta Criptógama vascular.

Las Criptógamas vasculares (fig. 77) tienen una sola célula inicial.

§ 3. — Funciones del tallo.

El tallo conduce la savia bruta y la savia elaborada. — El papel más importante del tallo es conducir la savia. El tallo transporta la *savia bruta* de las raíces a las hojas, y la *savia elaborada* de las hojas a las otras partes de la planta.

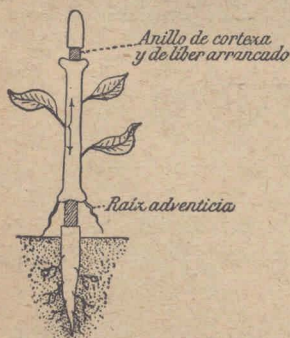


Fig. 78. — Circulación de la savia elaborada en el liber.

Los vasos de la madera son los que transportan la savia bruta que viene de las raíces. Esto se demuestra del mismo modo que para las raíces.

Los tubos agujereados del liber transportan la savia elaborada por las hojas a las otras partes de la planta, ya *subiendo* a la cúspide del tallo, ya *bajando* a las raíces. Para demostrarlo se quitan a un árbol dos anillos (fig. 78) que comprendan la corteza y el liber, uno por debajo y otro por encima de las hojas. Entonces se ve que se

forman dos rebordes, uno por encima del anillo inferior, y otro por debajo del superior. Luego el liber transporta la savia elaborada que sirve para formar estos tejidos nuevos. Si se deja una faja longitudinal de liber, los rebordes no se forman, porque las materias nutritivas pasan más allá por los tubos del liber. Por otra parte, si observamos un tubo agujereado, se ve acumularse en un lado sustancias granulosas, que indican el sentido de la marcha de la savia elaborada.

El tallo es un órgano de sostén — Como el tallo debe soportar las hojas necesita sostenerse, por eso se desarrollan en su espesor tejidos de sostén tales como el colenquima y sobre todo el esclerenquima.

El tallo es un órgano asimilador. — Las células de la corteza externa contiene clorofila; luego pueden asimilar el carbono. Son también capaces de respirar y transpirar activamente.

Ciertos Vegetales (Retama, Espárrago) carecen de hojas ó las tienen muy reducidas, en ese caso el tallo y las ramas funcionan como hojas.

El tallo es un órgano de reserva. — Muchos tallos pueden hincharse y almacenar reservas nutritivas. Así es como el almidón se acumula en los tubérculos de la Patata (fig. 79), el azúcar en la Caña dulce, etc. Ciertas plantas, los *Cactus*, por ejemplo, almacenan, como ya hemos visto pág. 37, una reserva de agua.



Fig. 79. — Célula de un tubérculo de Patata llena de granos de almidón.

RESUMEN

Caracteres exteriores. — El *tallo* sale de la semilla en sentido contrario al de la raíz. El límite entre la raíz y el tallo, el *cuello*, está señalado por la aparición de barbas absorbentes en la raíz.

- 1° El tallo lleva *hojas. Nudos. Entrenudos.*
- 2° *Yema terminal* : hojas formando un *casquete fisiológico*
- 3° *Crecimiento terminal* : *circumnutación.*
- 4° *Ramificación.* . . . { *Yemas axilares en la axila de las hojas*
Tallos adventicios.
- 5° *Dirección.* . . . { se dirige verticalmente de abajo arriba.
Influencia de la gravedad : geotropismo negativo
Influencia de la luz : fototropismo.
- 6° *Diferentes clases de tallos.* {
 1. *aéreos.* . . . { derechos : *tronco, estipite, caña.*
 rastreros : Fresa.
 trepadores : volubles (Enredadera) y zarcillos (Guisantes).
 2. *Subterráneos.* { *rizomas : Carrizo, Sello de Salomón.*
 tubérculos : Patata.
 bulbos : Tulipán.

Se pueden comparar los **caracteres exteriores** de la *raíz* á los del *tallo*.

<i>Raíz.</i>	<i>Tallo.</i>
1° Sin hojas.	1° Con hojas.
2° Barbas absorbentes.	2° Sin barbas absorbentes.
3° Casquete.	3° Sin casquete.
4° Crecimiento <i>subterminal</i> .	4° Crecimiento <i>terminal</i> .
5° Se dirige de arriba abajo (<i>geotropismo positivo</i>).	5° Se dirige de abajo arriba (<i>geotropismo negativo</i>).

Estructura primaria del tallo. — Una sección transversal muestra tres regiones : *epidermis, corteza, cilindro central.*

- 1° *Epidermis* : Células endurecidas. Pelos y estomas.
- 2° *Corteza.* { *Corteza externa : crorofila.*
Corteza interna : sin crorofila.
Endodermio : células con almidón.
- 3° *Cilindro central.* { *Haces libero-leñosos.* { *liber, por fuera.*
 madera, por dentro, en sentido inverso al de la raíz.
Parenquima conjuntivo : Medula, periciclo
radios medulares.

Se puede comparar la **estructura** de la *raíz* á la del *tallo*.

<i>Raíz.</i>	<i>Tallo.</i>
1° Sin epidermis; capa pilifera.	1° Epidermis con estomas: sin capa pilifera.
2° Madera y liber alternos.	2° Haces liberoleñosos.
3° Madera con pequeños vasos exteriormente.	3° Madera con pequeños vasos interiormente.

Funciones del tallo. — Las principales funciones son :

- 1° El tallo conduce la savia. { Los vasos de la madera transportan la *savia bruta* de las raíces á las hojas.
Los tubos agujereados del liber llevan la *savia elaborada* de las hojas á las demás partes.
- 2° El tallo es un órgano de *sostén* : colenquima y esclerenquima.
- 3° El tallo es un órgano *asimilador* : reemplaza á veces las hojas (Retama).
- 4° El tallo es un órgano de *reserva* : Patata, caña dulce.
-

CAPÍTULO IV

LAS FORMACIONES SECUNDARIAS EN EL TALLO Y EN LA RAÍZ

El tallo y la raíz crecen no sólo en *longitud*, sino también en *espesor*. Este engrosamiento proviene de la formación de tejidos nuevos que se describen con el nombre de *formaciones secundarias*. Estas no existen más que en las Dicotiledóneas y en algunas Monocotiledóneas (*Yuca*, *Dragontea*, *Aloes*); la mayoría de las Monocotiledóneas y las Criptógamas vasculares conservan la estructura primaria. Vamos á estudiar estas formaciones : 1° en el tallo; 2° en la raíz.

§ 1. — Formaciones secundarias del tallo.

Los tejidos nuevos se forman á expensas de una capa ó hilada de células que se dividen por paredes perpendiculares al radio del tallo. A esta hilada de células se le ha dado el nombre de *hilada* ó *capa generatriz*.

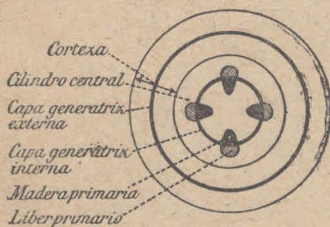


Fig. 80. — Las dos capas generadoras del tallo.

En un tallo muy joven que tenga la estructura primaria que hemos descrito en el capítulo anterior, se ven dos capas generadoras (fig. 80) : una, *interna*, en el cilindro central; la otra, *externa*, en la corteza.

Capa generadora interna ó cambio. — La *capa generadora interna* que aparece durante el primer año está situada entre la madera y el liber.

Las células de esta capa se cerrarán activamente y darán una especie de meristema llamado *cambio*. Las células de la capa generadora están siempre en disposición de tabicarse, mientras que las de las partes interna y externa (fig. 81) dan el liber secundario l_1 , l_2 , l_3 , de los cuales el más viejo es el l_1 y el más joven el l_3 ; las

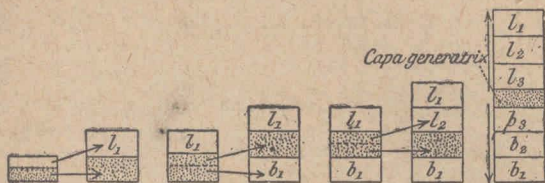


Fig. 81. — Funcionamiento de la capa generadora interna.

de la parte interna dan *madera secundaria* b_1 , b_2 , b_3 , siendo más vieja b_1 y más joven b_3 . Luego la capa generadora interna da liber secundario por fuera y madera secundaria por dentro.

Pueden presentarse dos casos en el funcionamiento de la capa generadora: 1º No da madera y liber sino en la región de los haces liberoleñosos (fig. 82, A); en los intervalos forma paren-

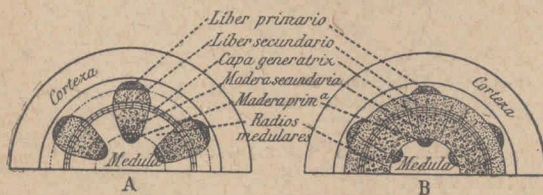


Fig. 82. — Tallo de un año.

quima no diferenciado que constituye los *radios medulares secundarios*.

2º La capa generadora da madera y liber en toda su extensión (fig. 82, B), de modo que se tendrá un anillo liberoleñoso continuo. A veces, sin embargo, hay puntos en que el parenquima no se diferencia y da delgados radios medulares secundarios.

Madera de primavera y madera de otoño. — La actividad

de la capa generadora no es constante. En primavera la savia circula con abundancia; por eso la madera está formada de anchos vasos y pocas fibras (fig. 83) : la *madera de primavera* es blanda y de color claro. En otoño, la savia se suspende, y la madera está formada de fibras sobre todo, con vasos estrechos y poco abundantes : la *madera de otoño* es más compacta y de color más obscuro. Luego cada año se forman dos capas de madera, por eso

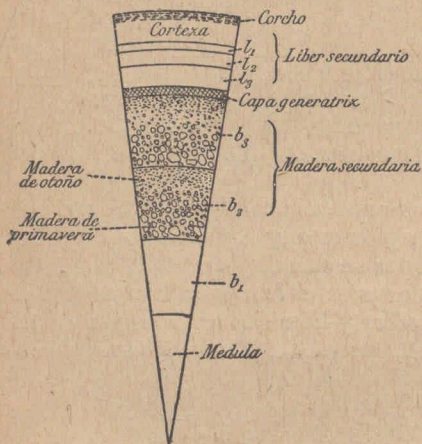


Fig. 83. — Tallo de tres años.
Madera de primavera y madera de otoño.

se comprende que se pueda contar la edad del tallo por el número de capas claramente visibles en la sección de un tallo viejo.

En esta observación se han fundado los geólogos para decir que en ciertas épocas geológicas, en la carbonífera por ejemplo, el clima era uniforme en el *tiempo*, y que por consiguiente no había estaciones. En efecto, la sección de las plantas de esa época no muestra las capas alternativas de madera de primavera y

de madera de otoño. Luego la savia debía circular de una manera continua. Además, el clima era uniforme en el *espacio*, porque las plantas que crecían en nuestras regiones se parecían, tanto a las halladas en el sur de Africa, como a las traídas del Spitzberg.

En las regiones ecuatoriales, donde existen estaciones lluviosas y estaciones secas, se observa que ciertos árboles que llevan hojas durante todo el año, presentan diferencias en la estructura de la madera secundaria según las estaciones : durante la estación lluviosa se forman gruesos vasos, mientras que la madera de la estación seca no contiene vasos y está formada de fibras leñosas.

Tallo viejo. — La sección transversal de un tallo (fig. 84)

muestra dos regiones distintas : una externa, delgada, designada con el nombre vulgar de *corteza*, que comprende la corteza propiamente dicha y el *líber*; y otra interna, muy desarrollada, la *madera*.

La madera comprende á su vez dos partes : una externa, poco colorada y poco dura, la *albura*, y otra interna, dura y oscura, el *corazón*. Este sirve sólo de aparato de sostén, y está formado de tejidos muertos que no se alteran, porque se impregnan de sustancias antisépticas (de *tanino* la Encina, de *resina* el Pino).

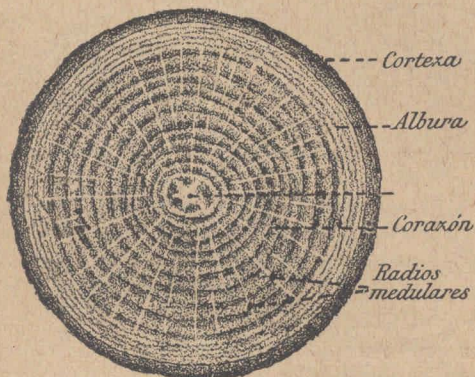


Fig. 84 — Sección transversal de un tallo de Encina de 10 años.

Sin embargo, ciertos árboles (Sauce, Chopo) tienen á veces el corazón completamente podrido; y á pesar de eso estos árboles huecos siguen viviendo, porque la savia circula por la albura.

Capa generadora externa. — La *capa generadora externa* está situada en el espesor de la corteza y forma tejidos nuevos por el mismo mecanismo que la *capa generadora interna*.

Estos tejidos nuevos están destinados á reparar la corteza grietada por el aumento de diámetro del cilindro central. En efecto, el crecimiento debido á la formación de la madera y del *líber* secundarios hace reventar la epidermis que resulta estrecha. Entonces es cuando la *capa generadora externa* (fig. 85) dará, por

fuera, *corcho* y, por dentro, la *corteza secundaria* ó *felodermio*. El conjunto de corcho y felodermio se llama *peridermio*.

El corcho puede ser muy espeso, como ocurre en los Alcornoques que se explotan en los bosques de Argelia y Túnez. A los quince años se arranca el primer corcho, ó *corcho macho*, que es de mala calidad. Después, cada diez años se arranca el *corcho hembra*, que es más elástico y por consiguiente más estimado en

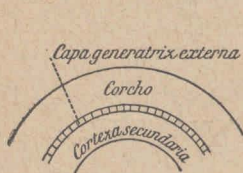


Fig. 85. — Capa generadora externa.

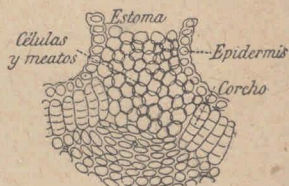


Fig. 86. — Sección de una lentejuela.

la industria. El mismo árbol puede dar corcho por espacio de 150 años.

Todas las partes que están fuera de la capa impermeable del corcho no reciben alimento y mueren. Estos tejidos muertos se desgarran en hojas (Plátano, Abedul).

La coraza protectora formada por el corcho suele presentar defectos llamados *lentejuelas*, que permiten los cambios gaseosos entre el aire exterior y el interior de la planta. Estas lentejuelas se producen enfrente de los estomas de la epidermis. En esas regiones (fig. 86) la capa generadora no produce corcho, sino que da células separadas por meatos que establecen la comunicación entre el aire exterior y el interior de la planta. Estas células se suelen multiplicar mucho y rechazan la epidermis, de modo que cada lentejuela se destaca afuera.

§ 2. — Formaciones secundarias de la raíz.

Formaciones secundarias de la raíz. — En la raíz, lo mismo que en el tallo, existen y funcionan las dos *capas generadoras*.

La *capa generadora interior* (fig. 87) se forma dentro del liber

primario y fuera de la madera primaria, de modo que es sinuosa al principio. Pero cada año esta capa dará liber secundario por fuera y madera secundaria por dentro, de suerte que al cabo del primer año (fig. 88) se tendrá un anillo de liber por fuera y otro de madera por dentro. Como la *capa generadora exterior* da tam-

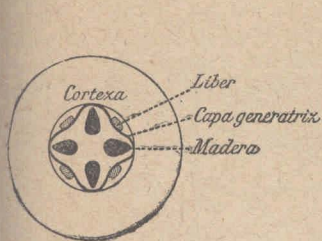


Fig. 87. — Sección generadora interior de la raíz.

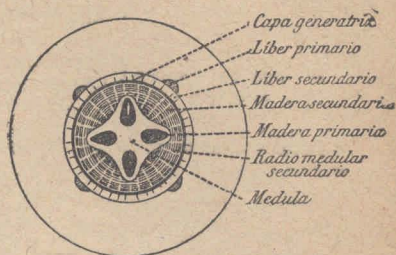


Fig. 88. — Sección transversa de una raíz de un año.

bién corcho por fuera y corteza secundaria por dentro, de ahí que la raíz acaba por parecerse al tallo, con la diferencia de que en la raíz alternan los haces de madera y de liber primarios.

Papel de las formaciones secundarias. — En los árboles de nuestros climas puede observarse que las hojas son más numerosas á medida que el árbol crece; pues como la transpiración es más activa, y por consiguiente se necesita mayor cantidad de agua para reemplazar la que se ha perdido por la transpiración, hay necesidad de nuevos vasos para traer esa agua.

Además, aumentando el número y las dimensiones de las ramas, el árbol necesita ser robustecido por nuevas fibras leñosas.

Finalmente, el corcho desempeña un papel protector.

RESUMEN

Las *formaciones secundarias* producen el crecimiento en espesor. Estas formaciones existen solamente en las Dicotiledóneas y algunas Monocotiledóneas (Yuca, Dragontea, Aloes).

Formaciones secundarias del tallo. — Dos capas generadoras: interior (cilindro central) y exterior (corteza).

- | | | | |
|--|---|---|-------------|
| 1° <i>Capa generadora interior ó cambio. . .</i> | { | Líber secundario por fuera. | |
| | | Madera secundaria por dentro. | |
| | | Madera de primavera : vasos anchos, pocas fibras. | |
| | | Madera de otoño : vasos estrechos, fibras abundantes. | |
| 2° <i>Capa generadora exterior.</i> | { | En un tallo viejo. { corteza. | |
| | | albura : conduce la savia. | |
| | | corazón : tejidos muertos. | |
| { | Corcho por fuera. Lentejuelas. | { | Peridermio. |
| | Corteza secundaria ó felodermio por dentro. | | |

Formaciones secundarias de la raíz. — Dos capas generadoras funcionan como en el tallo.

- 1° *Capa generadora interior.* { Líber secundario por fuera.
 { Madera secundaria por dentro.

2° *Capa generadora exterior :* Corcho y corteza secundaria ó felodermio.

Papel de las formaciones secundarias. — Al crecer, la planta necesita mayor cantidad de agua; de ahí la necesidad de nuevos vasos. También necesita un aparato de sostén más desarrollado; luego debe ser consolidada por nuevas fibras.

CAPÍTULO V

LA HOJA

§ 1. — Caracteres exteriores de la hoja.

Las diferentes partes de a hoja. — La hoja es una lámina verde, plana, que aparece de trecho en trecho en el tallo. Tiene haz y envés, cara superior y cara inferior: luego tiene una *simetría bilateral*.

La hoja (fig. 89) presenta tres partes esenciales: 1° el *limbo*, que es plano; 2° el *pecíolo*, que es estrecho y tiene por objeto separar el limbo del tallo; 3° la *vaina* ó *tubo* en la base del pecíolo que le une al tallo abra-

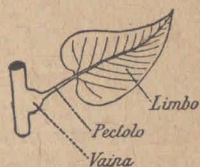


Fig. 89. — Las diferentes partes de la hoja.

zándolo más ó menos.

En la base del pecíolo (fig. 90) suelen aparecer á veces dos laminillas verdes llamadas *estípulas*



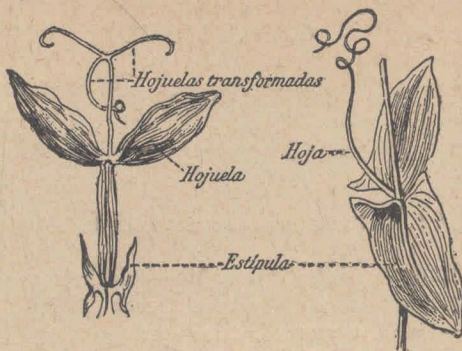
Fig. 90. — Estípulas en la base del pecíolo (Rosal)



Fig. 91. — Estípulas y zarcillos del Guisante.

(Rosal), las cuales pueden tomar gran desarrollo en los Guisantes

(fig. 91) y sobre todo en la Arveja (fig. 92) en la que suplen completamente las hojas reducidas á su peciolo.



A. — Arveja.

B. Afaca.

Fig. 92. — Hojas, estipulas y zarcillos.

También pueden faltar estas partes de la hoja; pero el limbo es

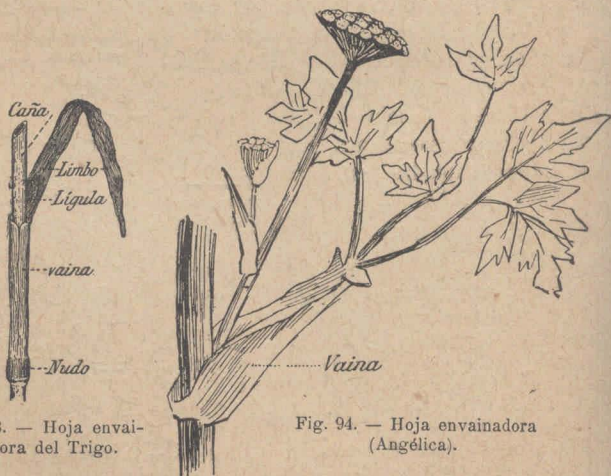


Fig. 93. — Hoja envainadora del Trigo.

Fig. 94. — Hoja envainadora (Angélica).

el que menos falta. El peciolo puede faltar y el tubo tomar gran desarrollo, como en el trigo (fig. 93) y en la Angélica (fig. 94). En

este caso se dice que la hoja es *envainadora*. Llámase *sesil* ó *sentada* cuando carece de peciolo y tubo, como el Alheli.

Diferentes formas de hojas. — Las hojas pueden ser comprendidas en dos categorías : 1º las que no tienen el limbo dividido; éstas son las *sencillas*; 2º las que tienen el limbo dividido y el peciolo ramificado : cada una de estas ramificaciones termina en una *hojuela* independiente; éstas son las hojas *compuestas*.



A. — Entera
(Lila).

B. — Dentada
(Olmo).

C. — Lobulada
(Roble).

D. — Lobulada
(Arce).

Fig. 95. — Hojas sencillas.

HOJAS SENCILLAS. — La hoja sencilla (fig. 95) se llama :

1º *entera*, si el limbo no tiene ninguna escotadura (fig. 95, A) (Lila);

2º *dentada*, si tiene los bordes del limbo festoneados (fig. 95, B) (Olmo, Carpe);

3º *lobulada*, si las escotaduras son profundas y dividen el limbo en lóbulos (fig. 95, C y D) (Roble, Arce).

HOJAS COMPUESTAS. — El peciolo puede ramificarse de dos maneras y dar dos clases de hojas compuestas.

1º La hoja se llama *alada* (fig. 96 A), cuando el peciolo da ramificaciones á la derecha y á la izquierda, llevando cada ramificación una hojuela (Pipirigallo, Acacia).

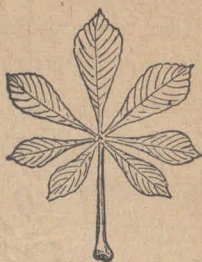
2º La hoja es *palmeada* (fig. 96, B) cuando el peciolo da ramos situados todos en el mismo nivel, de manera que todas las hojuelas están en la punta del peciolo (Castaño de Indias).

Las nervuras. — Cuando se mira una hoja por transparencia,

se ven muchos cordoncillos ó *nervios* que se ramifican formando una red muy cerrada. Ciertas *nervuras* gruesas sobresalen



A. — Alada (Acacia).



B. — Palmeada (Castaño de Indias).

Fig. 96. — Las hojas compuestas.

generalmente en el envés de la hoja. Las mallas de la red están llenas de parenquima.

El papel de las nervuras es dar más solidez á la hoja y transportar la savia.

En invierno se hallan por el suelo hojas secas reducidas al fino encaje que forma la red de nervuras (fig. 97). Consiste en que el parenquima ha sido destruido por el *Bacillus amylobacter*, que digiere la celulosa pero no ataca las partes leñosas de los nervios.

La disposición y ramificación de las nervuras pueden caracterizar las hojas. Algunas (fig. 98, A) (Pino) tienen una *sola* nervura; la mayoría de las Monocotiledóneas (Trigo) tienen nervuras *paralelas* (fig. 98, B); la mayor parte de las Dicotiledóneas tienen las nervuras principales ramificadas, y son, unas veces, *aladas* (fig. 98, C) (Carpe, Castaño), otras veces, *palmeadas* (fig. 98, D) (Hiedra, Malva).

Modificaciones de las hojas según el medio. — En una misma planta no existe generalmente más que una sola clase de hojas. Pero ciertas hojas pueden adaptarse á medios diferentes ó á funciones especiales.

Por eso las hojas aéreas son verdes, mientras que las hojas que brotan de tallos subterráneos (Rizoma de Lirio ó de Carrizo) están reducidas á escamas oscuras ó incoloras.

Un ejemplo aún más palpable de la influencia del medio, lo

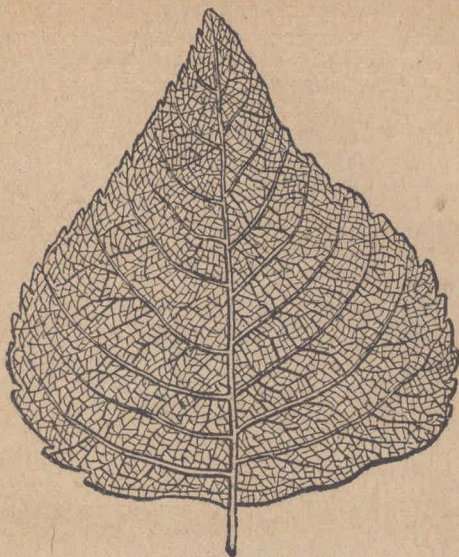


Fig. 97. — Hoja de Álamo reducida á sus nervuras por el *Bacillus amylobacter*.

tenemos en la *Sagitaria* (fig. 99), que crece en las orillas de los ríos ó en los estanques. En efecto, en la misma planta hallamos

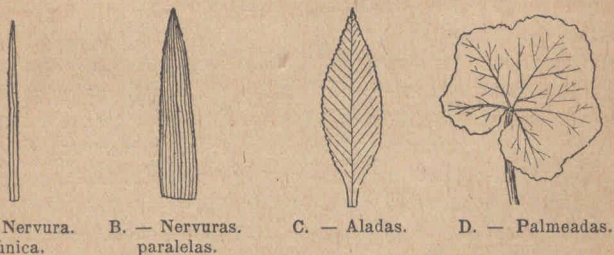


Fig. 98. — Nerviación de las hojas.

tres formas de hojas : 1º las *aéreas* son gruesas y tienen la forma de hierro de lanza ; 2º las *flotantes*, que están en la superficie del

agua, son aovadas; 3º las *sumergidas* no tienen peciolo y son delgadas y flexibles á manera de lacinias.

La adaptación de las hojas es palpable también en una *Sagitaria* que crece en un estanque desecado, pero cuyo suelo es húmedo, pues todas las hojas tienen la forma de hierro de lanza; mientras

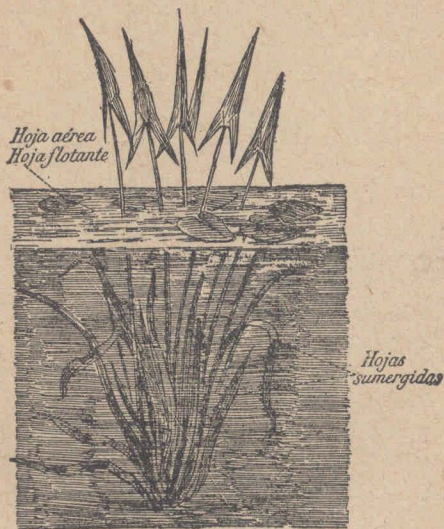


Fig. 99. — La *Sagitaria* y sus tres formas de hojas.

que cuando crece en aguas profundas todas las hojas de la misma planta tienen la forma de lacinias.

Ciertas hojas pueden volverse *carnosas*, es decir que engruesan acumulando agua en sus células para resistir la sequía. Tales son las hojas de las plantas crasas como el *Aloes* (fig. 100) y el *Agave*. Las plantas de las orillas del mar tienen también hojas carnosas, porque la sal que absorben impiden la evaporación del agua que contienen y por consiguiente las hojas se hinchan.

La *altitud* y el *clima* ejercen también grande influencia sobre el desarrollo de los vegetales y especialmente de las hojas. Por ejemplo, un pie de *Cotufa* cultivado en la llanura presenta un

tallo alto erguido (fig. 101, A) mientras que cultivado á 2 400 m. de altitud, como se ha probado en los Alpes, no produce más que



Fig. 100. — Hojas carnosas de Aloes.



Fig. 101. — Cultivos comparados de Cotufa en la llanura y á 2400 m. de altitud.

un rosetón de hojas vellosas pegadas al suelo (fig. 101 B y 101 bis).

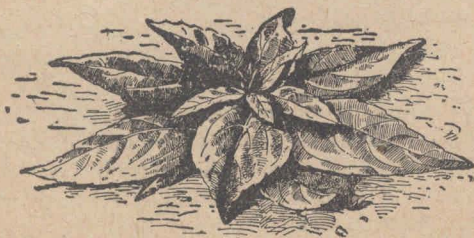


Fig. 101 bis. — Planta alpestre aumentada.

No sólo cambia el aspecto de las hojas, sino también su estructura como luego veremos.

Los experimentos hechos para demostrar la influencia del clima

sobre la estructura de los vegetales nos llevan á la conclusión de que la adaptación al medio es un factor importante de la transformación de los vegetales.

Ciertas hojas se pueden transformar en *zarcillos* que se enrollan en un apoyo y sostienen la planta. Tales son las hojas de la Brionia, del Guisante (fig. 91).

Las hojas pueden también transformarse en *espinas* (Majuelo); y aun á veces las estípulas dan espinas (Acacia) (fig. 102).



Fig. 102. — Hoja de Acacia.

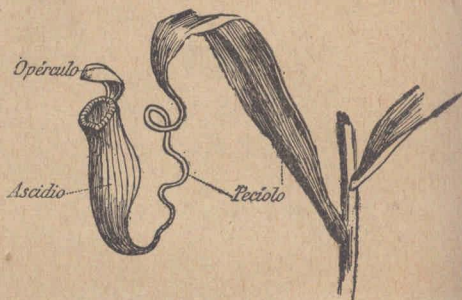


Fig. 103. — Hoja de Nepentes con su ascidio y opérculo.

En fin, pueden producirse modificaciones más profundas. Las hojas de *Nepentes* (fig. 103), por ejemplo, se transforman en verdaderas urnas llamadas *ascidios*. Estos vasos, que tienen generalmente un opérculo, contienen un líquido ácido segregado por la planta. Si cae un Insecto en ese líquido, se descompone por influencia de los Bacterios en sustancias solubles que la planta absorbe en seguida. Este mismo fenómeno se observa en las plantas llamadas carnívoras (*Dionea*, *Drosera*) cuyas hojas capturan los insectos y luego los digieren.

Posición de las hojas en el tallo. — Las hojas no están sujetas al tallo de cualquiera manera.

Aquí hay que considerar dos casos :

1° Las hojas son *verticiladas* si hay varias insertas en un mismo

nacimiento; pueden estar dispuestas unas enfrente de otras (fig. 104) (Lúpulo) y se llaman *opuestas*, ó por tres como en la Adelfa (fig. 105).

2º Las hojas son *alternas* (fig. 106) cuando están insertas

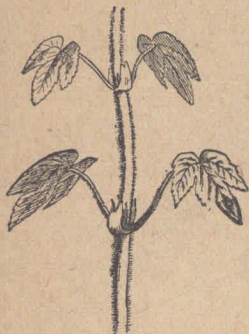


Fig. 104 — Hojas opuestas
(Lúpulo).



Fig. 105. — Hojas verticiladas
(Adelfa).

aisladamente (Olmo). Estos hojas están dispuestas formando hélice al rededor del tallo.

Sea cual fuere esta disposición, su objeto es impedir que las hojas se cubran y se den sombra, pues, como vamos á ver, la luz es indispensable para que se efectúen las funciones de la hoja.

Dirección de las hojas. — En la yema las hojas se cubren unas á otras y son paralelas al tallo. Pero las hojas se abren muy pronto, pues con motivo del crecimiento más considerable de su cara interior, la hoja se extiende horizontalmente. De este modo la cara interior se convierte en cara superior, que es la que recibe más luz.

La luz actúa sobre la dirección, pues cuando se pone una planta en una habitación delante de una ventana, las hojas vuelven su cara superior hacia la ventana para recibir toda la luz posible. Generalmente hablando, puede

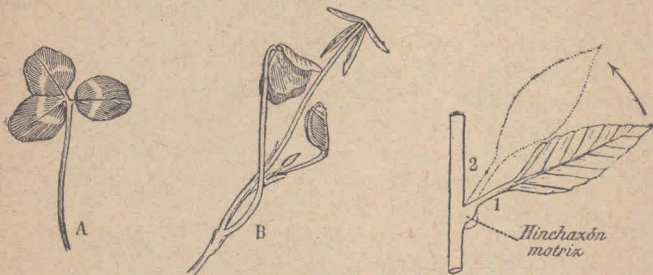


Fig. 106. — Hojas
alternas.

decirse que la hoja dispone su limbo perpendicularmente á la dirección de la luz.

Movimientos de las hojas. Sueño de las hojas. — Las hojas de ciertas plantas tienen movimientos que pueden ser periódicos ó provocados.

La Acacia tiene sus hojas extendidas horizontalmente por el día, pero cuando se pone el sol, las hojuelas se bajan, pegándose una contra otra su cara inferior. A esta disposición le dió Linneo



A. — Vigilia. B. — Sueño.
Fig. 107 — Movimientos de las hojas de Trébol.

Fig. 108 — Mecanismo del movimiento de las hojas.

el nombre de *sueño* de las hojas. Cuando sale el sol al día siguiente las hojuelas vuelven á tomar su posición de *vigilia*.

Las hojas del Trébol (fig. 107) tienen movimientos semejantes, pero en sentido inverso, pues se juntan por su cara superior y no por la inferior.

Estos movimientos, que se efectúan periódicamente por la mañana y por la tarde, tienen por objeto disminuir el enfriamiento y la transpiración disminuyendo la superficie expuesta directamente al aire.

El movimiento del peciolo se verifica en la *hinchazón motriz* (fig. 108) que se halla generalmente en la base del peciolo. Por razones de nutrición las células de esta hinchazón pueden llenarse de agua y soliviar el peciolo; si, por el contrario, el líquido de estas células es atraído hacia el tallo ó la hoja, la hinchazón se vuelve flácida y el peciolo toma otra posición. La transpiración, que varía á la luz y á la obscuridad, es la causa de la turgencia ó

de la flojedad de la hinchazón motriz, y por consiguiente de los movimientos de vigilia y de sueño.

Las hojas de ciertas plantas, tales como la Sensitiva y las carnívoras (*Dionea*, *Drosera*) están dotadas de movimientos que se producen al menor golpe. Las hojuelas de la Sensitiva se cierran rápidamente y vuelven á abrirse un instante después de la excitación.

Luego las plantas tienen una *irritabilidad* especial comparable hasta cierto punto á la *irritabilidad nerviosa* de los animales, porque en ambos casos se puede hacer desaparecer la irritabilidad sirviéndose de anestésicos (éter, cloroformo).

Duración y caída de las hojas. — La mayoría de las plantas tienen hojas que nacen en la primavera y se secan y caen en el otoño. Estas hojas se llaman *caducas*.

Otros árboles, al contrario (*Acebo*, *Pino*), conservan sus hojas tres ó cuatro años. Estas hojas se llaman *persistentes*. Estos árboles parecen siempre verdes puesto que cada año sólo pierden una parte de sus hojas.

La caída de las hojas proviene de que el corcho del tallo se continúa en el peciolo y separa así la hoja del tallo (fig. 109). Después en la base del peciolo se separan dos capas de células, de modo que se forma una hendidura transversal y no queda más que una débil adherencia entre la hoja y el tallo. Entonces la hoja se puede desprender al menor soplo de viento ó por su propio peso.



Fig. 109. — Mecanismo de la caída de las hojas.

Casi todas las hojas caen por otoño, cuando ya están secas; pero las hojas secas de la Encina permanecen el invierno en el árbol y sólo caen en primavera.

§ 2. — Estructura interior de la hoja.

Estructura del peciolo y del limbo. — En la estructura de estas dos partes vemos la simetría bilateral de la hoja.

1º EL PECÍOLO. — En una sección transversal del pecíolo (fig. 110) se distinguen una *epidermis*, un *parenquima* y dos

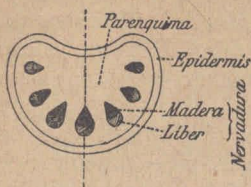


Fig. 110. — Sección transversal del pecíolo.



Fig. 111. — Sección transversal del limbo.

haces liberoleñosos que tienen la misma estructura que los del tallo.

Pero esta sección se diferencia de la del tallo en la disposición de los haces liberoleñosos, que es simétrica con relación a un plano y no a un eje como en el tallo. El haz medio es el más desarrollado.

2º EL LIMBO. — En una sección transversal del limbo (fig. 111) se ven las mismas partes y los haces liberoleñosos dispuestos simé-

tricamente con relación al plano medio. Cada haz que forma una nervura tiene su madera vuelta hacia la cara superior y su liber hacia la inferior. Esta disposición se explica fácilmente por el hecho de que la nervura es una ramificación del haz liberoleñoso, cuya madera, interior en el tallo (fig. 112) se vuelve superior en la hoja, y cuyo liber, exterior en el tallo, se vuelve inferior en la hoja.

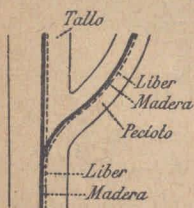


Fig. 112. — Los vasos del tallo se continúan en la hoja.

La *epidermis* (fig. 113) presenta células cuya pared exterior se transforma en cutícula, que protege la hoja contra los agentes exteriores. La epidermis de la cara superior no contiene materia verde, *clorofila*; también carece de estomas, mientras que la epidermis de la cara inferior contiene muchos.

El *parenquima*, en la cara superior, está formado de grandes células prolongadas, regularmente dispuestas, llenas de granos de

clorofila : es el *tejido en palizada*. En la cara inferior, el parenquima está formado de células irregulares y separadas por lagunas : es el *tejido lagunoso*.

Contiene menos granos de clorofila que el tejido en palizada, y esta es la razón por qué la cara inferior es de un verde menos obscuro que la superior.

En medio del parenquima se ve la sección de una nervura formada de un haz liberoleñoso, cuya madera está arriba y el liber abajo.

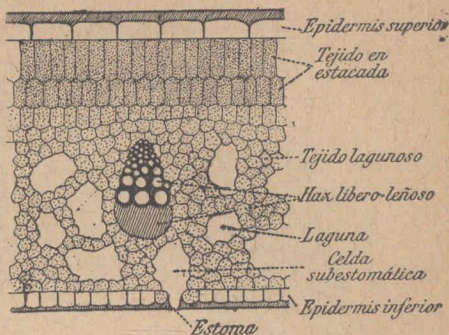


Fig. 113. — Una parte de la sección transversal del limbo.

Estomas. — Los *estomas* son orificios que existen en la cara inferior de las hojas y que establecen una comunicación entre el aire exterior y el interior de la hoja. Estos provienen de la separación de dos células epidérmicas (fig. 114), llamadas células *estomáticas*.

Estas dos células, vistas de cara (fig. 115) tienen la forma de dos Alubias, y están llenas de granos de clorofila y almidón. El orificio que dejan entre sí (fig. 116, A), es la *ostiola*, y la laguna donde se abre la ostiola es la *celda subestomática* (fig. 116, B).

La membrana de las células estomáticas es más espesa cerca de la ostiola. Por eso este orificio se puede ensanchar según el grado de humedad del aire : si éste es húmedo, las células estomáticas se hinchan y la pared delgada se encorva, de modo que encorvándose más las dos células dejan entre sí una ostiola



Fig. 114. — Formación de un estoma.

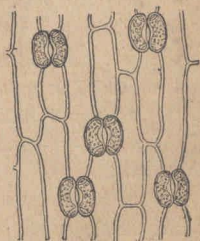


Fig. 115. — Estomas de la epidermis del Lirio (de cara).

más ancha; si el aire es seco, se verifica el fenómeno inverso y la ostiola se cierra.

El número de estos estomas es considerable; es generalmente de 100 á 200 por milímetro cuadrado, pero puede llegar á 700

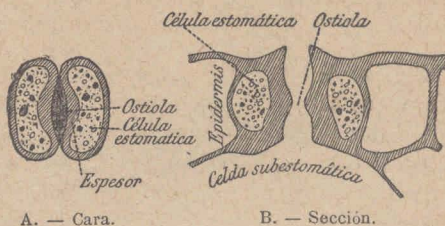


Fig. 116. — Estructura de un estoma

(Berza) La hoja del Tilo contiene un millón de estomas y la de la Berza once millones.

Luego veremos que por los estomas sobre todo se verifican los cambios gaseosos entre la planta y el medio en que vive.

Estomas acuíferos. — Otros estomas, llamados *estomas acuíferos*, sirven para la exudación del agua en estado líquido. Su estructura es casi igual á la de los estomas ordinarios, pero la célula subestomática está llena de un parénquima cuyas células forman una especie de pelota esponjosa, en cuya base se abren los vasos de la madera (fig. 117). Entonces el agua puede salir en forma de gotita por el estoma que no se cierra jamás.

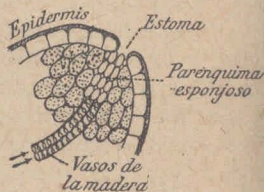


Fig. 117. — Estoma acuífero.

Esas gotas de agua son las que se ven fácilmente por la mañana en la punta de las Gramíneas y que producen esas perlitas que se atribuyen sin razón el rocío. Desde el punto de vista físico, esta agua es más pura que al rocío, porque ha pasado por miles de membranas. Por esta gran pureza el agua de los estomas acuíferos descompone la luz y forma juegos de luz que se suelen comparar á diamantes.

Variaciones de la estructura según el medio. — La estructura interior, así como los caracteres exteriores, varía según el medio.

Las hojas de limbo vertical (Trigo) tienen el parenquima idéntico en ambas caras, y las dos epidermis tienen estomas.

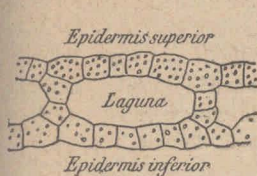


Fig. 118. — Sección de una hoja sumergida de Sagitaria.



A. Planta alpestre. B. Planta en la llanura.

Fig. 119. — Sección de una hoja de Camedrio tomada de una planta alpestre y en la llanura.

Las hojas acuáticas sumergidas (Sagitaria) (fig. 118) no tienen tejido en palizada, ni estomas; pero las lagunas son muy numerosas y su epidermis contiene clorofila.

Las hojas acuáticas flotantes (Nenúfar) sólo tienen estomas en su cara superior, en contacto del aire; la otra cara, en contacto del agua, no los tiene.

El clima tiene grande influencia sobre la estructura de las hojas (fig. 119). Así, las hojas de una planta cultivada en una gran altitud tienen el tejido en palizada más desarrollado; de modo que la clorofila es más abundante y por consiguiente la nutrición más activa. Así, las plantas alpestres pueden crecer, florecer y fructificar rápidamente en unos cuantos meses favorables. Por la misma razón las hojas nacidas al sol y á la sombra no tienen la misma estructura (fig. 119 bis).

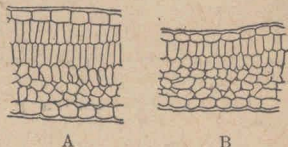


Fig. 119 bis. — Sección de una hoja de Fresa nacida al sol (A) y á la sombra (B).

§ 3. — Funciones de la hoja.

Las principales funciones de la hoja son la *transpiración*, la *asimilación clorofilica* y la *respiración*. Pero como la clorofila

desempeña un papel esencial en las dos primeras funciones, vamos á estudiar primero esta substancia.

La clorofila. — Esta es la que da á la hoja su color verde; pero este color uniforme en apariencia proviene de granitos protoplásmicos, que, vistos con el microscopio, muestran filamentos cargados de granulaciones verdes (fig. 120, A), son los *cloroleucitos*.

Los cloroleucitos se forman á expensas de los leucitos, que son primero incoloros y después se coloran de amarillo por una materia llamada *xantofila*; y por fin el leucito se vuelve verde y constituye un cloroleucito cargado de granulaciones de clorofila.



A. — Cloroleucito con filamentos y granulaciones. B. — Cloroleucito espiral en una célula.

Fig. 120. — Cloroleucitos de Alga.

Fig. 121. — Preparación de la clorofila y de la xantofila.

La clorofila sólo puede formarse á la luz, excepto en los Helechos y algunas plantas raras que enverdecen á la obscuridad. En general, en la obscuridad sólo se forma *xantofila*: entonces se dice que la planta es *raquitica*. Esta observación la aprovechan los jardineros para hacer blanquear la ensalada.

Para preparar clorofila se tratan hojas picadas por alcohol diluido: los hojas se decoloran y el alcohol se vuelve verde, porque ha disuelto la clorofila. Si se añade bencina y se agita, se ve depositarse dos líquidos (fig. 121): abajo, un líquido amarillo, que es el alcohol con la xantofila; arriba, un líquido verde, que es la bencina con la clorofila. Se puede conseguir separar las dos substancias y hacerles cristalizar.

La composición química de la clorofila no es igual en todas las

plantas, pero siempre se compone de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

La propiedad más importante de la clorofila es que absorbe ciertas radiaciones solares. En efecto, si se hace que un haz de luz blanca atraviese una disolución de clorofila, y en seguida se dirige este haz luminoso sobre un prisma, se tiene un *espectro de absorción* (fig. 122) que muestra siete fajas negras, de las cuales la más intensa está en el rojo entre las rayas B y C; las tres fajas inmediatas, situadas entre el anaranjado y el amarillo, son pálidas

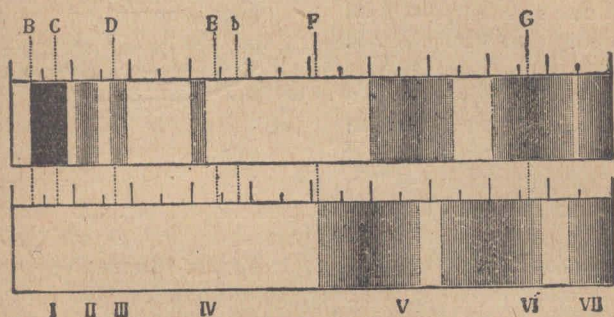


Fig. 122. — Espectros de absorción : arriba, clorofila; abajo, xantofila.

y estrechas; en fin las otras tres cubren toda la parte violada del espectro.

La xantofila presenta solamente (fig. 122) tres fajas en la parte más refrangible del espectro.

La clorofila y la xantofila no son los únicos pigmentos; pues en las Algas se hallan otros que se unen á la clorofila. Si se mete un fragmento de Alga bruna (*Fucus*) en agua dulce; ésta se vuelve bruna y aquélla verde; luego esta planta contiene dos pigmentos; uno bruno soluble en el agua dulce y clorofila. Del mismo modo las Algas azules y las rojas contienen clorofila con pigmentos azules y rojos.

La coloración de las flores y frutos proviene de pigmentos que existen en estado cristalizado, ó en disolución en el jugo celular.

Transpiración. — La *transpiración* es el fenómeno que consiste en la expulsión de vapor de agua á la parte exterior.

La emisión de vapor de agua se puede poner en evidencia por los experimentos siguientes :

1^{er} experimento. — Se pone una planta debajo de una campana de cristal (fig. 123) y al momento se ve que corren gotitas de agua por las paredes de la campana. Para esto se barniza previamente el tiesto y se cubre la tierra con un disco de vidrio para evitar la evaporación. Luego sólo la planta ha podido exhalar este vapor de agua condensado en las paredes de la campana.

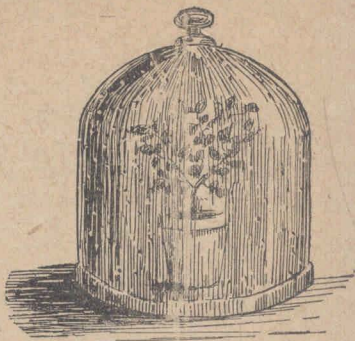


Fig. 123. — 1^{er} experimento

2^o experimento. — Se pone una planta en el platillo de una balanza (fig. 124) y en el otro el peso necesario para que haya equilibrio. Al poco tiempo se levanta el platillo que sostiene la planta : esto consiste en que la planta ha perdido algo de su peso; luego ha transpirado. Para restablecer el equilibrio se pueden usar pesas corrientes para saber la cantidad de agua transpirada.

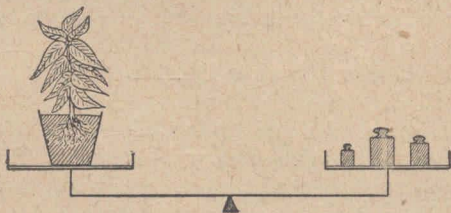


Fig. 124. — 2^o experimento.

3^{er} experimento. — Se pone una ramita con hojas en un tubo en forma de U lleno de agua y prolongado con un tubo horizontal y capilar (fig. 125). Entonces se ve el nivel del agua retirarse de *a* hacia *b*. La cantidad de agua *ab* ha sido absorbida por la planta para reemplazar el agua transpirada. Para estar cierto de que la cantidad de agua absorbida es igual á la transpirada, se pesa la

ramita antes y después del experimento : si no ha cambiado el peso, que es lo que sucede, es que el agua no se ha acumulado en la rama y que la absorción es igual á la transpiración.

Intensidad de la transpiración. — Se han calculado aproximadamente las cantidades de agua exhaladas por algunas plantas, y se ha visto que pueden ser considerables : un pie de Maíz transpira más de 12 litros de agua, y un pie de Avena más de 7 litros en los cuatro meses que dura su desarrollo. Estas cantidades dan una idea de las grandes masas de agua que envían á la atmósfera los prados y sobre todo los bosques.

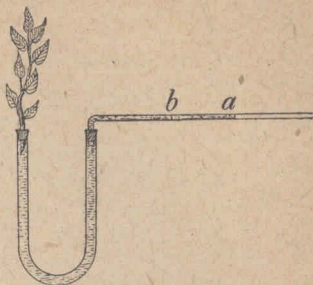


Fig. 125. — 3er experimento.

Variaciones de la transpiración. — La transpiración varía según las especies de plantas : las herbáceas (Gramíneas) transpiran más que los árboles de hojas caducas (Roble), y éstos más que los árboles de hojas persistentes (Pino).

Una planta en disposición de crecer, transpira más que otra adulta.

La transpiración varía también, en una misma planta, en las diferentes horas del día : es débil hacia las 6 de la mañana, máxima hacia las 3 de la tarde y vuelve á ser débil hacia las 6 de la noche hasta la mañana siguiente, como indica la curva de la figura 126.

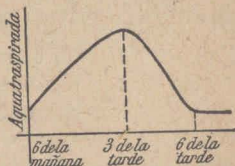


Fig. 126. — Curva de las variaciones de la transpiración durante un día.

Este hecho explica porqué, en verano, se marchitan las plantas por el día; esto consiste en que la cantidad de agua transpirada es mayor que la absorbida; por la noche, al contrario, la transpiración es casi nula, en tanto que la absorción continúa, de modo que las plantas toman su estado normal hinchándose de agua.

Influencia de las condiciones exteriores sobre la transpi-

ración. — El calor, la luz y el estado higrométrico tienen grande influencia sobre la transpiración.

1º *El calor*. — Para estudiar la influencia del calor, conviene mantener las otras condiciones constantes y hacer variar el calor. Entonces se ve que la transpiración aumenta con la temperatura.

2º *El estado higrométrico*. — La transpiración aumenta también con el aire seco, y se detiene con el aire saturado de humedad. Entonces el agua puede salir en estado líquido por los estomas acuíferos, ó también por glándulas llamadas *nectarios*, que están en la base de las flores y segregan sustancias azucaradas; por eso el líquido, ó *néctar*, que dan estas glándulas, es más abundante por la mañana y por la noche, cuando la transpiración es débil: es el momento que escogen los Insectos para libar ese jugo.

3º *La luz*. — Hay que distinguir en la acción de la luz la *intensidad* de las radiaciones y su *naturaleza*.

La transpiración aumenta con la intensidad, sobre todo en las plantas de clorofila. La cantidad de agua transpirada por una planta verde al pasar de la obscuridad á la luz del sol puede aumentar en la proporción de 1 á 100. Si se ponen hojas en las diferentes regiones del espectro, se ve que la cantidad de agua transpirada es más considerable en los puntos correspondientes á las fajas de absorción de la clorofila. Dícese que esta transpiración proviene de que la clorofila absorbe ciertas radiaciones, cuya energía es utilizada para producir la evaporación del agua contenida en la savia bruta absorbida por las raíces. A esta transpiración se le ha dado el nombre de *clorovaporización* para distinguirla de la transpiración general del protoplasma.

La influencia de la luz sobre la transpiración muestra claramente que esta función no es un simple fenómeno de evaporación ordinaria, porque éste no depende de la naturaleza ó de la intensidad de la luz.

Mecanismo de la transpiración. — El vapor de agua puede desprenderse por toda la superficie de la hoja; pero la transpiración se efectúa sobre todo por los estomas.

Esto se puede demostrar por el experimento que consiste en poner una campana de vidrio sobre cada una de las caras de una

hoja (fig. 127). En cada campana se mete una cápsula que contenga cloruro de calcio, que tiene la propiedad de absorber el vapor de agua. Entonces se ve que la cápsula inferior ha aumentado de peso, mientras que la superior apenas ha variado. Luego la cara inferior es la que da más agua, y como en esta parte son más numerosos los estomas, se cree que el vapor de agua se desprende por esos orificios.

Además, esto se puede verificar de la manera siguiente : se pone una hoja en papel impregnado de cloruro doble de paladio y de hierro, que tiene la propiedad de ennegrecerse por el vapor de agua : entonces se ve cada estoma marcado con una mancha negra que tiene la forma de la ostiola. De esta manera se tiene la fotografía de los estomas. Luego el vapor de agua se escapa sobre todo por los estomas.

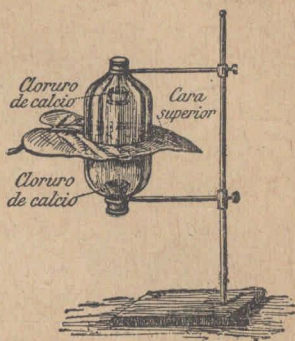


Fig. 127. — Experimento que muestra el papel de los estomas.

Papel de la transpiración. — El agua, al evaporarse, disminuye la presión en la parte interior de la planta; entonces favorece la absorción por las raíces y la circulación de la savia bruta. Además la savia bruta contiene mucha agua; la transpiración quita este exceso de agua, concentra la savia bruta y aumenta por consiguiente su valor nutritivo.

Asimilación clorofilica. — La *asimilación clorofilica* consiste en la descomposición por las hojas verdes, del gas carbónico del aire; esta descomposición da por resultado la *asimilación del carbono* y la *expulsión del oxígeno*.

Esta función se puede evidenciar poniendo una planta verde acuática, ó en su defecto hojas nuevas en agua añadida con un poco de gas carbónico (un poco de agua de Seltz). Sobre estas hojas se pone un embudo de vidrio y sobre este una probeta llena de agua (fig. 128). Si se pone todo esto al sol, se ve que se desprenden de las hojas burbujas de gas que se reúnen en la parte superior de

la probeta. Entonces se ve que este gas es oxígeno y que el agua contiene menos gas carbónico. Luego las plantas verdes expuestas á la luz del sol *absorben gas carbónico y exhalan oxígeno : luego retienen el carbono.*

Para que salga bien este experimento se requiere que la planta contenga clorofila y que haya luz. En efecto, las hojas verdes en la obscuridad, ó las hojas incoloras á la luz, no exhalan la menor burbuja de oxígeno.

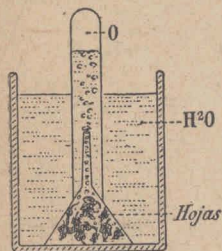


Fig. 128. — Experimento que muestra la absorción del gas carbonico y el desprendimiento de oxígeno.

La intensidad de la asimilación clorofílica varía con la intensidad de la luz : es nula en la obscuridad, débil á la luz difusa y considerable á la luz solar.

También influye la naturaleza de las radiaciones : si se ponen en las diversas regiones del espectro probetas que contengan hojas de Bambú, se ve que el oxígeno se desprende solamente en las regiones de las fajas de absorción de la clorofila. El desprendimiento de oxígeno, y por consiguiente la asimilación clorofílica, es considerable en el rojo, nulo en el verde y muy débil en el azul. Las radiaciones absorbidas por la clorofila representan cierta cantidad de energía, y esta energía es la que se necesita para descomponer CO_2 en C y O. Se puede demostrar que esta energía proviene de la radiación solar absorbida, de la manera siguiente : se alumbra una planta con luz que atraviere por una solución de clorofila, y se ve que no se verifica el desprendimiento de oxígeno, porque ya no existe la radiación utilizable, puesto que ha sido absorbida por la solución de clorofila.

La asimilación clorofílica es de capital importancia para las plantas, porque les permite retener el carbono del gas carbónico del aire y combinarlo con los elementos de la savia bruta para dar hidratos de carbono (glucosa, almidón, dextrina) que nutren la planta. Por eso una hoja de Musgo guardada en la obscuridad todo un día no contiene almidón, en tanto que otra semejante expuesta á la luz contiene mucha cantidad. Del mismo modo, si se alumbra una hoja verde con el espectro solar, se ve que el almidón se forma

solamente en las regiones que corresponden á las fajas de absorción. Estas fajas de absorción se pueden poner en evidencia empapando la hoja en una solución de yodo que da color azul al almidón.

En resumen, la asimilación del carbono y la producción de almidón y otros alimentos contribuyen á la transformación de la savia bruta en savia elaborada.

Respiración. — Las hojas, así como las demás partes de la planta, respiran, es decir que absorben oxígeno y exhalan gas carbónico.

Para demostrar este fenómeno no hay más que colocar debajo de una campana una planta y un vaso que contenga agua de cal ó de barita (fig. 129), y al poco tiempo se observa que el gas carbónico que se desprende enturbia el agua. Para demostrar la absorción del oxígeno, basta analizar el aire que queda en la campana.

También se puede observar que la respiración se efectúa en la oscuridad lo mismo que á la luz.

El gas carbónico que exhala una planta en un tiempo dado se mide de la manera siguiente : se pone una planta debajo de una



Fig. 129. — Experimento que demuestra el desprendimiento de gas carbónico en la respiración.

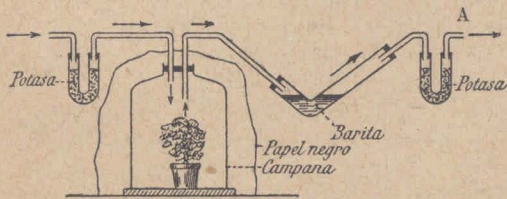


Fig. 130. — Aparato para el estudio de la respiración.

campana bien cerrada y cubierta con un papel negro para mantenerla sin luz (fig. 130); un aspirador colocado en A hace pasar una corriente de aire limpio de gas carbónico por la potasa; luego, este aire, después de atravesar la campana, llega á una solución de barita que retiene el gas carbónico emitido por la

planta. Así se formará carbonato de bario, cuyo peso nos dará el gas carbónico exhalado por la respiración de la planta.

Se han estudiado las variaciones de la proporción $\frac{CO^2}{O}$ del volumen de gas carbónico emitido con el volumen de oxígeno absorbido y se ha visto que para una misma planta era independiente de la temperatura, de la presión y de la luz. Varía mucho según las diferentes plantas y sobre todo según el desarrollo de cada planta.

La proporción $\frac{CO^2}{O}$, llamada *cuociente respiratorio*, es generalmente < 1 ; lo cual demuestra que todo el oxígeno absorbido no ha servido para producir gas carbónico; esta parte que no da gas carbónico queda dentro de la planta donde produce otras oxidaciones. Se puede tener $\frac{CO^2}{O} = \frac{1}{2}$ en las plantas en disposición

de germinar; lo cual demuestra que en esa época existen oxidaciones enérgicas en la planta. Pero en el momento de la florescencia se acerca mucho á 1

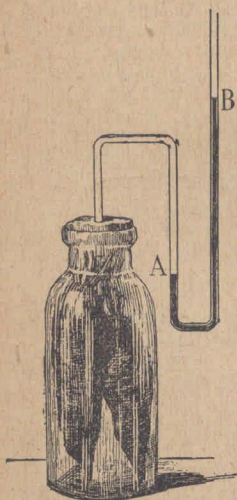


Fig. 131. — Experimento para demostrar la resistencia á la asfixia.

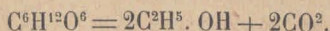
Resistencia á la asfixia y fermentaciones. — Siendo la respiración un fenómeno continuo en las plantas, necesitan oxígeno para vivir, lo mismo que los animales. Por eso una planta puesta en un medio que no contenga oxígeno, no tarda en morir; se asfixiará. Sin embargo, entre el momento en que ya no hay oxígeno libre y la muerte de la planta, transcurre cierto tiempo durante el cual sigue exhalándose gas carbónico: entonces se dice que la planta *resiste á la asfixia*.

Pongamos tubérculos de Remolacha en un vaso en comunicación con un manómetro de mercurio (fig. 131). Entonces se ve que el nivel baja en A y sube en B; esto consiste en que las células de la Remolacha, después de haber agotado el oxígeno del vaso, han descompuesto el azúcar

que contenian, azucar que ha dado gas carbónico y alcohol. El gas carbónico ha hecho bajar el nivel A y el alcohol impregna los tejidos y los mata. A esta descomposición se le ha dado el nombre de *fermentación propia*.

Ciertas plantas pueden resistir mucho tiempo á la asfixia. Asi es como la levadura de cerveza (fig. 132), que se presenta en forma de glóbulos, puede vivir en una disolución de glucosa al abrigo del aire.

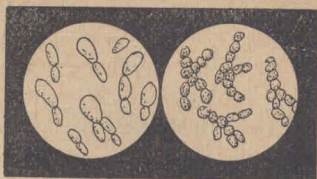
La levadura saca el oxígeno que necesita de la glucosa, provocando su descomposición en alcohol y gas carbónico (fig. 133), según la fórmula



Pasteur ha demostrado que al mismo tiempo se forman otros productos, tales como glicerina, ácido succínico, celulosa, etc. A esta descomposición del azúcar se le ha dado el nombre de *fermentación alcohólica*. Luego la fermentación es un caso particular de la respiración.

La levadura de cerveza no es el solo vegetal capaz de vivir en un medio privado de oxígeno libre : muchos Hóngos y Algas, que han recibido el nombre de *fermentos*, pueden también provocar descomposiciones ó *fermentaciones*. Y aun hay algunos que no soportan el contacto del air libre : á éstos se les llama *anaerobios* y á los demás *aerobios*.

Entre los anaerobios se pueden citar : el *Bacillus amylobacter* que provoca la descomposición de la célula; el *Bacillus septicus*,



Levadura baja (8°). Levadura alta (16°).

Fig. 132. — Levadura de cerveza.

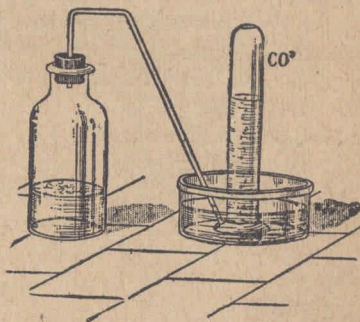


Fig 133. — Fermentación alcohólica.

ó vibrión séptico, que causa la putrefacción de los tejidos animales, muertos ó vivos; en fin, la mayor parte de las Bacterias que producen las enfermedades del hombre y de los animales. Los anaerobios son seres en quienes es normal la resistencia á la asfixia, mientras que en las demás plantas es accidental.

La levadura de cerveza esparcida en una substancia nutritiva, al contacto del aire, en un pedazo de limón por ejemplo, puede vivir y desarrollarse. Luego en este caso es *aerobio*. Luego no hay separación absoluta entre los aerobios y los anaerobios.

Resultados de la asimilación y de la respiración. — El estudio de la asimilación y de la respiración nos ha mostrado que estos dos fenómenos son inversos y que consisten :

La respiración, en absorción de O y exhalación de CO²;

La asimilación, en absorción de CO² y exhalación de O.

La resultante de estas dos acciones es lo que se observa. De suerte que por la noche siendo mayor la respiración que la asimilación, que es casi nula, se nota absorción de oxígeno y exhalación de gas carbónico. Esto se llamaba antaño *respiración nocturna*. Por el día, cuando la luz es aún débil, ambos fenómenos pueden equilibrarse y los cambios gaseosos son insensibles; pero si la luz es intensa, la respiración tiene siempre el mismo valor, mientras que la asimilación es considerable; entonces se nota absorción de gas carbónico y exhalación de oxígeno. En este caso la respiración está encubierta por la asimilación : esto es lo que se llamaba sin razón *respiración diurna*.

Se puede separar la asimilación de la respiración haciendo el experimento de Claudio Bernard, que consiste en poner una planta en una probeta que contenga agua, y otra planta en otra probeta cuya agua contenga cloroformo, y se pone todo al sol. En la primera probeta hay exhalación de oxígeno, y la *resultante* de los dos fenómenos se puede medir viendo la cantidad de los gases. En la otra probeta no hay exhalación de oxígeno : el cloroformo ha suspendido la asimilación sin perturbar la respiración viendo la cantidad de los gases se tendrá la intensidad de la *respiración*. La diferencia entre el valor de la resultante y el de la respiración dará la *asimilación*.

RESUMEN

Caracteres exteriores de la hoja. — La hoja tiene simetría bilateral, es decir que tiene una derecha y una izquierda, una cara superior y otra inferior.

Comprende tres partes : 1° el *limbo*, lámina plana; 2° el *pecíolo*, más estrecho; 3° la *vaina* ó *tubo* que adhiere la hoja al tallo. El pecíolo y el tubo pueden faltar (*hojas sesiles*); la *vaina* puede estar muy desarrollada (*hojas envainadoras*).

Las hojas son *sencillas* ó *compuestas*.

- | | | |
|---|---|------------------------------------|
| 1° <i>Hojas sencillas.</i> | { | H. entera (Lila). |
| (limbo no dividido). | | H. dentada (Carpe). |
| | | H. lobulada (Roble). |
| 2° <i>Hojas compuestas.</i> | { | |
| (limbo dividido en partes llamadas hojuelas). | | H. alada (Pipirigallo, Sensitiva). |
| | | H. palmeada (Castaño de Indias). |

Las *nervuras* forman una red; son las prolongaciones de los haces liberoleñosos del tallo. Las *nervuras* pueden ser paralelas, aladas, palmeadas.

Las hojas pueden modificarse adaptándose al medio : la *Sagitaria* por ejemplo presenta tres clases de hojas (aéreas, flotantes, sumergidas).

- Las hojas están adheridas al tallo de dos maneras. {
1. *verticiladas* : varias en el mismo nivel.
 2. *alternas* : insertas aisladamente.

Las hojas tienen *movimientos periódicos* (vigilia y sueño) ó *movimientos provocados* (Sensitiva).

La mayor parte de las hojas nacen en primavera y mueren en otoño (*hojas caducas*); otras, como en el Pino, pueden vivir varios años (*hojas persistentes*).

estructura interior de la hoja. — Cortando transversalmente el limbo, hallamos las partes siguientes :

1° *Epidermis* de la cara superior : pocos ó ningunos estomas.

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| 2° <i>Parenquima.</i> | { | 1. <i>Tejido en palizada</i> : rico en clorofila. |
| | | 2. <i>Tejido lagunoso</i> : poco rico en clorofila. |
| | | 3. <i>Haces liberoleñosos</i> { madera arriba.
(nervuras). } liber abajo. |

3° *Epidermis* de la cara inferior : numerosos estomas.

Los *estomas* son orificios producidos por la separación de dos células epidérmicas.

Funciones de la hoja. — Las principales funciones son la *transpiración*, la *asimilación clorofílica* y la *respiración*.

La *clorofila* es una materia verde que se halla en estado granuloso

en los cloroleucitos que se forman á expensas de los leucitos. El leucito toma primero color amarillo (*xantofila*), después verde (*clorofila*). La clorofila es soluble en el alcohol; ésta sólo se forma á la luz; su propiedad más importante es absorber ciertas radiaciones luminosas y caloríficas : su *espectro de absorción* presenta siete fajas.

1º *Transpiración*. — Es el desprendimiento de vapor de agua por la planta.

Experimentos que muestran la transpiración.

1. Planta debajo de campana; gotea agua por las paredes.
2. Planta en el platillo de una balanza; este platillo se levanta.
3. Rama en un tubo encorvado y lleno de agua : baja el nivel del agua.

En una misma planta la transpiración varía en las diferentes horas del día : hacia las dos de la tarde llega á su *máximum* y hacia las seis de la mañana á su *mínimum*. La transpiración aumenta también con el calor y la sequedad del aire; pero la *luz* sobre todo tiene grande influencia.

La planta transpira más á la luz que en la obscuridad; y cuando se pone una planta en las diferentes regiones del espectro, la transpiración es sobre todo más activa en las fajas de absorción de la clorofila.

El vapor de agua sale por los estomas. (Experimentos del cloruro de calcio y del papel impregnado de cloruro doble de paladio y de hierro.)

La transpiración tiene por objeto activar la circulación de la savia ascendente y hacerla más nutritiva quitándole un exceso de agua.

2º *Asimilación clorofilica*. — Esta función consiste en la descomposición del gas carbónico del aire, en el desprendimiento del oxígeno y en la fijación del carbono en los tejidos de la hoja.

Se puede demostrar esta función poniendo hojas en una probeta con agua que contenga gas carbónico; entonces se ve que se desprenden burbujas de oxígeno y se reúnen en la parte superior de la probeta.

La asimilación sólo se produce exponiendo la planta á la luz.

3º *Respiración*. — Las hojas respiran, así como las demás partes de la planta. Esto se demuestra poniendo debajo de una campana una planta y un vaso que contenga agua de cal; ésta se enturbia por el gas carbónico que exhala la respiración.

Las plantas respiran á la luz y á la *obscuridad* absorbiendo oxígeno y exhalando gas carbónico. Luego es un fenómeno inverso al de la asimilación y lo que observamos es la resultante de estos dos fenómenos. En una hoja verde y en plena luz, la asimilación puede ocultar completamente la respiración, sin que ésta deje de existir.

Se puede separar la asimilación de la respiración poniendo cloroforno junto á la planta : así se suspende la asimilación sin perturbar la respiración.

CAPÍTULO VI

LA NUTRICIÓN EN LOS VEGETALES

Materias nutritivas. — Los Vegetales, lo mismo que los Animales, necesitan, para reparar sus tejidos, tomar alimentos en el medio exterior. Estos alimentos serán transformados y formarán parte integrante de la materia viva.

Para conocer los alimentos que convienen á una planta, se debe hacer el análisis químico de esta planta. De este modo se ha hallado agua, hidratos de carbono (celulosa, azúcar, almidón, etc.), substancias albuminoideas y sales minerales.

Entre los cuerpos simples indispensables para la formación del protoplasma y del núcleo, hay que citar el *carbono*, el *hidrógeno*, el *oxígeno*, el *nitrógeno*, el *azufre* y el *fósforo*. También son útiles otros cuerpos, como el *potasio*, el *calcio*, el *silicio*, el *hierro*, el *cloro* y el *magnesio*.

Luego conviene que los alimentos dados á la planta contengan estos diferentes cuerpos simples; es necesario sobre todo que estos cuerpos simples estén en un estado químico tal que el vegetal los pueda absorber. Desde este punto de vista hay que distinguir dos categorías de vegetales: las *plantas con clorofila* y las *plantas sin clorofila*.

I — Plantas con clorofila.

Las *plantas con clorofila* pueden fabricar los hidratos de carbono, los albuminoides y todos los principios que necesitan, por medio de las materias minerales que absorben en el *suelo* y del carbono que toman en el gas carbónico del *aire*.

§ 1. — Alimentos tomados en el suelo.

Alimentos minerales. — Como ya hemos visto al hablar de la raíz, las materias minerales contenidas en el suelo son digeridas y absorbidas por las barbas absorbentes de las raíces. Se puede buscar cuáles son los alimentos más útiles para la planta, empleando dos métodos : 1º se puede analizar la planta y deducir de su composición cuáles son los principios necesarios para su nutrición; 2º se puede cultivar la planta en disoluciones de subs-



Fig 134. — Efectos producidos en el cultivo de la Avena por la falta ó la insuficiencia de un elemento.

El tiesto nº 1 contiene 4 elementos esenciales : nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; el tiesto nº 2 carece de nitrógeno; el tiesto nº 3 carece de fósforo; el tiesto nº 4 carece de potasio; en fin en el tiesto nº 5 se cultiva la planta en arena calcinada, privada de la mayor parte de los elementos esenciales.

ancias minerales y ver cuáles son las que mejor hacen prosperar la planta.

Los principales alimentos minerales son los *nitratos*, que dan el nitrógeno; los *fosfatos*, que dan el fósforo, las *sales calcáreas*, que dan el *calcio*.

La figura 134 muestra claramente los efectos producidos por la falta ó la insuficiencia de un elemento. Luego en agricultura es necesario luchar contra el empobrecimiento de la tierra : esto se consigue por diversos métodos como el *mejoramiento*, *alternamiento* y *abono*.

Mejoramiento, alternamiento y abono. — El suelo tiene una composición variable según los países. Para ser *fértil* debe contener una mezcla de calcáreo, de arena, de arcilla y de materias orgánicas. Sabido es, en efecto, que un suelo exclusivamente calcáreo, ó arcilloso, ó silíceo, *es estéril*. Luego es necesario agregar á este terreno los elementos que le faltan para que pueda nutrir como conviene las plantas. Se agregará, por ejemplo, calcáreo al suelo muy arcilloso, ó arcilla al muy calcáreo. Se hará lo que se llama un *mejoramiento*.

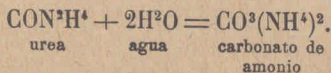
Para luchar contra el empobrecimiento de la tierra se emplean sobre todo el *alternamiento* y el *abono*.

El *alternamiento*, como ya hemos visto (pág. 22) consiste en alternar el cultivo de las plantas de raíces profundas, como la Remolacha, con las de raíces superficiales, como el Trigo.

Los *abonos* son materias capaces de restituir al suelo las materias nutritivas que ha perdido. Los abonos pueden ser *orgánicos* como el estiércol, el guano; ó *minerales* como los conocidos con el nombre de *abonos químicos*. Se pueden fabricar abonos químicos *completos*, es decir que contengan todos los elementos necesarios para el desarrollo de una planta dada. Estos elementos varían según la planta y la composición del suelo. Cada planta tiene sus preferencias, ó su *dominante* como se suele decir. De modo que se obtendrán grandes rendimientos si se fuerza la dosis de nitrógeno en el cultivo del Trigo y de la Avena; de potasa en el de la Patata y la Vid; de ácido fosfórico en el de la Caña dulce, etc.

Fijación del nitrógeno en el suelo. — El nitrógeno es tomado del suelo en forma de *nitratos* y de *sales amoniacales*.

Para que los *nitratos* se formen en el suelo es preciso que existan materias nitrogenadas, como despojos orgánicos, estiércol por ejemplo. Por influencia de un microbio se produce una primera fermentación que transforma las materias nitrogenadas en sales amoniacales; la urea por ejemplo dará carbonato de amonio :



Después las sales amoniacales se transforman por influencia de

microbios especiales en *nitratos* que serán absorbidos en gran parte por las plantas.

Se ha demostrado con muchos experimentos que la *nitrificación*, es decir la formación de los nitratos, no se produce si se esteriliza la tierra sometiéndola á una temperatura bastante elevada. Luego es necesario que haya microbios para la nitrificación.

Para que la formación de los nitratos sea rápida conviene también que la temperatura sea elevada; pues, en efecto, es más activa en verano que en invierno. También conviene que el aire circule fácilmente por el suelo; de ahí la utilidad de las labores. En fin es indispensable que haya calcáreo, y de ahí la necesidad de margar las tierras desprovistas de calcáreo.

Las leguminosas como el Trébol y la



Fig. 135. — Nudosidades de las Leguminosas.

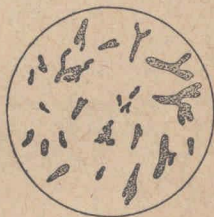


Fig. 136. — Microbios de la nitrificación de las Leguminosas.

Alfalfa asimilan el nitrógeno de una manera especial. Los labradores saben, en efecto, que el cultivo de estas plantas no despoja al suelo de nitrógeno, sino que le enriquece. Esto consiste en que estas plantas tienen en sus raíces pequeñas nudosidades (fig. 135) llenas de microbios que tienen la propiedad de asimilar directamente el nitrógeno del aire. Así se forman materias nitrogenadas, de las cuales una parte podrá servir para alimento de la planta, y la otra, después de muerta la planta, quedará en el suelo que le enriquecerá así de nitrógeno.

Si se cultivan las leguminosas en un suelo sin microbios, no se formarán esas nudosidades; y, al contrario, se formarán si se

riega esta tierra esterilizada con una infusión de tierra donde se hayan cultivado leguminosas. Luego estas nudosidades no son naturales, sino patológicas en cierto modo y producidas por microbios contenidos en el suelo (fig. 136).

Circulación de la savia bruta. — La *savia bruta* absorbida por las raíces circula por los vasos de la madera, como lo hemos demostrado al tratar de la raíz, y luego sube por el tallo y llega hasta las hojas.

Dos causas principales determinan esta ascensión de la *savia bruta*: 1° el *empuje de las raíces* debido á la fuerza osmótica que empuja los líquidos del suelo á las barbas absorbentes y luego á los vasos de la madera; 2° la *aspiración* que produce la transpiración en las hojas. La primera fuerza se puede comparar con la acción de una bomba imelente y la segunda con la de una bomba aspirante. Por la influencia de estas dos fuerzas se eleva la *savia bruta*.

§ 2. — Alimentos tomados en el aire.

Función clorofilica. — Ciertos alimentos son tomados en el aire, tales son el oxígeno, el carbono y el nitrógeno.

El oxígeno es tomado en estado libre en el aire por la respiración. El nitrógeno es tomado, en pequeña cantidad, en estado libre ó en forma de compuestos amoniacales.

El carbono proviene únicamente de la descomposición del gas carbónico del aire que penetra en las hojas. La clorofila es la que, al absorber ciertas radiaciones, determina la *asimilación del carbono*. Y mediante esta clorofila y las radiaciones absorbidas el carbono se une á las materias minerales de la *savia bruta* para dar principios orgánicos, tales como los hidratos de carbono, las grasas, los albuminoides, etc. Todas estas materias pueden ser utilizadas directamente por la planta, ó conservadas en reserva.

No se conoce el mecanismo por medio del cual la planta hace la síntesis de estas sustancias; pero sí se sabe que la clorofila es indispensable para la formación de los hidratos de carbono.

Transformación de la savia bruta en savia elaborada. — La *savia bruta* absorbida por las raíces se compone de agua que

contiene una débil cantidad de materias nutritivas. Esta savia contiene agua en exceso que será expulsada por la transpiración en las hojas (fig. 137).

Al mismo tiempo, por influencia de la asimilación clorofílica, las sales minerales de la savia bruta que no pueden servir directamente para la nutrición de la planta, se transforman por adición

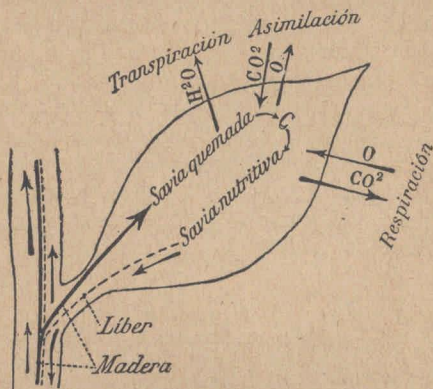


Fig. 137. — Transformación de la savia bruta en savia elaborada

del carbono en hidratos de carbono y aun en albuminoides que pueden ser utilizados por la planta.

La *savia bruta*, exenta de su exceso de agua y transformada por la asimilación clorofílica, se vuelve *savia elaborada*.

Circulación de la savia elaborada. — La savia elaborada, rica en sustancias nutritivas, va de la hoja hacia las demás partes de la planta (fig. 137). Al tratar del tallo hemos demostrado que esta circulación de la savia elaborada se verifica por los tubos agujereados del liber.

Una parte de la savia elaborada puede ser empleada para la formación de órganos nuevos, ó para el crecimiento en longitud y en espesor de los órganos viejos.

Otra parte de esta savia permanece en ciertas regiones de la planta en forma de *materias de reserva* y puede ser utilizada más tarde para la formación de células nuevas.

Otra, en fin, puede ser eliminada en diferentes formas (resinas, gomas, aceites, etc). Más adelante estudiaremos estos productos llamados de desasimilación.

La savia elaborada no es forzosamente *descendente* pues la que va á las yemas terminales es *ascendente* (fig. 137).

II. — Plantas sin clorofila.

Las plantas que carecen de *clorofila* no pueden asimilar directamente el carbono, ni hacer la síntesis de los hidratos de carbono. Luego tienen que tomar sus sustancias nutritivas de otros seres vivos, animales ó vegetales.

Se pueden agrupar estas plantas en dos categorías : 1º las *plantas parásitas*, que viven en el cuerpo de los animales ó de los vegetales (Bacterias); 2º las *plantas humícolas*, que viven en materias orgánicas en descomposición (Hongos).

Plantas parásitas —

Estas plantas se desarrollan á expensas de seres vivos que en cierto modo les sirven de nodrizas.

Entre estas plantas se puede citar los Hongos, tales como el Tizón del Trigo, el Cistopo (fig. 138) que vive en la Berza, el Cornezuelo del centeno, el Oidio de la Vid, etc. Estos hongos tienen sus filamentos provistos á veces de chupadores que penetran en la parte interior de la planta nutricia.

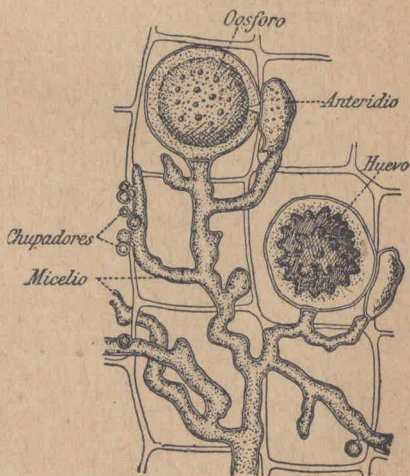


Fig. 138. — El Cistopo, Hongo parásito invadiendo una hoja de Berza.

Ciertas plantas Fanerógamas son parásitas; tales son la Cuscuta (fig. 139) que se desarrolla en la Alfalfa y cuyos chupadores

tienen la forma de ventosas, la Orobanca, que vive sobre la raíz



Fig. 139. — Una rama de *Cuscuta* parásita de la Alfalfa



Fig. 140. — *Orobanca* parásita del Serpol.

del Serpol (fig. 140) y de la Alfalfa. Estas plantas parásitas no



Fig 141. — Muérdago sobre una rama de Manzano.

tienen raíces, sino que introducen sus tallos en los tallos ó en las

raíces de las plantas que las nutren, de modo que los vasos de las dos plantas estén en continuidad.

Ciertas plantas parásitas tienen clorofila, tal como el Muérdago, que introduce en el Manzano sus raíces transformadas en chupadores (fig. 141).

En fin, otras plantas, para desarrollarse, necesitan vivir en dos huéspedes sucesivos; así por ejemplo el tizón del Trigo pasa el invierno sobre el Majuelo y el verano sobre el Trigo.

Plantas humícolas. — Son plantas que viven sobre la materia orgánica en descomposición. Tales son los hongos que crecen sobre el estiércol (*Agárico*), los mohos que se desarrollan sobre el cuero (*Penicilio*), sobre las maderas podridas, etc.

El protoplasma de estas plantas puede fabricar materias albuminoideas; pero no puede asimilar directamente el carbono.

Simbiosis. — La *simbiosis* es la asociación de dos vegetales que trabajan por la prosperidad mutua; mientras que en el *parasitismo* hay lucha entre los dos seres, sacando el parásito todos los beneficios de su huésped, sin que haya reciprocidad.

Los *Líquenes* son un ejemplo palpable de simbiosis, pues resultan de la asociación de una Alga y un Hongo. La sección vertical de un Liquen (fig. 142) muestra, en efecto, en medio de filamentos de Hongo células verdes que pertenecen á Algas y que se designan con el nombre de *gonidies*. El Alga por su clorofila asimila el carbono y fabrica hidratos de carbono que ella y el Hongo necesitan: en cambio el Hongo puede fabricar con esos hidratos de carbono materias albuminoideas, protegiendo así al Alga contra una gran sequía y procurándole vivir en un medio desfavorable (roca, corteza de árbol).

Otro ejemplo de simbiosis hemos visto ya antes al estudiar los

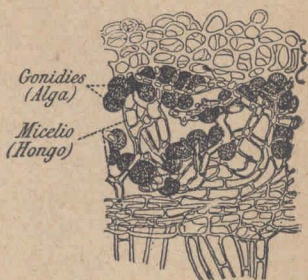


Fig. 142. — Sección de un Liquen mostrando la asociación de la Alga y del Hongo.

microbios que viven en las nudosidades de las leguminosas y facilitan la nutrición de estas plantas fijando el nitrógeno del aire.

III. — Materias de reserva.

Ya hemos visto que las materias nutritivas podían no ser consumidas inmediatamente, y que entonces quedaban en *reserva*, en ciertos puntos del organismo, para ser utilizadas más tarde. Estas pueden acumularse en los diversos órganos de la planta : en la raíz (Remolacha), en el tallo (Patata, Caña dulce), en las hojas (plantas crasas), en las flores (Coliflor), en las frutas y en los granos.

Podemos clasificar las materias de reserva según su composición química : *hidratos de carbono*, *materias grasas*, *albuminoides*).

Hidratos de carbono. — Los principales son el *almidón*, la *inulina* y los *azúcares*.

El *almidón*. — Es el cuerpo más extendido en los Vegetales. Su fórmula química es $(C^6 H^{10} O^5)^5$. Abunda especialmente en las



Fig. 143. — Célula de un tubérculo de Patata llena de granos de almidón.

células de la Patata (fig. 143), donde se presenta en forma de granos. Cada grano (fig. 144) presenta capas alternativamente claras y oscuras, dispuestas al rededor de un centro. Las capas claras son las más densas, las oscuras son más ricas en agua. El almidón, insoluble en el agua fría, se hincha en el agua á 60° produciendo la pasta conocida con el mismo nombre.

Se conoce fácilmente el almidón en que da una coloración azul intensa cuando se le trata por el yodo.

Los granos de almidón se desarrollan en las células de clorofila y en las incoloras, y están generalmente en relación con los leu-

bitos y crecen, como los cristales, por superposición de capas sucesivas.

El almidón, por influencia de una diástasa particular llamada *amilasa*, puede sufrir una serie de transformaciones que dan por resultado la formación de glucosa.

La *inulina*. — Es una sustancia isómera del almidón, que sólo existe en disolución en el jugo celular; pero tratándola por el

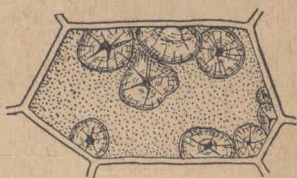


Fig. 144. — Grano de almidón aislado.

Fig. 145. — Esferocristales de inulina.

alcohol se obtienen cristales redondeados ó *esferocristales* (fig. 145). Existe sobre todo en las compuestas (*Inula*, *Alcachofa*) y en ciertos hongos en que no existe el almidón.

Los *azúcares*. — Entre los azúcares, la *sacarosa* $C^{12}H^{22}O^{11}$ es la más frecuente. El azúcar existe en la Remolacha, en el tallo de la caña dulce en el estado disuelto, pero no asimilable. Para que sea asimilable debe ser *invertida* por una diástasa especial llamada *invertina*.

Materias grasas. — Las materias grasas resultan de la mezcla de varios principios tales como la *oleína*, la *margarina*, la *estearina*. Existen en las semillas de muchos vegetales, de los cuales se las puede extraer por el éter ó el sulfuro de carbono,

Pueden ser líquidas como los aceites (*Lino*, *Adormidera*, *Nuez*, *Oliva*), y entonces son abundantes en oleína. Pueden ser sólidas, y entonces proporcionan mantequillas (*cacao*) más abundantes en *margarina* y *estearina*.

Albuminoides. — Las materias albuminoideas se forman sobre todo en los órganos en el estado de vida entorpecida. En efecto, se les encuentra en muchas semillas (fig. 146) en forma de *granos*

de aleurona. Estos granos, que se observan en la glicerina, disueltos en agua, contienen generalmente un *cristaloide*, (fig. 147) y un *globoide*, que contiene glicerofosfato de magnesio y de calcio.

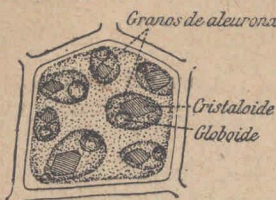


Fig. 146. — Granos de aleurona en una célula de la semilla de Ricino.

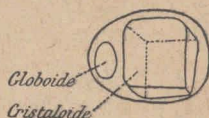


Fig. 147. — Grano de aleurona aislado.

Digestión de las materias de reserva. — Para poder utilizar las materias de reserva, se las debe hacer solubles y asimilables por medio de *diastasas*. Estas diastasas, ó *fermentos solubles*, tienen propiedades generales que hemos estudiado al hablar de la digestión en el hombre. Son segregadas, ó por las células que contienen las materias de reserva, ó por células vecinas.

Entre las más comunes hay que citar la *amilasa*, la *sucrasa*, la *emulsina*, la *pepsina*, etc.

La secreción de las diastasas se verifica sobre todo en el momento de la germinación de las semillas y al abrirse las yemas. Una vez digeridas las sustancias se dirigen hacia el punto donde han de ser utilizadas.

IV. — Eliminación.

Al lado de las materias de reserva fabricadas por el vegetal, existen productos inútiles ó dañosos; estos productos pueden ser eliminados por la planta, ó pueden localizarse en ciertos puntos. Son de naturaleza variable, orgánica ó mineral, y se localizan, sea en las *células*, sea en los *canales*.

Células secretorias. — Estas células pueden ser *aisladas*. Ejemplos: la célula que forma el pelo de la Ortiga (fig. 148) y cuyo jugo celular contiene ácido fórmico; la célula en donde se deposita *oxalato de calcio*, sea en el estado de cristales cruzados

(fig. 149) (*Begonia*), sea en el estado de agujas ó rafides (fig. 150), que pueden atravesar varias células (*Ajo y Vainilla*); la célula que contiene *carbonato de calcio* en depósito apez-

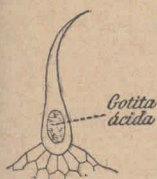


Fig. 148. — Pelo de Ortiga.

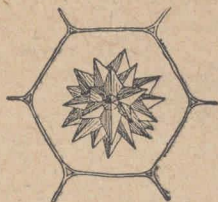


Fig. 149. — Cristales de oxalato de calcio (*Begonia*).

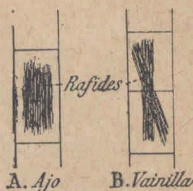


Fig. 150. — Rafides de oxalato de calcio.

nado y pendiente de una protuberancia celulósica de la membrana (fig. 151) : éste depósito ha recibido el nombre de *cistolito* (Higuera).

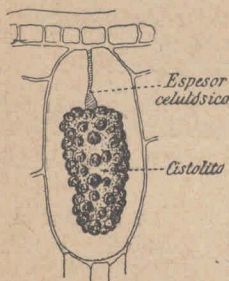


Fig. 151. — Cistolito de carbonato de calcio.

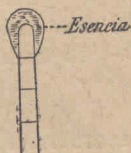


Fig. 152. — Pelo de Labiada



A. Antes de la secreción B. Después

Fig. 153. — Pelo secretorio del Lúpulo.

Ciertas células secretorias pueden agruparse. Ejemplos : el pelo de las Labiadas generalmente formado de varias células y cuya *esencia* se acumula entre la cutícula y la membrana de celulosa (fig. 152); pasando la mano por esos pelos se rompe fácilmente la cutícula y la esencia se escapa. También se pueden ver los pelos espesos del Lúpulo (fig. 153), cuyo *lupulino* se acumula también debajo de la cutícula.

Laticíferos. — A veces las células forman verdaderos tubos que contienen un líquido lechoso, blanco ó coloreado, llamado *látex* ó jugo, que fácilmente se ve cortando un tallo de Euforbio ó de Adormidera. Estos tubos son *laticíferos*, que pueden ser formados por células *prolongadas y ramificadas*



Fig. 154. — Célula ramificada de un laticífero (Euforbiáceas).



Fig. 155. — Célula de un laticífero con tabique perforado (Celidonia).

formados por células *prolongadas y ramificadas* (fig. 154), cuyo contenido blanco tiene en suspensión glóbulos de carburos de hidrógeno. Estos glóbulos son los que dan al líquido el aspecto de leche.

Otras veces los laticíferos están formados por la reunión de células separadas por tabiques perforados (fig. 155); tal es el caso de la *Celidonia*, cuyo jugo es amarillo. El caucho, la gutapercha y el opio son segregados también por laticíferos.

Canales secretorios. — En los casos precedentes la célula contenía la substancia secretada; en el caso actual la substancia elaborada es vertida en lagunas que se presentan en forma de *bolsas ó canales*.

Estas cavidades se forman de la manera siguiente : una célula subepidérmica se divide en cuatro (fig. 156, A), que al separarse

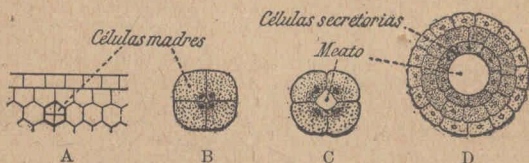


Fig. 156. — Desarrollo de un canal secretorio.

dejan entre sí un meato. Este se ensancha (fig. 156, B y C), mientras que las células que le rodean (fig. 156, D) derramarán

en él el producto de su secreción. Estas *bolsas secretorias* se ven en el Corazoncillo, en la cáscara de Naranja.

Si se confunden varias bolsas, resulta un *canal secretorio*. En el Pino, por ejemplo, se recoge la resina en canales secretorios.

RESUMEN

Los Vegetales, lo mismo que los Animales, necesitan tomar alimentos en el medio exterior.

El análisis de la planta muestra que contiene como elementos esenciales C, H, O, N, S y P, y como elementos útiles K, Ca, Si, Fe, Cl y Mg. Luego la alimentación debe procurar esos elementos.

Plantas con clorofila. — Las plantas toman sus alimentos en el suelo y en el aire.

<i>Alimentos tomados en el suelo . . .</i>	{	<i>Alimentos minerales</i> : nitratos, fosfatos, sulfatos. <i>Fijación del nitrógeno</i> : tomado de los nitratos ó de los compuestos amoniacales que se transforman en nitratos por fermentación. Papel de los microbios en las nudosidades de las Leguminosas.
---	---	--

Se lucha contra el empobrecimiento del suelo por medio del *beneficio*, del *laboreo* y del *abono*.

La savia bruta que absorben las raíces se dirige hacia las hojas por la influencia de dos fuerzas : 1° empuje de las raíces; 2° aspiración producida en las hojas por la transpiración.

<i>Alimentos tomados en el aire. . . .</i>	{	Oxígeno en estado libre, por la respiración. Nitrógeno en estado libre. Carbono del gas carbónico, por la clorofila.
---	---	---

La transpiración y la asimilación clorofilica transforman la *savia bruta* en *savia elaborada*. La transpiración desaloja el exceso de agua, y la asimilación clorofilica fija el carbono y fabrica substancias orgánicas.

La savia elaborada es utilizada inmediatamente para la formación de tejidos nuevos, ó puede quedar en reserva para servir más tarde.

Plantas sin clorofila. — Estas plantas no pueden asimilar el carbono; por eso toman las substancias orgánicas en los Animales ó en os Vegetales.

Aquí hay que considerar dos casos : 1° Las *plantas parásitas* que viven en los cuerpos de los animales ó de los vegetales (Tizón del Trigo, Cistopo de la Berza, Cuscuta, etc.)

2° Las *plantas humícolas*, que viven sobre animales ó vegetales en descomposición (Hongos, Mohos, etc.).

La *simbiosis* es una asociación de plantas que se prestan mutuo auxilio. Tal es el Liquen, formado por la asociación de una Alga y de un Hongo.

Materias de reserva. — Estas son sustancias nutritivas puestas en reserva. Entre ellas se citan los *hidratos de carbono*, las *materias grasas*, los *albuminoides*.

- | | | |
|--------------------------------|---|--|
| | { | <i>Almidón</i> ($C^6H^{10}O^5$). Granos. El yodo le pone azul. |
| 1° <i>Hidratos de carbono.</i> | { | <i>Inulina</i> . Isómera del almidón.
Disuelta en el jugo celular. |
| | { | <i>Azúcares</i> . Sacarosa ($C^{12}H^{22}O^{11}$).
<i>Aceites</i> : ricos en oleína. |
| 2° <i>Materias grasas.</i> . . | { | <i>Mantequillas</i> : ricas en estearina y margarina. |
| 3° <i>Albuminoides.</i> . . . | { | <i>Granos de aleurona</i> : cristaloide y globoide (glicerofosfato de magnesio y de calcio). |

Las materias de reserva, para ser utilizadas, deben convertirse en solubles y asimilables por la acción de *diastasas*.

Eliminación. — Ciertos productos fabricados por la planta y vueltos inútiles ó dañosos son eliminados ó localizados en ciertos puntos. En este caso se encuentran en *células* ó en *canales*.

1° Las *células secretorias* pueden estar aisladas. Ej. : Pelo de Ortiga, células de rafides ó de cristales. Pueden estar agrupadas. Ej. : Pelos de Labiada ó de Lúpulo.

Los *laticíferos* son células que contienen un líquido leñoso ó *látex* : Ej. : Euforbio, Caucho.

2° Los *canales secretorios* están formados por una laguna rodeada de células que derraman allí el producto de su secreción. Ej. : el Pino.

SEGUNDA SECCIÓN

FUNCIONES DE REPRODUCCIÓN

Multiplicación vegetativa y reproducción. — Los inmortales descubrimientos de Pasteur han demostrado que la *generación espontánea* no existe y que *todo ser viviente proviene de seres semejantes*.

Los vegetales pueden multiplicarse por dos procedimientos : por *multiplicación vegetativa* ó por *reproducción*.

1º MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA. — Ciertas plantas pueden fragmentarse, y cada uno de esos fragmentos puede al desarrollarse reconstituir una planta idénticamente semejante á aquella de que



Fig. 157. — Acodo natural : Fresa y sus estolones

procede. Esto es lo que llamamos *multiplicación vegetativa*, ó por *escisiparidad*.

Un pie de Fresa (fig. 157) puede dar, como hemos visto al estudiar el tallo, estolones que echan raíces en cada nudo y dan otros tantos pies nuevos. Estos estolones pueden secarse y morir : entonces tenemos pies de Fresa independientes y nacidos de un

mismo pie. Esto es lo que se llama *acodo*. En este caso es natural; pero también se le puede hacer artificial, como por ejemplo en la vid : basta entonces enterrar un vástago (fig. 158) y cuando se hayan formado raíces adventicias, se le separa de la Vid y da otro pie nuevo.

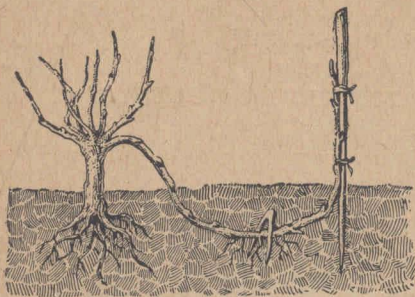


Fig. 158. — Acodo artificial : Vid.

puede tener tantas plantas completas cuantas sean las yemas. Se dice que la Patata es un *renuevo* natural. Si se corta una rama de Álamo ó de Geranio y se le entierra, aparecen raíces adventicias y la rama se vuelve un vegetal nuevo : este es un *renuevo* artificial (fig. 160).

El *injerto* consiste en ingerir en un vegetal llamado *sujeto* ó pie un fragmento ó púa de otro vegetal que se quiere multiplicar. Dos



Fig. 159. — Renuevo natural : Tubérculo de la Patata y sus yemas en disposición de desarrollarse.



Fig. 160. — Renuevo artificial : Geranio.

son los procedimientos usados : el *injerto de escudete* (fig. 161), en el cual se emplea una simple yema, y el *injerto de hendedura* (fig. 162), en el cual se usa una rama con yemas.

El injerto no da resultados sino entre plantas afines, como

Rosaes cultivados y Escaramujos, Almendros y Ciruelos, Melocotoneros y Cerezos; pero no se podría injertar un Manzano en un Cerezo.

Estos procedimientos los emplean con frecuencia los horticult-



A. Tallo en el cual se injerta. B. Rama de injerto ó púa. C. Rama injerta.

Fig. 161. — Injerto de escudete.



Fig. 162. — Injerto de hendedura.

tores para reproducir ciertas plantas (Geranio, Begonia, Rosal, etc.) con todos sus caracteres.

2º REPRODUCCIÓN. — Las plantas se pueden multiplicar por *esporas* ó por *huevos*.

La *espora* es una célula que se desarrolla en ciertas plantas (Algas, Hóngos) y que puede dar una nueva planta semejante á la planta madre.

El *huevo* resulta de la fusión de dos células, la célula macho y la célula hembra. Este huevo puede dar la semilla, que, al desarrollarse, producirá una planta nueva. Esta nueva planta, que proviene de dos padres, posee la mayor parte de sus caracteres; pero presenta á la vez otros caracteres.

Vamos á estudiar ahora esta reproducción, primero en las Fanerógamas, en las que se efectúa por la flor, y después en las Criptógamas.

CAPÍTULO VII

LA FLOR

I. — Caracteres exteriores de la flor.

Las diferentes partes de la flor. — La flor constituye el aparato reproductor de las Fanerógamas. La parte que sostiene la flor se llama *pedúnculo* (fig. 163), el cual está inserto en la axila de una hojita llamada *bráctea*.

La flor se compone de dos partes : las *envolturas florales* y el *aparato reproductor*.

Las *envolturas florales* destinadas á proteger el aparato reproductor (fig. 164) comprenden : 1º hojitas verdes llamadas *sépalos* y cuyo conjunto llamado *cáliz* constituye la primera envoltura de la flor; 2º hojitas generalmente colo-

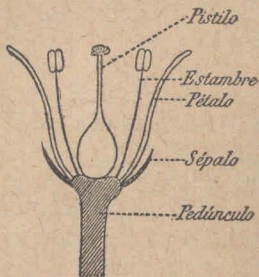
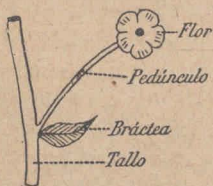


Fig. 163. — La flor sobre el tallo. Fig. 164. — Las diferentes partes de la flor

readas, llamadas *pétalos*, su conjunto ó *corola* constituye la segunda envoltura de la flor

El *aparato reproductor* consta de dos partes : 1º de pequeños filamentos abultados en la parte superior llamados *estambres*, que están formados de una parte delgada y larga llamada *filete* y de una

parte abultada llamada *antera*, que contiene numerosos granos de *polen*; 2º de cierto número de pequeños cuerpos redondeados llamados *carpelos* y cuyo conjunto constituye el *pistilo*; estos carpelos dan las células femeninas ú *oosferos* que dan origen á los *huevos*

Estas cuatro partes : cáliz, corola, estambres y pistilo están insertas en la parte terminal del pedúnculo llamada *receptáculo*

Diagrama. — Para representar la disposición de las diferentes partes de la flor, se traza su *diagrama*, y para esto se supone á la flor cortada transversalmente, y se representa por un diseño la sección de todas las piezas florales sin cambiar su posición

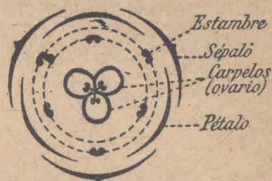


Fig 165 — Diagrama de la Azucena.

Tracemos el diagrama de una Azucena (fig. 165). En su parte exterior encontramos, primero, 3 sépalos dispuestos en circunferencia : este es el primer *verticilo*; después, en la parte interior un segundo verticilo formado de 3 pétalos alternando con los sépalos, y finalmente 6 estambres dispuestas en dos circunferencias, y en el centro un pistilo compuesto de 3 carpelos.

La flor es un conjunto de hojuelas modificadas. — Las diferentes partes de la flor no son otra cosa que hojuelas modificadas, especialmente adaptadas á la función de reproducción. El estudio de ciertas flores permite mostrar todas las formas de transición entre las hojas ordinarias y las diversas partes de la flor.

Examinando un pie de *Atéboro* se ven, recorriendo de abajo arriba el tallo, todas las transiciones entre una *hoja* y un *sépalo*. La flor del *Nenúfar* blanco muestra, yendo de la parte exterior á la interior, todos los intermedios entre los sépalos verdes y los pétalos blancos. El paso del pétalo al estambre se observa también en el *Nenúfar*; á medida que nos acercamos al centro de la flor, los pétalos se adelgazan y llevan (fig. 166) en su parte superior una protuberancia, que, al engrosar, da la *antera*, la cual constituye la parte más importante del estambre. En fin, el paso del estambre

al carpelo se observa en el Eléboro (fig. 167); yendo hacia la parte interior de esta flor se ven estambres cuyo filamento se ensancha y se repliega, mientras que la antera se atrofia y desaparece. El carpelo está constituido así por una hoja replegada, cuyos bordes se sueldan para formar una cavidad, el *ovario*, que contiene los óvulos.

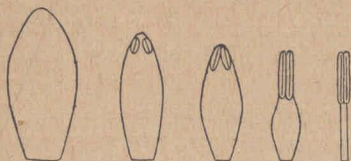


Fig. 166. — Paso del pétalo al estambre (Nenúfar).

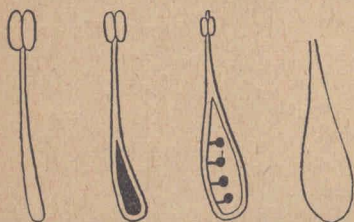


Fig. 167. — Paso del estambre al carpelo (Eléboro).

En resumen, se ve que el pistilo es una hoja modificada; el estambre un pistilo modificado, y en fin, que el pétalo y el sépalo provienen de la modificación de hojas. Se dice que las hojas han sufrido una *metamorfosis progresiva*.

Los horticultores han logrado transformar por el cultivo ciertas partes de la flor. Los estambres por ejemplo se transforman en pétalos; así el Escaramujo tiene 5 pétalos y gran número de estambres, mientras

que la Rosa de los jardines posee gran número de pétalos. En este caso los estambres han sufrido una *metamorfosis regresiva*. Todas las *flores dobles* caracterizadas por el gran número de pétalos que poseen, provienen de esta transformación; en efecto, el número de estambres es tanto más pequeño cuanto más abundantes son los pétalos.

Todo lo expuesto muestra que la flor está formada por un conjunto de hojas modificadas.

Inflorescencia. — La *inflorescencia* es la disposición de las flores sobre la planta. Si el pedicelo (ó pedúnculo) no se ramifica, la inflorescencia se llama *solitaria* (Violeta, Tulipán); en el caso contrario es *agrupada*.

La inflorescencia agrupada es *simple* ó *compuesta*.

1º INFLORESCENCIAS SIMPLES. — El *racimo* (fig. 168, A) es una inflorescencia simple, en la cual las flores están insertas lateralmente en pedúnculos de igual longitud, con poca diferencia, y á igual distancia en el eje (Grosellero). El eje termina en una yema y no en una flor, pudiendo así prolongarse indefinidamente.

El *corimbo* (fig. 168, B) es un racimo, en el cual los pedúnculos son desiguales, de modo que las flores se abran en un mismo plano (Cerezo).

La *espiga* (fig. 168, C) es un racimo en el cual no existen pedúnculos y las flores están á igual distancia en el eje (Verbena).

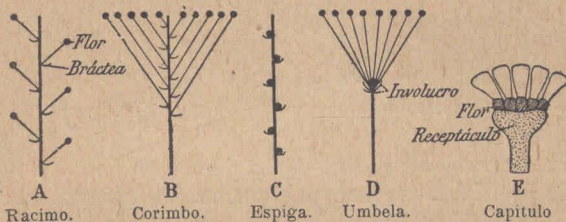


Fig. 168. — Inflorescencias simples.

La *umbela* (fig. 168, D) tiene todos los pedúnculos de igual longitud y sentados en el mismo punto del tallo (Hiedra). Las brácteas forman una especie de collar llamado *involucro*.

El *capítulo* ó *cabezuela* (fig. 168, E) se compone de flores sin pedúnculos, fijas unas al lado de otras en el extremo ensanchado del pedúnculo común (Margarita).

2º INFLORESCENCIAS COMPUESTAS. — Los pedúnculos se ramifican y pueden dar cada uno una inflorescencia simple; de modo que la inflorescencia compuesta resulta de una combinación de inflorescencias simples.

En el racimo simple, por ejemplo, cada flor puede ser reemplazada por un racimo; de modo que se tendrá un *racimo de racimos* ó un *racimo compuesto*. (Lila) (fig. 169, A.)

Del mismo modo, si cada flor de la umbela es reemplazada por una pequeña umbela ó *umbélula* (fig. 169, B), se tiene una *umbela de umbelas* ó *umbela compuesta* (Zanahoria). El involucro que está en la base de la umbélula se llama *involucela*.

Finalmente, se puede tener una espiga compuesta (Trigo), un corimbo compuesto (Aliso), etc.

Cimas. — Cuando el eje principal termina en una flor, cesa el crecimiento y se tiene una *cima* (fig. 170).

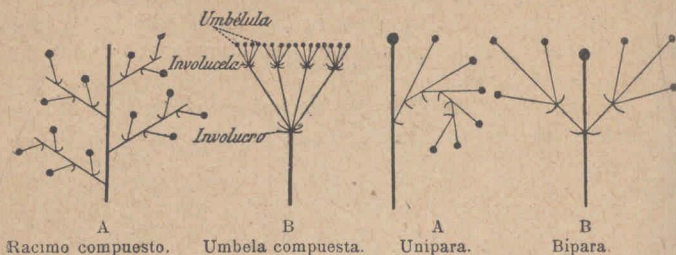


Fig 169. — Inflorescencias compuestas.

Fig 170. — Las cimas.

La cima es *unipara* (Borraja) (fig. 170, A) ó *bipara* (Centaurea menor) (fig. 170, B) según que hay uno ó dos pedúnculos insertos á igual altura.

II. — Estructura de la flor.

§ 1. — Envolturas florales.

Las envolturas florales comprenden el *caliz*, que resulta de la reunión de los sépalos, y la *corola*, formada por los pétalos.

Estas dos cubiertas no existen siempre; si hay una sola, se admite que es la corola la que falta y en este caso se dice que la flor es *apétala* (Roble).

Cáliz. — El *cáliz* es la cubierta más exterior de la flor. En el botón cubre todas las demás partes de la flor.

Si los sépalos están separados, independientes (fig. 171), el cáliz es *dialisépalo* (Fresa), es *gamosépalo* (Tabaco) si los sépalos forman una sola pieza (fig. 172).

El cáliz puede ser *regular* ó *irregular* según que los sépalos son iguales ó desiguales.

Los sépalos son generalmente verdes, pero á veces son colorados como en el Lirio, entonces se dice que son petaloides.

El sépalo tiene la misma estructura que la hoja: epidermis con estomas, parenquima con clorofila y haces liberoleñosos.

Corola. — La *corola* es la segunda cubierta de la flor. Está formada de pétalos colorados generalmente. Los pétalos son las más veces alternos con los sépalos, es decir que éstos últimos están sentados enfrente del intervalo que separa dos pétalos (fig. 171).



Fig. 171 — Flor dialisépala, dialipétala y regular (Fresa).



Fig. 172. — Flor gamosépala, gamopétala, y regular (Tabaco).



Fig. 173. — Flor irregular (Ortiga muerta).

La corola es *dialipétala* (fig. 171) si los pétalos están separados (Fresa); y *gamopétala* (fig. 172), (Tabaco) si los pétalos están reunidos.

La corola es regular ó irregular según que los pétalos son iguales (fig. 171 y 172) (Fresa, Tabaco) ó desiguales (fig. 173), (Ortiga muerta).

La estructura del pétalo es como la del sépalo, pero suele faltar la clorofila, ó mejor dicho se transforma dando pigmentos abundantes. En efecto, los bellos colores de las flores provienen de la coloración de los pétalos.

Los colores de las flores son varios: se les puede clasificar en el orden siguiente: amarillo, blanco, rojo, azul, violado, anaranjado, pardo. Luego las flores amarillas son las más comunes.

§ 2. — Aparato reproductor.

El aparato reproductor comprende los *estambres* y el *pistilo*. Los estambres dan las células masculinas, y el pistilo las células femeninas. La flor que lleva estambres y pistilo se llama *hermafrodita* (Alheli).

Si la flor contiene sólo estambres sin pistilo, se dice que es *estaminada* ó *masculina*. Si tiene solo pistilo sin estambres, se llama *pistilada* ó *femenina*.

La planta es *monoica* (Avellano) (fig. 174) si tiene flores de

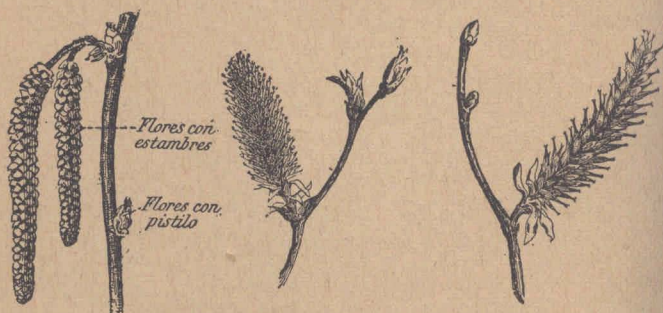


Fig. 174. — Flores monoicas de Avellano.

A. — Amento masculino. B. — Amento femenino.

Fig. 175. — Flores dioicas del Sauce.

ambos sexos. Es *dioica* (Cáñamo y Sauce) (fig. 175) si las flores de ambos sexos están en plantas diferentes de la misma especie.

Estambres. — El estambre (fig. 176) está formado de una parte delgada y larga llamada *filamento* y de una parte abultada llamada *antera*. La antera está dividida en dos partes ó cavidades reunidas por el *conectivo*, que es la prolongación del filamento.

Estructura y desarrollo del estambre. — Una sección del filamento (fig. 177, A) muestra que está formado de una epidermis que limita un parenquima, que contiene un haz liberoleñoso.

Una sección transversal de la antera (fig. 177, B) muestra el haz liberoleñoso del conectivo y 4 cavidades ó *sacos polínicos* que contienen los granos de *polen*.

La pared de la antera, al rededor de los sacos polínicos, está formada de dos capas de células (fig. 183, A) : 1º de la epidermis; 2º de una capa con bultos leñosos, llamada *capa mecánica* por el papel que desempeña en la dehiscencia de la antera.

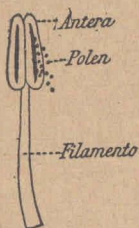


Fig. 176. — Estambre.

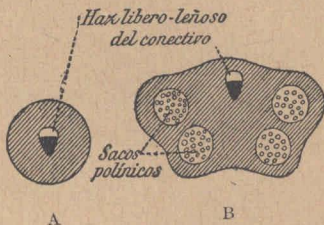
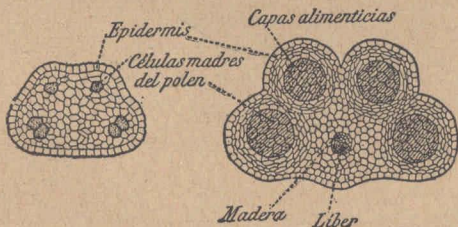


Fig. 177. — Sección del filamento (A) y de la antera (B).

La sección transversal de una antera joven (fig. 178, A) muestra un tejido homogéneo. Solo la epidermis es ya diferente. Por debajo se encuentran primero 2, luego 3 y por fin 4 hileras de células, de las cuales la más externa da la capa mecánica (fig. 178, B), haciendo leñosa la cara interna de sus células; por dentro, las



A. — Antera joven.

B. — Antera vieja.

Fig. 178. — Desarrollo de la antera.

dos capas siguientes se llenan de materias de reserva (almidón) y dan las *capas nutricias*; en fin algunas células de la capa más interna se encierran separadamente para dar las *células madres* del polen (fig. 179, A y B). Estas células, que ocupan el lugar de los cuatro sacos polínicos (fig. 178, B), darán después los granos del polen.

Estructura y desarrollo del polen. — Cada una de las células

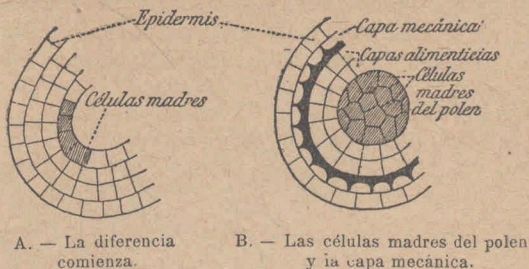


Fig. 179. — Formación de un saco polínico.

madres se segmenta y da 4 células hijas (fig. 180), que forman 4 granos de polen. Para esto la parte media de los tabiques que separan estas células se endurece y se resorbe, y entonces quedan independientes y engruesan á expensas de las capas alimenticias que son resorbidas. Cada célula convertida en un grano de polen es libre dentro del saco polínico.



Fig. 180. — La célula madre da cuatro células hijas (granos de polen).

El polen se presenta en forma de polvito amarillo, siendo una célula cada grano. En esta célula (fig. 181) se ven dos núcleos, primero semejantes y luego

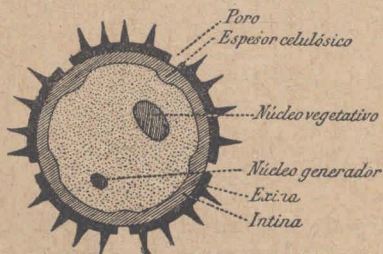


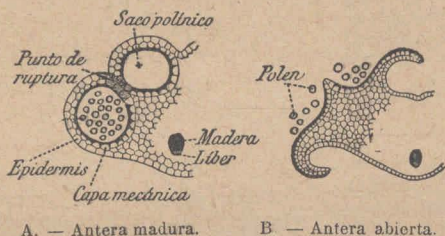
Fig. 181. — Estructura de un grano de polen. Fig. 182. — Polinia de Orquídea.

diferentes : uno es voluminoso, es el *núcleo vegetativo* ; el otro es más pequeño, es el *núcleo generador*.

La membrana del grano de polen presenta generalmente dos partes: 1° la externa ó *exina* que está curtida y presenta generalmente poros y adornos (espinas, bandas); 2° la interna ó *intina*, que es celulósica y presenta enfrente de los poros hinchazones que constituyen una especie de reserva de celulosa.

A veces los granos de polen permanecen unidos y forman una *polinia* (fig. 182) (Orquideas); en este caso no han llegado á endurecerse las membranas de las células madres.

Dehiscencia de la antera. — Cuando la antera está madura,



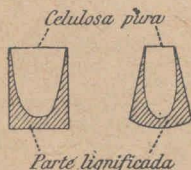
A. — Antera madura.

B. — Antera abierta.

Fig. 183. — Dehiscencia de la antera.

es decir cuando los granos de polen están desarrollados, la antera se abre á lo largo (fig. 176) y da paso al polen.

La capa mecánica es la que determina la abertura ó *dehiscencia* de la antera. Las protuberancias leñosas de las células de esta



A. — Antes de la dehiscencia

B. — Al empezar la dehiscencia.

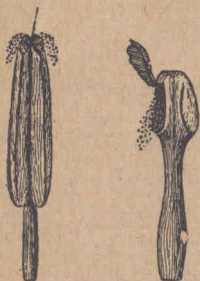
Fig. 184. — Célula de la capa mecánica.

capa (fig. 183, A) tienen la forma de una herradura con los brazos vueltos hacia afuera. La cara exterior (fig. 184, A), que es de celulosa pura, se seca y se contrae más que la cara leñosa, y de ahí resulta una curvatura de la cara interior de la célula (fig. 184, B). Al secarse al mismo tiempo todas las células, la superficie exterior de la capa mecánica se vuelve más pequeña que la cara interior y provoca la rotura

de la pared de la antera en un punto (fig. 183, A) en donde las células no son leñosas, enfrente del tabique que separa los dos

sacos polínicos. De modo que una sola hendidura basta para abrir los dos sacos polínicos que se confunden en una sola cavidad (fig. 183, B).

Si se pone una antera al aire seco y otra al aire húmedo, la primera se abre y la segunda queda cerrada. Luego la dehiscencia de la antera depende del estado higrométrico.



A. — Poricida B. — Valvaria
(Patata). (Majuelo).

Fig. 185. — Dehiscencias
de anteras.

La dehiscencia es *longitudinal* (fig. 176) cuando la antera se abre en dos (Lirio); puede ser *poricida* (fig. 185, A) cuando la antera se abre por dos agujeritos en el vértice (Patata); en fin, es *valvaria* (fig. 185, B) cuando hay dos valvulitas que se levantan de abajo arriba (Majuelo).

Pistilo. — El *pistilo* inserto en medio de la flor está formado de hojas modificadas, llamadas *carpelos*.

Estructura de un carpelo. — Ciertas plantas (Leguminosas) tienen un pistilo muy simple formado de un solo carpelo.

Un carpelo (fig. 186) comprende tres regiones: 1° el *ovario*, que es la parte abultada de la base y contiene cuerpecitos redondos



Fig. 186. — El pistilo.

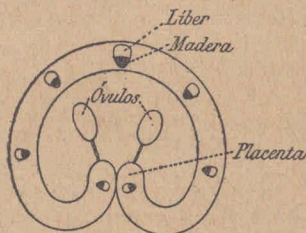


Fig. 187. — Sección de un ovario formado
de un solo carpelo.

llamados *óvulos*; 2° el *estilo*, que es la prolongación del ovario; 3° el *estigma*, que es la parte terminal algo abultada y cubierta

de un líquido viscoso á propósito para retener los granos de polen.

La estructura del carpelo (fig. 187) es semejante á la de la hoja : epidermis con estomas, haces liberoleñosos dispuestos simétricamente con relación á un plan. La cavidad del ovario puede prolongarse en el estilo ; pero generalmente el estilo es macizo y las células de su parte media se endurecen y se llenan de azúcar y almidón para dar el *tejido conductor*. Este tejido llega hasta el estigma, cuyas células epidérmicas tienen prolongaciones que segregan un líquido viscoso para retener los granos de polen.

Por lo general el pistilo está formado por la reunión de varios carpelos que pueden quedar independientes (Ranúnculo), ó adherirse (Azucena).

Placentación. — La *placentación* es la disposición de los óvulos en el pistilo, y el borde del carpelo donde se adhiere el óvulo se llama *placenta* (fig. 187).

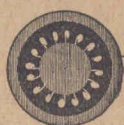
Cuando los carpelos se repliegan y se adhieren de modo que las placentas estén colocadas siguiendo el eje de la flor, la placentación



A. — Axilar.



B. — Parietal.



C. — Central.

Fig. 188. — Placentaciones.

es *axilar* (fig. 188, A). Cada carpelo forma entonces una celda distinta ; en la Azucena, por ejemplo, los 3 carpelos forman 3 celdas.

Si los carpelos no se repliegan completamente sobre sí mismos y se sueldan por sus bordes, formando una sola cavidad, las placentas están en las paredes del ovario (fig. 188, B) y la placentación se llama *parietal* (Violeta).

Si los óvulos están insertos en una columna que ocupa el centro del ovario, que sólo tiene una cavidad (fig. 188, C), la placentación es *central* (Primavera).

Ovario libre y ovario adherente. — El ovario puede estar aislado en medio de la flor (Guisante, Adormidera) (fig. 189,)

entonces se dice que es *libre* ó también *súpero* porque está situado encima de la base de la flor.

Al contrario, el ovario puede estar soldado á las demás partes de la flor (fig. 190), y está situado en apariencia debajo de la flor (Cam-

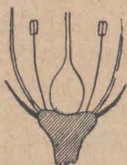


Fig. 189. — Flor de ovario libre ó súpero.

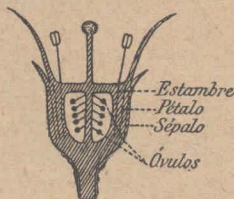


Fig. 190. — Flor de ovario adherente ó infero.

pánula); entonces se dice que el ovario es *adherente* ó *infero*. En este caso se admite que los sépalos, los pétalos y los estambres están soldados al pistilo; por consiguiente lo que está situado en la parte inferior representa estas diferentes partes soldadas.

Óvulo. — Los óvulos son cuerpecitos redondeados adheridos al borde de los carpelos. Los óvulos se transformarán en granos, que luego reproducirán la planta. Vamos á estudiar sucesivamente la estructura y el desarrollo de un óvulo.

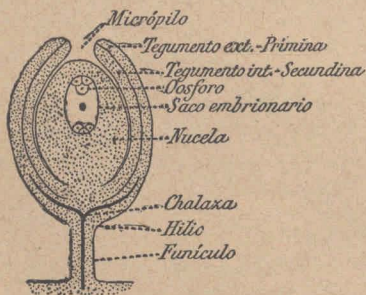


Fig. 191. — Estructura de un óvulo.

I. ESTRUCTURA DEL ÓVULO.

— El óvulo (fig. 191) está adherido á la placenta por un cordón llamado *funiculo*; el punto donde el funiculo se adhiere al óvulo es el *hilio*. El óvulo está formado por una masa central, la *nucela*, que tiene dos cubiertas ó *tegumentos*: el exterior ó *primina* y el interior, ó *secundina*. En

la parte superior del óvulo los tegumentos dejan un orificio, el *micrópilo*, que da acceso á la nucela.

El funículo está recorrido por un haz liberoleñoso que viene de la placenta y va á ramificarse en el tegumento exterior. El punto donde se efectúa esta ramificación se llama *chalaza*.

La nucela, que es la parte más importante del óvulo, presenta en su parte superior, cerca del micrópilo, una célula grande llamada *saco embrionario*. En la parte superior de este saco hay tres células sin membrana celulósica : las dos más pequeñas son las *sinérgidas* : la más gruesa que está debajo es el *oosfero*. Este es la célula femenina, que después de fecundada da el huevo, el cual á su vez da una planta nueva. En el fondo del saco hay tres células pequeñas llamadas *antípodas*. Finalmente, en medio del saco hay un núcleo voluminoso, el *núcleo secundario* del saco embrionario; este núcleo dará después el albumen de la semilla.

Tal es la estructura de un óvulo cuando se abre la flor. Vamos á estudiar su desarrollo en una flor joven.

II. DESARROLLO DEL ÓVULO. — Sobre el borde de un carpelo en disposición de crecimiento se ve aparecer un pezón (fig. 192, A) que dará la nucela; enseguida aparecerá en la base de este pezón un reborde (fig. 192, B) que dará el tegumento interno y luego otro (fig. 192, C) que dará el tegumento externo.

Al mismo tiempo crece una célula subepidérmica del núcleo y se segmenta para dar algunas células, de las cuales las superiores forman la cubierta, mientras que la inferior se prolonga y se convierte en saco embrionario. El núcleo de esta célula

se divide en dos, en cuatro (fig. 193, A, B y C) y luego en ocho núcleos envueltos de protoplasma. Entonces es cuando tres de estas masas (fig. 193, D) se dirigen hacia la cúspide y dan las dos *sinérgidas* y el *oosfero*; otras tres van á la base y se cubren de celulosa para formar las *antípodas*, y en fin los dos últimos núcleos van el uno hacia el otro y se funden en uno para dar el *núcleo secundario* del saco embrionario (fig. 193, E). Esta fusión se verifica poco antes de la fecundación.

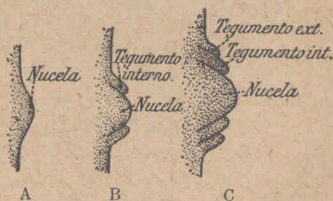


Fig. 192. — Desarrollo del óvulo.

III. — DIFERENTES CLASES DE ÓVULOS. — En el curso de su desarrollo el óvulo tiene generalmente un crecimiento desigual

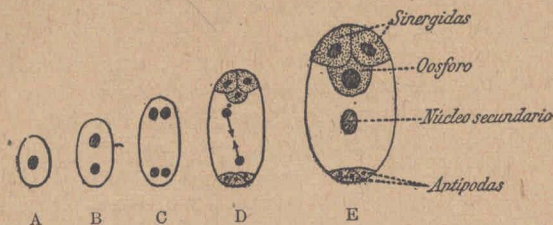


Fig. 193. — Desarrollo del saco embrionario.

que modifica su forma. Por esta razón hay tres clases de óvulos (fig. 194),

1º El óvulo recto ú *ortotropo*, en el cual el hilio, la chalaza y el micrópilo están en una misma línea recta (Ruibarbo, Acedera).

2º El óvulo encorvado ó *campilotropo*, que se encorva sobre sí mismo, y cuyo hilio, chalaza y micrópilo se tocan (Habichuela).

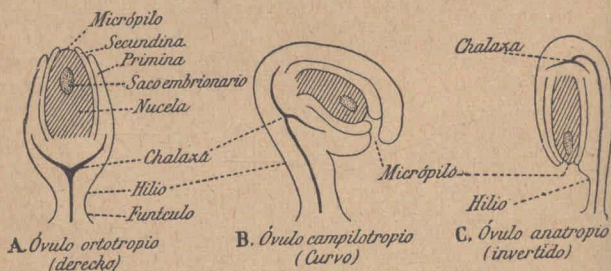


Fig. 194. — Diferentes formas de óvulos.

3º El óvulo inverso ó *anatropo*, en el cual el micrópilo, opuesto á la chalaza, está al lado del hilio. Esta es la forma más frecuente. En este caso el funículo se prolonga sobre el lado del óvulo formando la *rafe*.

III. — Función de la flor.

Fecundación. — La función esencial de la flor es producir la semilla, la cual podrá dar una nueva planta. Sólo que la semilla no se podrá formar si la flor no ha sido fecundada; y en este caso la flor se marchita y muere sin dar ninguna utilidad. Por lo contrario; si la flor ha sido fecundada, el desarrollo continúa: el ovario engruesa para dar el *fruto*, y el óvulo se transforma en *semilla*.

La *fecundación* consiste en la fusión del grano del polen con el oosfero; y el huevo que resultará de esta fusión podrá, al segmentarse, dar origen á un organismo nuevo, á una nueva planta.

Esta operación comprende tres fases: 1º la *polinización*, es decir el transporte del grano de polen al estigma; 2º la *germinación* del grano de polen sobre el estigma, y el desarrollo del *tubo polínico* yendo del estigma al oosfero; 3º la *formación del huevo* por la fusión de las dos células generadoras.

Polinización. — La *polinización* es *directa* ó *cruzada*. Es directa cuando el polen cae sobre el estigma de la misma flor; es cruzada cuando no estando maduro el polen al mismo tiempo que el óvulo, viene á fecundar este óvulo el polen de otra flor.

En las flores hermafroditas, es decir que tienen estambres y pistilo, la polinización se hace fácil por la disposición de los estambres, que dejan caer su polen sobre el estigma que tienen al lado. En ciertos casos, en la Ruda por ejemplo (fig. 195), cada estambre toca sucesivamente el estigma y deposita su polen.

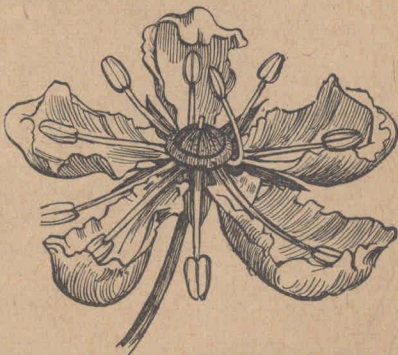


Fig. 195. — Flor de Ruda mostrando el movimiento de los estambres para acercarse al estigma.

Cuando el polen debe ser transportado de una flor á otra, ó de

una planta á otra (plantas dioicas), la polinización se verifica por intervención del viento ó de los Insectos. En efecto, como el polen es muy ligero, el viento le transporta fácilmente á grandes distancias. También los Insectos cooperan á la polinización, pues atraídos por el *néctar* de las flores, van de unas á otras á chupar su jugo. Entonces su cuerpo puede impregnarse de polen y depositarlo al paso en otras flores. He aquí lo que dice el naturalista Darwin á propósito de la fecundación del Trébol. « He descubierto que las visitas de las Abejas son necesarias para fertilizar algunas especies de Trébol, por ejemplo, 20 cabezas de Trébol holandés darán 2 250 granos, mientras que otras 20, protegidas contra las Abejas, no darán uno solo. Del mismo modo 100 cabezas de Trébol encarnado produjeron 2 700 granos, mientras que protegidos no dieron ninguno. »

Hasta el hombre favorece la polinización cuando sacude al efecto las flores con estambres de la Palma datilera sobre las flores con pistilo, y cuando del mismo modo fecunda las flores de la Vainilla.

Germinación del polen y desarrollo del tubo polínico. —

El grano de polen debe en este caso penetrar del estigma hasta el óvulo y aun hasta el oosfero.

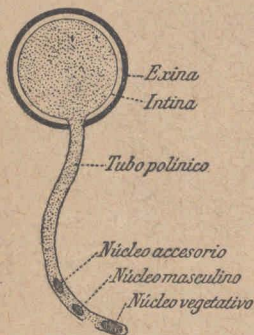


Fig. 196. — Germinación del polen.

El grano de polen, retenido por las papilas pegajosas del estigma, va á alimentarse á expensas de la materia azucarada que impregna esas papilas, entonces va á *germinar* y echar una prolongación ó *tubo polínico* (fig. 196). Se puede hacer germinar un grano de polen poniéndolo en un medio nutritivo, por ejemplo en agua azucarada esterilizada.

El tubo polínico sale del grano de polen por un poro y utiliza las reservas de celulosa contenidas en las protuberancias de la intina. El *núcleo vegetativo* pasa el primero al tubo polínico; pero desaparece cuando el tubo llega casi á la cúspide del óvulo. El *núcleo generador*

también penetra en el tubo y se divide en núcleos que se encorvan en sacacorchos.

El tubo polínico penetra en el estigma (fig. 197), luego en el tejido conductor del estilo, cuyas células llenas de materias nutritivas le sirven de alimento; y en fin sigue las paredes del ovario y cuando llega al óvulo penetra por el micrópilo, y después de atravesar la nucela llega al contacto del oosfero. Este tubo polínico digiere todos los tejidos que encuentra, mediante las diastases que segrega.

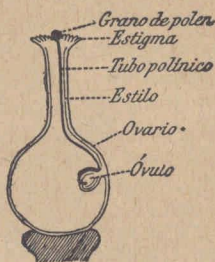


Fig. 197. — El pistilo en el momento de la fecundación.

Formación del huevo. — Antes de la aparición del tubo polínico, dos núcleos del saco embrionario se funden en uno para dar el núcleo secundario (fig. 198). Tan pronto como el tubo polínico penetra en el saco embrionario, los dos núcleos que contiene se desprenden uno después de otro. Estos dos núcleos, rodeados de protoplasma, se prolongan y encorvan en forma de gancho ó de media luna, á veces en espiral, recordando así la forma de los núcleos masculinos ó *anterozoides* que hallaremos en las Criptógamas vasculares y en ciertas Gimnospermas; pero carecen de pestañas.

Uno de estos núcleos, el masculino, va á confundirse con el núcleo femenino del oosfero para dar una sola célula, que se cubrirá con una membrana de celulosa y constituirá el *huevo*, que formará después el *embrión*.

El otro núcleo se confundirá con el núcleo secundario, y tan pronto como esté formado el huevo, este núcleo secundario se dividirá para dar el *albumen*, organismo transitorio que servirá después de alimento para el embrión.

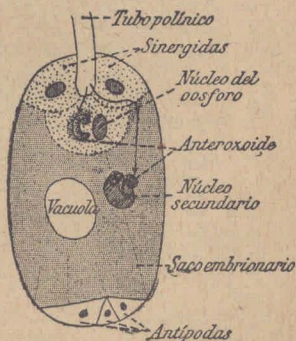


Fig. 198. — Saco embrionario en el momento de la fecundación.

Se ha podido observar que el número de los segmentos cromáticos dados por el núcleo masculino es igual al número de los segmentos del núcleo femenino. De modo que en el huevo en disposición de segmentación hallamos un número doble de segmentos cromáticos. Por consiguiente el huevo y las células que resultan son *hermafroditas*; sólo después el número de los segmentos se vuelve normal y el ser *unisexual*.

Una vez efectuada la fecundación, todas las partes de la flor, excepto el ovario que va á dar el fruto, se marchican y desaparecen.

RESUMEN

Multiplicación vegetativa y reproducción. — Los vegetales pueden multiplicarse por dos procedimientos : por *multiplicación vegetativa* y por *reproducción*.

1° Por la *multiplicación vegetativa*, la planta se fragmenta y cada fragmento reproduce una planta nueva (Acodo, renuevo).

2° Por *reproducción*, la planta se multiplica por *esporas* ó *huevos*; las esporas son células que se desprenden de ciertas plantas y pueden dar otras plantas semejantes á las primeras; los *huevos* resultan de la fusión de dos células, la masculina y la femenina.

Diferentes partes de la flor. — La flor está sostenida por un ramo llamado *pedúnculo*, que está en la axila de una hojita llamada *bráctea*.

Una flor completa comprende las partes siguientes :

- | | | |
|----------------------|---|---|
| Envolturas florales. | { | 1° los <i>sépalos</i> , generalmente verdes, que constituyen el <i>cáliz</i> ; |
| | | 2° los <i>pétalos</i> , generalmente colorados, que constituyen la <i>corola</i> . |
| Aparato reproductor. | { | 3° los <i>estambres</i> , compuestos de un <i>filamento</i> y de una <i>antera</i> que constituyen el <i>androceo</i> ; |
| | | 4° los <i>carpelos</i> , cuyo conjunto constituye el <i>gineceo</i> . |

Se pueden representar las diferentes partes de la flor por un *diagrama*, es decir suponiendo á todas estas partes sobre un plano horizontal.

La flor puede ser considerada como un *conjunto de hojas modificadas* especialmente adaptadas á la función de reproducción. En efecto, en ciertas flores vemos todas las transiciones entre las hojas normales y las diversas partes de la flor.

Inflorescencia. — La inflorescencia es la disposición de las flores sobre la planta. Puede ser *simple* ó *compuesta*.

- | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------------------|
| | { | <i>Racimo</i> (Grosellero). |
| | | <i>Corimbo</i> (Cerezo). |
| 1º Inflorescencias simples . . | | <i>Espiga</i> (Verbena). |
| | | <i>Umbela</i> (Hiedra). |
| | { | <i>Capítulo</i> (Margarita). |
| | | <i>Racimo compuesto</i> (Lila). |
| 2º Inflorescencias compuestas. | | <i>Umbela compuesta</i> (Zanahoria). |
| | | <i>Espiga compuesta</i> (Trigo). |
| | { | <i>Corimbo compuesto</i> (Aliso). |

La *cima* es una inflorescencia particular en la que el eje termina en una flor después de ramificarse una sola vez.

Cubiertas florales : cáliz y corola. — Estas dos cubiertas, cáliz y corola, no existen siempre. Si no falta más que una cubierta, se admite que es la corola la que falta, y entonces la flor se llama *apétala*.

- | | | |
|------------------|---|--|
| Cáliz | { | Sépalos separados : <i>C. dialisépalo</i> . |
| | | Sépalos soldados : <i>C. gamosépalo</i> . |
| | | Sépalos iguales ó desiguales : <i>C. regular ó irregular</i> . |
| Corola | { | Pétalos separados : <i>C. dialipétala</i> . |
| | | Pétalos soldados : <i>C. gamopétala</i> . |
| | | Pétalos iguales ó desiguales : <i>C. regular ó irregular</i> . |

Los sépalos y los pétalos tienen una estructura análoga á la de las hojas ordinarias. Los pétalos contienen pigmentos que dan colorido á las flores.

Aparato reproductor. — Este comprende los *estambres*, que dan las células masculinas, y el *pistilo*, que da las células femeninas.

Si la flor contiene estambres y pistilo es *hermafrodita*.

Si la flor contiene estambres sin pistilo, se llama *estaminada* ó *masculina*; si tiene pistilo sin estambres, se llama *pistilada* ó *femenina*.

La planta es *monoica* (Avellano) si tiene flores masculinas y femeninas; es *dioica* (Cáñamo) si las dos clases de flores están en pies diferentes.

Estambre. — El estambre se compone de *filamento* y de *antera*.

La *antera* está dividida en dos partes ó cavidades unidas por el *nectivo*, que es la prolongación del filamento.

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| estructura de la
antera | { | 4 sacos polínicos que contienen los granos de <i>polen</i> . |
| | | Paredes de la antera : epidermis y <i>capa mecánica</i> . |
| | | Haz liberoleñoso del conectivo. |

Las *células madres* de los sacos polínicos dan cada una 4 granos de *polen*. Cada grano está formado por una célula que contiene dos núcleos distintos y cubierto por dos membranas : la *exina*, que es dura, y la *intina*, que es celulósica.

Cuando la antera está madura y los granos de polen desarrollados, cada cavidad de la antera se abre longitudinalmente y deja salir el polen : es la *dehiscencia* de la antera. Esta dehiscencia la provoca la *capa mecánica*.

Pistilo. — El *pistilo* está formado por un conjunto de hojas modificadas, llamadas *carpelos*.

El *carpelo* consta de tres partes : $\left\{ \begin{array}{l} 1^\circ \text{ el } \textit{ovario} \text{ en la base; contiene los } \textit{óvulos}; \\ 2^\circ \text{ el } \textit{estilo}, \text{ parte prolongada que contiene el } \\ \textit{tejido conductor}; \\ 3^\circ \text{ el } \textit{estigma}, \text{ en la cúspide; está cubierto de un} \\ \text{liquido viscoso.} \end{array} \right.$

La disposición de los *óvulos* en el *pistilo* se llama *placentación*. Distingúense tres clases de *placentación* :

1° *Placentación axilar.* . $\left\{ \begin{array}{l} \text{Óvulos adheridos al rededor del eje del} \\ \text{ovario, y cada carpelo completamente} \\ \text{replegado sobre sí mismo forma una} \\ \text{cavidad.} \end{array} \right.$

2° *Placentación parietal.* $\left\{ \begin{array}{l} \text{Óvulos adheridos á las paredes, y cada} \\ \text{carpelo no está completamente reple-} \\ \text{gado, de modo que el ovario tiene una} \\ \text{sola cavidad.} \end{array} \right.$

3° *Placentación central.* $\left\{ \begin{array}{l} \text{Óvulos adheridos á una columna central.} \end{array} \right.$
El *ovario* puede ser *libre* ó *adherente*, según que sea independiente ó esté soldado á otras partes de la flor.

Óvulo. — Los *óvulos* están adheridos al borde de los *carpelos*.

Estructura del *óvulo*. $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Funiculo} : \text{cordón que le adhiere á la placenta;} \\ \text{su inserción en el óvulo se llama el } \textit{hilio}. \\ \textit{Tegumentos} : \text{primina y secundina; dejan un} \\ \text{orificio llamado } \textit{micrópilo}. \\ \textit{Nucela} : \text{contiene el } \textit{saco embrionario}, \text{ cuyas} \\ \text{partes principales son el } \textit{oosfero} \text{ y el } \textit{núcleo} \\ \textit{secundario}. \end{array} \right.$

3 clases de *óvulos*. $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Óvulo recto ú } \textit{ortotropo}. \\ 2. \text{ Óvulo encorvado ó } \textit{campilotropo}. \\ 3. \text{ Óvulo inverso ó } \textit{anatropo}. \end{array} \right.$

Función de la flor. — La función esencial de la flor es la reproducción de la semilla. Para esto es indispensable que la flor esté fecundada.

La *fecundación* consiste en la fusión del contenido del grano de polen con el *oosfero* : el *huevo* que resulte de esta fusión será la primera célula, que, al segmentarse, dará la nueva planta. La *fecundación* comprende tres fases.

1° La *polinización* ó transporte del grano de polen al *estigma* : esta se efectúa por contacto directo, ó por el viento, ó por los insectos;

2° La *germinación* del grano de polen en el *estigma* y el desarrollo del *tubo polínico* yendo del *estigma* hasta el contacto del *oosfero*; este tubo polínico digiere los tejidos que encuentra á su paso y en particular el tejido conductor del *estilo*;

3° La *formación del huevo* precedida de la penetración del núcleo masculino del tubo polínico en el *oosfero*; después, una vez efectuada la fusión de las esferas directoras, los núcleos masculino (polen) y femenino (*oosfero*) se unen para formar el *huevo*.

CAPÍTULO VIII

DESARROLLO DEL HUEVO. — EL FRUTO Y LA SEMILLA. — LA GERMINACIÓN

§ 1. — Transformación del óvulo en semilla.

El huevo da el embrión ó plántula. — Después de la fecundación, el *huevo* se envuelve en una membrana de celulosa, á la vez que desaparecen las sinérgidas y las antípodas. Luego en el saco embrionario (fig. 199) no queda más que el huevo, que va á dar el embrión ó joven *plántula* y el núcleo secundario, que al segmentarse dará un tejido abundante en materias de reserva, el albúmen.

El huevo se divide en dos células (fig. 200, A) por una separación perpendicular al eje de la nucela. La célula superior formará al encerrarse un órgano transitorio, el *suspensorio*, destinado á fijar la plántula á las paredes del saco embrionario (fig. 201, B, C y D).



Fig. 199. — El huevo en el saco embrionario.

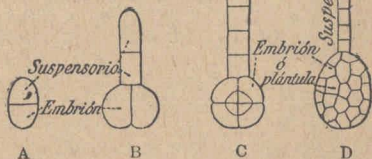
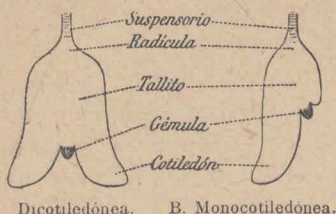


Fig. 200. — El desarrollo del embrión ó plántula.

La célula inferior, por una serie de aislamientos sucesivos, dará un macizo celular, en el cual la epidermis habrá ya cambiado (fig. 200, D) es el esbozo del *embrión* ó *plántula*. Poco después (fig. 201) aparecen los tres miembros de la plántula: la *radícula*, que está al lado del suspensorio; el *tallito*, con su yema terminal

ó *gémuela*, y las dos primeras hojas ó *cotiledonès*. Si la planta madre es Dicotiledónea tiene dos cotiledones (fig. 201, A), si es Monocotiledónea tiene uno solo (fig. 201, B).



Dicotiledónea. B. Monocotiledónea.

Fig. 201. — Plántulas.

En la mayoría de los casos no se forma en cada saco embrionario más que un embrión, puesto que no hay más que un solo oosfero y por consiguiente un solo huevo.

Formación del albumen.

— Una vez efectuada la fecundación, el núcleo secundario del saco embrionario sufre divisiones sucesivas; después aparecen separaciones entre los núcleos así formados y dan células que llenan el saco embrionario. A este tejido se le ha dado el nombre de *albumen*. A veces, como sucede en el Cocotero, este albumen se reduce á algunos núcleos insertos en las paredes del saco; los protoplasmas de las células quedan entonces confundidos y forman un líquido blanquecino ó *leche de coco* en el que flotan los núcleos.

El albumen sirve de alimento al embrión. Dos casos pueden presentarse: 1º el albumen es digerido enteramente por el embrión, y entonces la reserva nutritiva se acumula en los cotiledones que se vuelven voluminosos, como sucede con las *semillas sin albumen* (Habichuela); 2º la digestión del albumen es débil y entonces el embrión queda pequeño y los cotiledones delgados, tal es el caso de las *semillas con albumen* (Ricino).

Modificaciones de la nucela y de los tegumentos. — El saco embrionario crece á expensas del tejido de la nucela, la cual concluye por desaparecer cuando la semilla está madura. Por el contrario, en ciertas plantas (Nenúfar) la nucela puede desarrollarse y llenarse de materia nutritiva que forma una reserva suplementaria, la cual podrá ser utilizada en el momento de la germinación. A este tejido transitorio se le llama *perisperma*.

Después de la fecundación, la secundina es resorbida y queda sola la primina para dar los *tegumentos* de la semilla.

Luego la semilla resulta del conjunto de las transformaciones

que sufre el óvulo y que acabamos de describir. Ahora vamos á estudiar la *semilla madura*, es decir la que puede desprenderse de la planta y germinar si se la pone en buenas condiciones.

§ 2 — La semilla madura.

Estructura de la semilla. — La semilla madura comprende dos partes : el *tegumento*, que proviene de la primina del óvulo; la *almendra*, que se forma á expensas de la nucela y que comprende el embrión ó plántula y á veces albumen.

1º EL TEGUMENTO. — El tegumento presenta en cierto punto la cicatriz del funículo llamada *hilio*.

La epidermis del tegumento tiene con frecuencia prolongaciones, pelos ó borra, que facilitan la diseminación de las semillas por el viento. Estos pelos pueden ocupar toda la superficie de la semilla y llegar hasta 5 centímetros de largo como en el Algodonero (fig. 202), que forman el *algodón*; ó pueden localizarse en ciertos puntos (penacho del Sauce). En fin, otras semillas (Lino, Berro) pueden endurecer su epidermis y dar un mucilago, mediante el cual pueden adherirse mejor á los objetos.



Fig 202. — Semilla del Algodonero.

2º EL EMBRIÓN Ó PLÁNTULA. — El *embrión* ó *plántula* está formado de las partes siguientes (fig. 204 y 205) :

1º la *radicula*, cuya cúspide ocupa los contornos del micrópilo; 2º el *tallito*, que termina en una yemita llamada *gémula*; 3º los *cotiledones* ú hojas primordiales, que están llenos de materia nutritiva. En las plantas Dicotiledóneas (Ricino) hay dos cotiledones, y uno solo en las Monocotiledóneas (Trigo.)

El embrión puede ocupar el centro del albumen (Ricino) (fig. 204), ó un lado (Trigo) (fig. 203), ó envolver completamente el albumen (Saponaria).

3º EL ALBUMEN. — La naturaleza de las materias nutritivas con-

tenidas en las células del *albumen* varia; pero siempre existen granos de aleurona. Distingúense varias clases de albumen :



Fig. 203. — Grano de Trigo.

1º El *albumen farináceo* que contiene mucho almidón (cereales : Trigo, Centeno, Maíz, etc.);

2º El *albumen oleaginoso*, que contiene materias grasas (Ricino, Adormidera, Colza, etc.);

3º El *albumen coriáceo ó celulósico*, cuyas células son muy gruesas para hacer reservas de celulosa (Dátilera, Cafetero): en cierta Palmera, la *Fitelefas*, el albumen celulósico adquiere tal dureza que se le puede

trabajar como el marfil ordinario; esto es lo que se llama *marfil vegetal*, usado en la industria para fabricar botones.

Semillas con albumen y semillas sin albumen. — Al hablar de la formación del albumen hemos visto que hay dos clases de semillas :

1º Las *semillas con albumen* (Ricino) en las cuales no ha sido

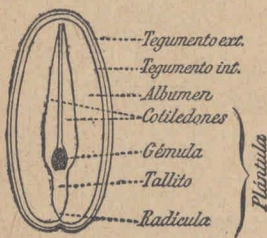


Fig. 204. — Semilla con albumen.

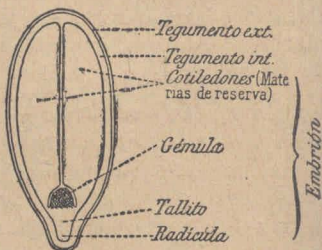


Fig. 205. — Semilla sin albumen.

completamente digerido el albumen; el embrión queda pequeño y los cotiledones delgados (fig. 204).

2º Las *semillas sin albumen* (Habichuela) en las cuales ha sido digerido completamente el albumen; entonces el embrión es voluminoso y los cotiledones enormes y llenos de materias nutritivas que provienen de la digestión del albumen (fig. 205).

En realidad, se ve que todas las semillas contienen albumen en un momento dado de su desarrollo; pero este albumen es *transitorio* en las semillas sin albumen.

§ 3. — El ovario da el fruto.

El fruto proviene del desarrollo del *ovario*; y esta transformación se verifica al mismo tiempo que la del óvulo en semilla.

Estructura del fruto. — La pared del ovario se convierte en la del fruto ó *pericarpio*. Este se compone de tres partes: 1º el *epicarpio* ó epidermis exterior; 2º el *mesocarpio* ó parenquima inserto en la región media; 3º el *endocarpio* ó epidermis interior.

El epicarpio puede ser aterciopelado (Pavía, Melocotón). El endocarpio puede tener pelos ó telillas que se llenan de jugo, como en la Naranja (fig. 206) en la cual cada gajo representa un carpelo.

El parenquima del mesocarpio puede contener ciertas sustancias (almidón, cuerpos grasos, tanino, ácidos vegetales) que en la madurez se transforman en azúcar (glucosa, fructosa).

Si el parenquima permanece delgado, se tiene un *fruto seco*; si, al contrario, se desarrolla, se tiene un *fruto carnoso*.

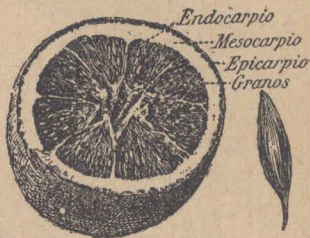


Fig. 206. — La Naranja.

Frutos secos. — Los *frutos secos* son *indehiscentes* ó *dehiscents* según que se abran ó no para dejar salir la semilla.

1º **FRUTOS SECOS INDEHISCENTES.** — Entre éstos se puede citar el *aqenio*, que solo contiene una sola semilla (Alforfón); la *carióp-side*, que contiene una sola semilla, pero pegada á las paredes del fruto (Trigo).

El aqenio suele tener á veces una especie de ala, como en el Arce (fig. 207); es una *sámara*.

El fruto de la Fresa es un aqenio; y los frutos están sentados

en el receptáculo carnoso que forma la Fresa (fig. 208). Del mismo modo en el Higo el receptáculo es carnoso y tiene la forma de una botella, en

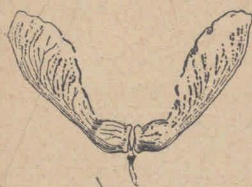


Fig. 207. — Una sámara (Arce)

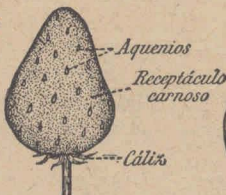


Fig. 208. — La Fresa con sus semillas (aquenios).

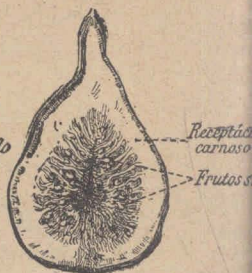


Fig. 209. — Sección de un Higo.

cuya parte interior están adheridos los frutos secos ó aquenios (fig. 209).



Fig. 210. — Fruto del Algodonero.

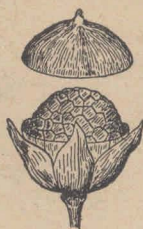
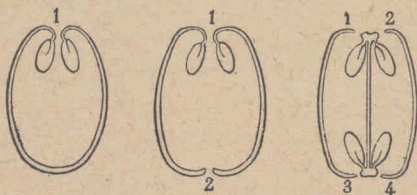


Fig. 211. — Fruto del Murajés.



Fig. 212. — Fruto de la Adormidera.

2º FRUTOS SECOS DEHISCENTES. — Son los que maduros se abren



A — Folículo.

B. — Vaina.

C. — Silicua.

Fig. 213 — Dehiscencia de diferentes frutos.

para dejar pasar las semillas. Esta dehiscencia se verifica por aber-

turas longitudinales (Algodonero, fig. 210), transversales (Murajes, fig. 211) ó por agujeros (Adormidera, fig. 212).

Si el fruto se abre por una sola hendedura (fig. 213, A y 214), se tiene un *foliculo* (Peonia); por dos (fig. 213, B y 215), se



Fig. 214. — Un foliculo (Peonia).

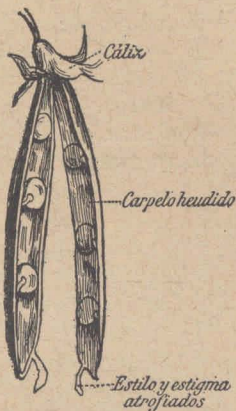


Fig. 215. — Una Vaina (Guisante).

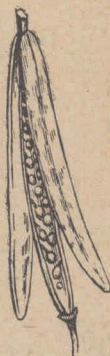


Fig. 216. — Una silicua (Alheli).

tiene una *vaina* (Habichuela, Guisante); por cuatro (fig. 213, C y 216) que despegan dos valvas, se tiene una *silicua* (Alheli, Berza).

Frutos carnosos. — Un fruto completamente carnoso es una *baya* (Uva, Grosella) y las semillas que contiene son *pepitas*.

El fruto cuya parte exterior sola es carnosa (Melocotón, Cereza) y la parte interna dura y leñosa (fig. 217) es una *drupa*.

El fruto como la Pera (fig. 218) participa á la vez de la baya por su pericarpio carnoso y de la drupa por su endocarpio que es coriáceo.

La dehiscencia no existe en los frutos carnosos; pero suele suceder que la semilla quede en libertad por los Insectos y las Aves que

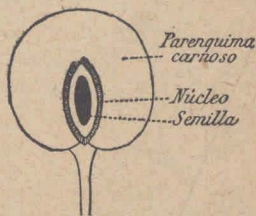


Fig. 217. — Una drupa (Cereza).

comen la parte carnosa y dejan caer las pepitas ó los huesos. Ciertos frutos carnosos como el de la Balsamina (fig. 219) se abren bruscamente al tocarlos; la semilla de una Euforbiácea de América (*Hura crepitans*) se abre produciendo una verdadera explosión, y para conservarla en las colecciones hay que tener cuidado de rodearla de alambre.

Diseminación de los frutos. —

Para que las semillas se desarrollen bien conviene que no caigan muchas

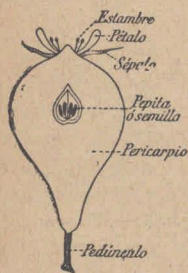


Fig. 218. — Sección de una Pera.



Fig. 219. — Dehiscencia del fruto de la Balsamina.



Fig. 220. — Fruto de Lechuga.

en un mismo sitio, porque perecerían por falta de alimentos. Los frutos son los que desempeñan muchas veces el papel de diseminar las semillas, sea por la dehiscencia brusca, sea por el viento. En este último caso los frutos tienen en la cúspide penachos de pelos (fig. 220) que forman como un paracaídas que puede sostener los frutos en el aire cierto tiempo.

§ 4. — Germinación de la semilla.

La semilla, como ya hemos visto, contiene una plántula, que, puesta en condiciones convenientes, podrá desarrollarse y formar una nueva planta.

Los fenómenos que ocurren durante esta transformación de la semilla han recibido el nombre de *germinación*.

Para que la semilla germine se necesitan dos clases de condiciones :

- 1º Condiciones *interiores*, inherentes á la semilla misma;
- 2º Condiciones *exteriores*, que dependen del medio en que se pone la semilla.

Condiciones interiores. — Las principales condiciones interiores son que la semilla esté *madura*, que esté en *buen estado* y que haya conservado su *poder germinativo*.

1º La semilla debe estar *madura*, es decir que todas sus partes deben haber adquirido su desarrollo. En ciertos casos (Habichuela) la semilla puede germinar antes de haber llegado á su madurez aparente; en otros, al contrario, (Pavía) la madurez aparente precede á la madurez real y las semillas no pueden germinar sino un año ó dos después de su formación.

2º La semilla debe estar en *buen estado*, es decir que sus tejidos no deben estar dañados. En general, está en buen estado si echándola en un vaso con agua cae al fondo; pero este ensayo no se puede utilizar con las semillas de albumen oleaginoso, porque son más ligeras que el agua y sobrenadan aun cuando estén en buen estado.

3º La semilla debe haber conservado su *poder germinativo*, es decir la facultad de germinar. Esta facultad germinativa desaparece tan pronto como se alteran las reservas nutritivas. Las semillas conservan esta facultad más ó menos tiempo. Las de albumen coriáceo se deben sembrar pronto. Las oleaginosas conservan su poder germinativo un poco más tiempo, pero también se pierden muy pronto, porque no tarda en enranciarse el aceite de sus tejidos. Las amiláceas son las que pueden conservarse más tiempo.

Condiciones exteriores. — Para germinar, la semilla necesita agua, oxígeno y calor.

1º AGUA. — La semilla no puede germinar en un medio seco, luego se necesita cierta cantidad de agua para la germinación, pero que no sea ni mucha, ni poca.

2º OXÍGENO. — La semilla respira con mucha actividad; luego tiene necesidad de oxígeno. Pero conviene que no sea mucho el oxígeno; pues bajo la presión de 5 atmósferas de oxígeno las semillas germinan mal y bajo 12 atmósferas no pueden germinar. Las mejores condiciones son las que procura el aire atmosférico.

3º CALOR. — Para germinar, la semilla tiene necesidad de calor. Por consiguiente es indispensable cierta temperatura, pero que no sea ni muy alta ni muy baja. Por debajo de cierta temperatura la semilla no puede germinar; esa es la temperatura *mínima*; por

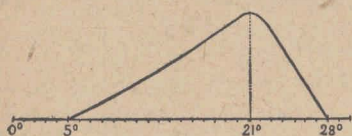


Fig. 221. — Curva de la germinación del Trébol.

encima de cierta temperatura llamada *máxima*, tampoco puede germinar; en fin, existe una temperatura llamada *óptima*, con la cual se efectúa la germinación con gran rapidez. Para el Trébol, por ejemplo, estas temperaturas serán: tem-

peratura mínima $t = 5^\circ$, temperatura máxima $T = 28^\circ$ y temperatura óptima $\theta = 21^\circ$. Podemos representar con una curva (fig. 221) la marcha de la germinación del Trébol según las temperaturas. Esta curva varía con cada especie de planta. Así, para el Trigo es $t = 5^\circ$, $T = 42^\circ$ y $\theta = 29^\circ$.

Fenómenos morfológicos de la germinación. — Cuando se siembra una semilla en buenas condiciones de humedad, aeración y calor, germina y sufre modificaciones de forma. Si se siembra una Habichuela, por ejemplo, en estas condiciones, los tegumentos se rompen al hincharse la plántula; después la radícula sale de la semilla y penetra en el suelo (fig. 222); poco después el tallito crece y aparecen los cotiledones; por fin los cotiledones se marchitan y se separan para dejar pasar la gémula que crecerá y dará hojas normales.

La parte del tallo dado por el tallito es el tallo *hipocotileo*; la que da la gémula es el tallo *epicotileo*.

En ciertas plantas, el Roble por ejemplo, el tallito no se prolonga y los cotiledones quedan en el suelo; en este caso el tallo aéreo está formado casi enteramente por la región epicotilea. Entonces se

dice que los cotiledones son *hipogeos*, mientras que en la Habi-chuela son *epigeos*. La mayoría de las Monocotiledóneas tienen cotiledones hipogeos, y las Dicotiledóneas cotiledones epigeos.

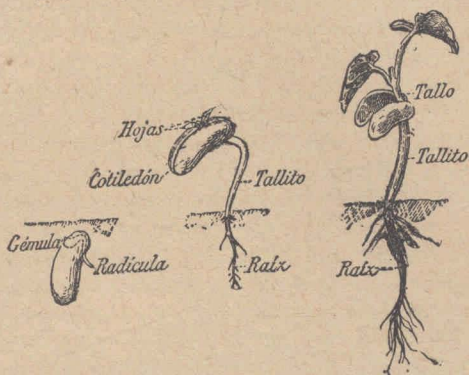


Fig. 222. — Germinación d la Habichuela.

Fenómenos fisiológicos de la germinación. Vida paralizada y vida activa. — Por mucho tiempo se ha admitido que la semilla que no está germinando no verifica cambios con el medio exterior: esto es lo que Claudio Bernard expresaba diciendo que había *vida latente*. En realidad, esta vida latente no es absoluta; la vida está *paralizada*.

Para demostrarlo, se ponen tres porciones de semillas maduras: la primera al aire libre, la segunda en un volumen de aire cerrado, en un tubo por ejemplo, y la tercera en gas carbónico. A los dos años, la primera habrá aumentado de peso y 90 p. 100 de estas semillas podrán germinar; la segunda porción habrá aumentado poco y 50 p. 100 de estas semillas no podrá germinar, en fin, la tercera porción no habrá variado y todas las semillas habrán muerto. Luego las semillas de la primera porción han efectuado cambios con el aire: han respirado. Pero estos cambios gaseosos, débiles durante el estado de vida paralizada, aumentan rápidamente en el momento de la germinación. La proporción $\frac{O^2}{CO}$ puede bajar hasta 0,6 y hasta 0,5. Luego casi la mitad del oxígeno absorbido

queda en la parte interior de los tejidos de la semilla para producir oxidaciones enérgicas. Luego la germinación señala el paso de la *vida paralizada* á la *vida activa*.

Estas oxidaciones emiten cierta cantidad de calor que se manifiesta exteriormente por un aumento de temperatura. Este desprendimiento de calor se puede poner de manifiesto colocando un termómetro en un vaso que contenga semillas en germinación. Entonces se ve que el termómetro sube algunos grados.

A la vez que se verifican estos fenómenos de oxidación, aparecen jugos digestivos ó *diastasas* que harán asimilables las materias de reserva contenidas, ya en el albumen, ya en los cotiledones.

Respecto de las *semillas con albumen*, se deben considerar dos casos : 1º si el albumen es *oleaginoso*, puede digerir sus propios materiales y el embrión absorbe en seguida estos productos digeridos; en este caso hasta se puede aislar el albumen del resto de la semilla y hacerle germinar; 2º si el albumen es *amiláceo*, entonces es el embrión, ó más bien los cotiledones, el que segrega las diastasas capaces de digerir el albumen. En ciertos casos se ha podido reemplazar el albumen por una especie de pasta con la misma composición química que el albumen, y la plántula puede entonces crecer durante algún tiempo alimentándose con esa pasta.

Cuando las semillas no tienen *albumen* la digestión se efectúa en la parte interior de los cotiledones.

Sea cual fuere la naturaleza de las materias de reserva, éstas son necesarias para el desarrollo de la plántula.

Plantas anuales y vivaces. — La planta se llama *anual* cuando florece en la estación misma de la germinación y dura sólo un período de vegetación (Trigo, Alubia).

La planta es *bisannual* si no florece hasta el segundo año : durante el primero acumula reservas que son utilizadas el segundo año para el desarrollo de las flores, de los frutos y de las semillas (Zanahoria, Remolacha).

La planta es *vivaz* si dura más de dos años. Tales son los árboles de nuestros países.

RESUMEN

Transformación del óvulo en semilla. — Después de la fecundación, el *huevo* da el *embrión* ó *plántula*, y el *núcleo secundario* del saco embrionario da el *albumen*.

La *plántula* comprende los tres miembros de la planta : la *radícula*, el *tallito* que termina en la *gémula* y los *cotiledones*.

El saco embrionario aumenta á expensas de la *nucela*; en ciertos casos (*Nenúfar*) la *nucela* persiste y forma el *perisperma*, que es una reserva suplementaria.

En fin, el tegumento interno desaparece y el externo da el tegumento de la semilla.

La semilla madura. — La semilla madura comprende el *tegumento*, el *embrión* ó *plántula* y el *albumen*.

1° *Tegumento* : funículo é hilio, con prolongaciones que facilitan la diseminación.

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| | { | <i>Radicula</i> . |
| 2° <i>Plántula</i> . . . | { | <i>Tallito</i> terminado en la <i>gémula</i> . |
| | { | <i>Cotiledones</i> ú hojas primordiales (dos ó uno). |
| | { | Contiene materias de reserva. |
| 3° <i>Albumen</i> . . . | { | 1. Farináceo (<i>Trigo</i>). |
| | { | 2. Oleaginoso (<i>Ricino</i>). |
| | { | 3. Coriáceo ó celulósico (<i>Café</i>). |

Luego hay dos clases de semillas : 1° las *semillas con albumen* (*Ricino*), en las cuales el *albumen* no ha sido completamente digerido y cuyo *embrión* queda pequeño ; 2° las *semillas sin albumen* (*Habichuela*), en las cuales el *albumen* completamente digerido ha pasado al *embrión*, que se vuelve voluminoso.

El ovario da el fruto. — La pared del ovario se convierte en pared del fruto ó *pericarpio*.

Hay dos clases de frutos :

- | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|
| | { | 1° Indehiscentes. { | <i>aquenio</i> (<i>Alforfón</i>). |
| | { | | <i>cariópside</i> (<i>Trigo</i>). |
| 1° <i>Frutos secos</i> . . | { | | <i>folículo</i> (una sola hendedura).
(<i>Peonia</i>). |
| | { | 2. Dehiscentes . | <i>vaina</i> (dos hendeduras) (<i>Guisante</i>). |
| | { | | <i>silícula</i> (cuatro hendeduras) (<i>Alheli</i>). |
| 2° <i>Frutos carnosos</i> . | { | Completamente carnosos (pepitas) : <i>Baya</i> (<i>Uva</i>). | |
| | { | Carnosos exteriormente, leñosos por dentro (hueso) : <i>Drupa</i> (<i>Ciruela</i>). | |

Germinación de la semilla. — La *germinación* es la transformación la semilla en planta. Depende de dos clases de condiciones.

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| 1° Condiciones in-
teriores. . . . | { | 1. La semilla debe estar <i>madura</i> . |
| | | 2. La semilla debe estar en <i>buen estado</i> . |
| | | 3. La semilla debe haber conservado su <i>poder germinativo</i> . |
| 2° Condiciones ex-
teriores. . . . | { | 1. La semilla necesita <i>agua</i> , pero no mucha |
| | | 2. La semilla necesita <i>aire</i> . |
| | | 3. La semilla necesita <i>calor</i> , pero ni mucho ni poco. |

Cuando se siembra la semilla en estas condiciones, *germina*: sus tegumentos se rompen, la radícula sale y penetra en el suelo, el tallito crece y levanta más ó menos los cotiledones (*epigeos* é *hipogeos*). La gémula es la que da casi todo el tallo (la parte que está por encima de los cotiledones) y todas las hojas.

La semilla está en estado de *vida paralizada* cuando no está germinando; pero tan pronto como germina, su vida es muy activa; su respiración aumenta y el oxígeno absorbido produce oxidaciones que emiten una cantidad de calor siempre suficiente para aumentar algunos grados la temperatura de las semillas. Este estado facilita la acción de los jugos digestivos ó *diastasas* segregadas por la semilla; mediante estas diastasas la plántula puede asimilar las materias de reserva contenidas en el albumen (semillas con albumen), ó en los cotiledones (semillas sin albumen).

CAPÍTULO IX

LAS GIMNOSPERMAS

Caracteres generales. — Hemos visto que el tipo de las Fanerógamas podía dividirse en dos subtipos : 1° las *Angiospermas*, cuyos óvulos están contenidos en un ovario cerrado; 2° las *Gimnospermas*, cuyos óvulos están simplemente adheridos á una escama que representa el carpelo. Las plantas estudiadas en los capítulos precedentes pertenecen á las *Angiospermas*; ahora vamos á estudiar las *Gimnospermas*, insistiendo sobre todo en su modo de reproducción, lo cual nos permitirá establecer una transición entre las Fanerógamas y las Criptógamas vasculares.

Las *Gimnospermas* comprenden todos los árboles resinosos de nuestros países, como el Pino y el Abeto. Casi todos tienen hojas persistentes. Su tallo puede engruesar como el de las *Angiospermas*; pero su madera está formada de *vasos areolados*, cuyas paredes espesas les hacen desempeñar el papel de fibras.

Las *Gimnospermas* siempre tienen flores de dos clases : unas con pistilo y otras con estambres. Pero estas flores diferentes están en el mismo pie.



Fig. 223. — Ramo de Pino con flores.

Reproducción de las Gimnospermas. — Tomemos como ejemplo el Pino silvestre, cuyas flores (fig. 223) se desarrollan por primavera. Las *flores con estambres* son amarillentas, dispuestas en espiga y generalmente adheridas á la punta de ciertas ramas; las *flores con pistilo* son violáceas y

están agrupadas en espigas prietas que tienen la forma de conos, y de ahí el nombre de *coníferas* que llevan estas plantas.

Estambres y polen. — Cada flor con estambres (fig. 224) se compone de un eje provisto de numerosas escamas, cada una de las cuales representa un estambre. Cada estambre (fig. 225) tiene dos bultos ó sacos polínicos que se abren por una hendedura longitudinal para dejar salir los granos de polen.

Las granos de polen (fig. 226) presentan dos ampollas llenas de aire que facilitan su dispersión por el viento. En los montes de

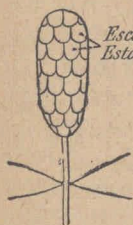


Fig. 224. — Cono de flores masculinas (estambres).

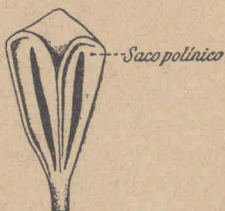


Fig. 225. — Estambre de Pino.

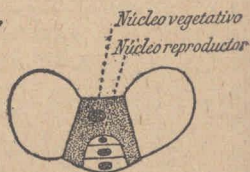


Fig. 226. — Grano de polen de Pino.

Pinos y Abetos son tan abundantes los granos de polen esparcidos por el aire, que han dado margen á la creencia en lluvia de azufre.

La parte media del grano de polen contiene protoplasma y un núcleo que se dividirá y dará 2 y luego 4 núcleos, 3 de los cuales se envuelven en una membrana de celulosa. El núcleo que queda en el protoplasma es el núcleo vegetativo; y cuando el grano de polen germine, el núcleo de la célula más pequeña desempeñará el papel de *núcleo reproductor*.

Pistilo y óvulo. — Las flores con pistilo se presentan en forma de conos (piñas del Pino). En esta flor los carpelos (fig. 227) están representados por escamas dispuestas entre las brácteas que forman el cono. A cada escama están adheridos dos óvulos. En este caso el pistilo no tiene estigma, de modo que el polen cae directamente sobre el óvulo.

El óvulo (fig. 228) no tiene más que un tegumento muy abierto

en la parte superior, formando lo que se llama la *celda polínica*. La nucela contiene también un saco embrionario, pero el núcleo de este saco embrionario se divide muy pronto y da un tejido llamado *endosperma*, cuyas células abundan en materias nutritivas. Una de



Fig. 227. — Óvulo sobre los carpelo formando el cono de las flores con pistilo.

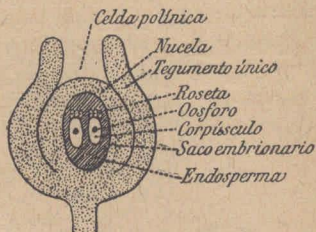


Fig. 228. — Óvulo de las Gimnospermas.

estas células se divide en seguida en dos (fig. 229, A y B); después la célula superior se divide en 4, 8 y 12 células para dar la *roseta* (fig. 229, C y D); mientras que la célula inferior se divide en una *célula de canal* y en un *oosforo*.

Este conjunto ha recibido el nombre de *corpúsculo*. En un saco

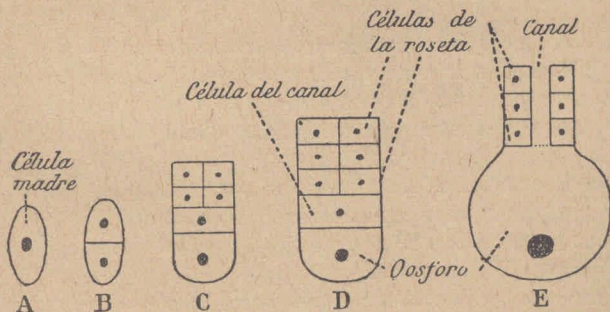


Fig. 229. — Desarrollo de un corpúsculo.

embrionario puede haber varios corpúsculos; pueden llegar de 1 hasta 20.

La madurez del grano de polen precede algunos meses a la madurez del corpúsculo. En el Pino por ejemplo el grano de polen

permanece desde abril hasta junio en la celda polínica, y en esta época es cuando va á fecundar el oosfero, como en las Angiospermas. Para esto germina, y el tubo polínico atraviesa la roseta, cuyas células han sido separadas por la célula del canal que se ha endurecido (fig. 229, E). El núcleo reproductor penetra en el tubo polínico y se divide en dos, uno de los cuales va á combinarse con el núcleo del oosfero por dar el *huevo*.

En ciertas Gimnospermas, como el *Cicas*, el *Zamia*, el tubo polínico se detiene en la nucela y deja salir el núcleo generador



Fig. 230. — Anterozoide aumentado de *Zamia*.

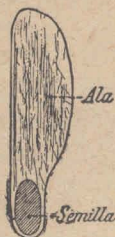


Fig. 231. — Semilla alada del Pino.



Fig. 232. — Fruto ó piña del Pino.

masculino, que tiene numerosas pestañas dispuestas en espiral (fig. 230). Este núcleo generador es comparable á los anterozoides pestañosos que describiremos después en las Criptógamas vasculares. Luego esta planta presenta una transición entre las Fanerógamas y las Criptógamas.

Esta observación es tanto más interesante cuanto que estas plantas (*Cicas*, *Zamia*) representan en la naturaleza actual ciertas plantas muy numerosas del período geológico primario, aparecidas antes de las Gimnospermas.

Como cada óvulo contiene varios corpúsculos y cada corpúsculo da un huevo, resulta que varios huevos y por consiguiente varios embriones se forman en un solo huevo. Pero en realidad un solo embrión se desarrolla completamente; los demás desaparecen digeridos por el que se desarrolla.

Después de la fecundación cada óvulo se convierte en una semilla provista de una especie de ala (fig. 231) que facilitará su

transporte por el viento. Mientras tanto los carpelos crecen para ocultar las semillas, y su conjunto forma la *piña de Pino* (fig. 232) que es el fruto.

Después, las escamas, al secarse, se despegan unas de otras y dejan salir las semillas.

RESUMEN

Las *Gimnospermas* tienen sus óvulos *desnudos*, es decir no encerrados en un ovario cerrado. Las flores con estambres y las flores con pistilo están separadas, pero insertas en la misma planta.

Estambres.	{	Las flores con estambres tienen la forma de conos.
		Cada estambre es una <i>escama</i> con 2 sacos polínicos.
		<i>Grano de polen</i> : células con 4 núcleos y ampollas llenas de aire.
Pistilo.	{	Las flores con pistilo tienen la forma de conos (Piña de Pino).
		Cada <i>carpelo</i> tiene <i>dos óvulos desnudos</i> .
		Óvulo . {
		Un solo tegumento (<i>primina</i>); celda polínica.
		Saco embrionario que comprende : <i>endosperma</i> y <i>corpúsculos</i> , formado cada uno de una <i>roseta</i> , de una <i>célula de canal</i> y de un <i>oosfero</i> .

El grano de polen, después de haber permanecido en la celda polínica, germina y va á *fecundar* el oosfero, cuyo acceso ha facilitado la célula del canal, que ha separado las células de la roseta.

Algunas *Gimnospermas* (*Cicas*, *Zamia*) tienen verdaderos *anterozoides* comparables á los de las *Criptógamas* vasculares.

CAPÍTULO X

REPRODUCCIÓN EN LAS CRIPTÓGAMAS

Las Fanerógamas se reproducen por *huevos*; es la reproducción *sexual*; las Criptógamas, que carecen de flores, pueden reproducirse por *huevos*, pero también por *esporas*; es la reproducción *asexual*. Por otra parte, aquí se presentan todas las transiciones entre estos dos modos de reproducción.

Vamos á estudiar la reproducción sucesivamente en los tres grupos de Criptógamas :

- 1º *Criptógamas vasculares* (tallo, hojas y raíces);
- 2º *Muscíneas* (tallo y hojas, sin raíces);
- 3º *Taliofitas* (cuerpo poco ó nada distinto).

§ 1. — Criptógamas vasculares.

Las plantas que forman parte de este tipo pertenecen á tres grupos : los *Helechos*, las *Colas de Caballo* y los *Licopodios*.

1º *Helechos*. — Estudiando un Helecho de nuestros países, el Polipodio por ejemplo (fig. 233) en la primavera, vemos que presenta un tallo subterráneo ó rizoma, del cual salen raíces y hojas; entre éstas, unas, jóvenes, están arrolladas en forma de cayado; las otras, adultas, están abiertas. A expensas de estas hojas van á desarrollarse los órganos necesarios para la reproducción.

Formación de las esporas. — *Esporangio*. — En verano se pueden ver en la cara inferior de las hojas de este Helecho (fig. 233 y 234) manchas pardas llamadas *soros*, los cuales están casi siempre protegidos por un pliegue llamado *indusio*.

Cada soro está formado de un conjunto de órganos llamados

esporangios. Cada esporangio es una especie de pelo, cuya extremidad abultada (fig. 235) contiene células, que, al diferenciarse, darán las *esporas*. Cada pared del esporangio presenta una hilera



Fig. 233. — Helecho (Polipodio).

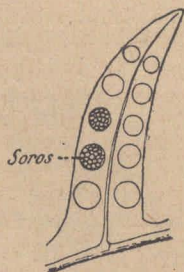


Fig. 234. — Porción de hoja de Helecho vista por su cara inferior.

anular de células que tienen en su cara interior protuberancias en forma de herradura. Cuando el esporangio está maduro, se seca y se rompe (fig. 236) por el mismo mecanismo que el que produce la dehiscencia de la antera.

Entonces quedan libres las esporas. Cada espora es una célula



Fig. 235. — Esporangio de Helecho. Fig. 236. — Dehiscencia del esporangio.

rica en materias de reserva y que presenta dos membranas : una exterior, endurecida y provista á veces de adornos ; otra interior, delgada y celulósica.

Las esporas se desarrollan dentro del esporangio por un procedimiento análogo al que da granos de polen en los sacos polínicos : cada célula madre da 4 esporas.

Germinación de las esporas : protalio. — Las esporas, transportadas por el viento, caen y se esparcen por el suelo, donde pueden permanecer mucho tiempo en estado de vida paralizada; pero en un suelo húmedo *germinan*. La membrana exterior se abre y da paso á un filamento muy corto que dará enseguida una laminita verde llamada *protalio* (fig. 237).

Este protalio, en forma de corazón, tiene á lo más un centímetro cuadrado de superficie, y se extiende en el suelo en el cual introduce especies de pelos absorbentes llamados *rizoides* (fig. 238).

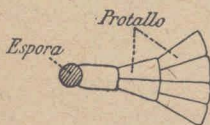


Fig. 237. — Espora germinando y dando el protalio.

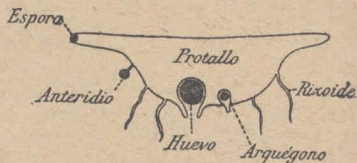


Fig. 238. — El protalio (sección).

Por estos rizoides y por la clorofila que contiene en sus células, el protalio puede nutrirse.

Entonces es cuando se ven aparecer en la cara inferior del protalio órganos reproductores que contribuirán á la formación del huevo.

Órganos reproductores : anteridio y arqueogono. — Los *órganos reproductores* que se desarrollan en la cara inferior del protalio (fig. 238) son de dos clases : los órganos masculinos ó *anteridios* y los órganos femeninos ó *arqueogonos*.

1º EL ANTERIDIO. — Es un pelo bulboso en su extremidad en forma redonda : la pared de esta parte presenta sólo una hilera de células (fig. 239) y en la parte interior del anteridio hay numerosas células, que son las células madres de los *anterozooides*. Cada una de estas células dará un anterozoide de la manera siguiente (fig. 240) : el núcleo se alarga y enrolla en espiral, mientras que el protoplasma, que forma al principio una especie de anillo, da numerosas pestañas vibrátiles destinadas á hacer mover á este cuerpecito llamado *anterozoide* (fig. 241). El ante-

rioio maduro se hincha de agua y revienta, y en ese intervalo las paredes de las células madres se resorben y dejan libres los anterozoides que van á flotar en el agua que baña el protalio.



Fig. 239. — Anteridio

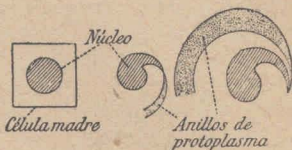


Fig. 240. — Desarrollo de los anteroxoides

2º EL ARQUÉGONO. — En el mismo protalio se perciben cuerpecitos en forma de botella (fig. 238) : éstos son los *arquégonos*. Cada arquégono (fig. 242) se compone de una parte bulbosa inserta en el protalio, llamada *vientre*, y de una parte prolongada, llamada *cuello*. En el vientre del arquégono hay una célula, llamada *oosfero* : ésa es la célula femenina. El oosfero remata en otra célula que, al congelarse, separa las células del cuello para formar el *canal* y va á formar en la extremidad de este canal una gotita mucilaginosa.



Fig. 241. — Anterozoide.

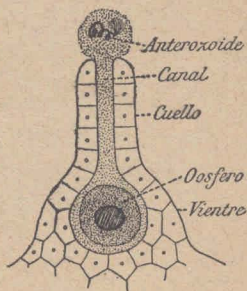


Fig. 242. — Arquégono

Formación y desarrollo del huevo. — Uno de los anteroxoides que flotan en el protalio, puede ser retenido por el mucilago que cubre la parte superior del arquégono; entonces penetra por este mucilago hasta el cuello dando vueltas y va á mezclar su masa con el oosfero. Así queda hecha la fecundación y formado el *huevo*.

Tan pronto como se ha efectuado la fecundación, el huevo se

envuelve en una membrana de celulosa y se divide inmediatamente en 2, después en 4 células (fig. 243) : una de estas células, al desarrollarse en la parte interior del protalio, da el pie ó *chupador* que va á tomar la materia nutritiva en el protalio (fig. 244) : otra célula dará la raíz, otra el tallo y la cuarta la

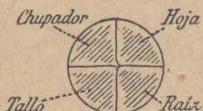


Fig. 243. — El huevo se segmenta.

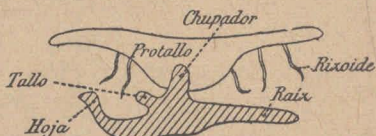
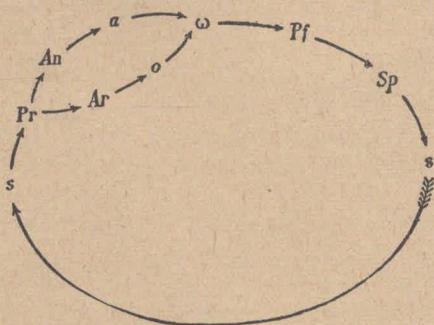


Fig. 244. — El tierno tallo se desarrolla.

primera hoja. Poco á poco el protalio se seca mientras que el tierno Helecho se desarrolla.

El estudio del desarrollo de un Helecho muestra bien una alternación regular de formas : 1º la *planta con hojas* es un aparato nutritivo en el cual se desarrollan las esporas destinadas á la diseminación ; 2º el *protalio*, que constituye sobre todo un aparato reproductor, dando anteridios y arquegonos.

Se puede resumir la reproducción de un Helecho por el gráfico siguiente :



Una espora *s* forma un protalio *Pr* en el cual se desarrollan los órganos reproductores : 1º anteridios *An* que darán los anterozooides *a* ; 2º arquegonos *Ar* que darán los oosferos *o*. Un anterozoide va á fecundar el oosfero y da el huevo ω ; éste, al germinar

en el protalio, dará la planta con hojas Pf, en la cual se desarrollarán el esporangio *Sp* y las esporas, *s*, que podrán recomenzar el mismo ciclo y así sucesivamente.

El modo de reproducción que acabamos de describir existe en todas las Criptógamas vasculares que pertenecen al grupo de los Helechos; pero presenta algunas modificaciones en los otros dos grupos de las Colas de Caballo y de los Lycopodios.

2º Colas de Caballo. — Las Colas de Caballo, que viven en los parajes húmedos (fig. 245), difieren de los Helechos por sus



Fig. 245. — Asperilla.



Fig. 246. — Porción de la espiga de esporangios.

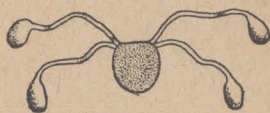


Fig. 247. — Espora con sus eláteres.

hojas reducidas á escamitas dispuestas en collar al rededor del tallo, que es hueco y sostiene ramitos dispuestos en verticilos. Por primavera, ciertos tallos presentan esporangios reunidos en una como espiga que tiene la forma de una maza. Los esporangios están adheridos á hojas transformadas en escamas, (fig. 246); cuando maduran se abren y dejan libres las esporas provistas de cuatro prolongaciones ó *eláteres* (fig. 247), que, al reventar, hacen saltar las esporas como pequeños insectos microscópicos.

En apariencia todas las esporas son semejantes; pero unas, al germinar, dan *protalios con anteridios*, y otras *protalios con arquegonos*.

3º Lycopodios. Selaginela. — Los Lycopodios, que crecen en

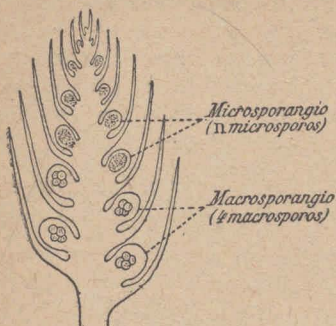


Fig. 248. — Extremidad de una rama de Selaginela.

los bosques, tienen hojas insertas al rededor del tallo, como las hojas de los Musgos. Tomemos como ejemplo la *Selaginela* que se da en los bosques húmedos y calientes y se cultiva en los invernáculos. Ciertos tallos llevan esporangios; pero éstos son de dos clases (fig. 248) : 1º los que están en la extremidad de los ramos son más pequeños y numerosos; son los *microsporangios*, que contienen muchas y pequeñas esporas ó *microsporas*; 2º los que están más

abajo son más gruesos y se les llama *macrosporangios*, y contienen 4 esporas gruesas ó *macrosporas*.

Las microsporas al germinar dan un *protalio* en el cual se desarrollan un *anteridio* (fig. 249) y anterozoides.

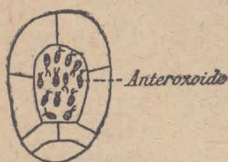


Fig. 249. — Protalio con anteroidio (Selaginela).

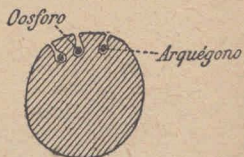


Fig. 250. — Protalio con arquegono (Selaginela).

Las macrosporas dan un *protalio* en el cual se desarrollan *arquegonos* (fig. 250) que contienen un oosforo.

Comparación de las Fanerógamas con las Criptógamas vasculares. — Ahora es muy fácil poder comparar estos dos tipos desde el punto de vista de la reproducción, recordando lo que hemos observado en el estudio del Pino (Fanerógamas) y de la Selaginela (Criptógama).

La hoja que lleva un microsporangio corresponde al estambre.

Los microsporangios son comparables á los sacos polínicos y las microsporas al grano de polen. El protalio con anteridios, nacido de estas microsporas, es homólogo á la célula vegetativa del grano de polen que da el tubo polínico; y el anteridio es comparable á la célula que contiene el núcleo reproductor. En fin, el anterozoide tiene pestañas vibrátiles en la Selaginela y en ciertas Gimnospermas (Cicas, Zamia).

La hoja con macrosporangio de la Selaginela recuerda el carpelo del Pino. El macrosporangio corresponde á la nucela del óvulo de Gimnosperma. Una macrospora es una célula especial del macrosporangio, como el saco embrionario es una célula especial de la nucela; esta macrospora da el protalio con arquégonos, como una célula da el endosperma de las Gimnospermas. En fin el arquégono tiene una estructura y un origen que se parecen á los del corpúsculo del Pino. En cuanto al oosfero, desempeña igual papel en ambos casos.

Por esta comparación se ve que si se da el nombre de flor al cono con estambres ó pistilos del Pino, no se le puede negar á la espiga de la Selaginela.

Se pueden resumir en el cuadro siguiente las homologías que acabamos de indicar :

	<i>Criptógamas vasculares</i>	<i>Gimnospermas.</i>
<i>Flor masculina.</i>	Hoja con microsporangio. . .	Estambres.
	Microsporangio.	Saco polínico.
	Microspora.	Grano de polen.
	Protalio con anteridio . . .	Tubo polínico.
	Anteridio	Célula reproductora del polen.
	Anterozoide	Anterozoide.
<i>Flor femenina.</i>	Hoja con macrosporangio. .	Carpelo.
	Macrosporangio	Nucela.
	Macrospora.	Saco embrionario.
	Protalio con arquégonos . .	Endosperma.
	Arquégono.	Corpúsculo.
	Oosfero	Oosfero.

§ 2. — Musgos.

Los Musgos tienen tallo y hojas, pero nunca raíces ni por consiguiente vasos. En su parte inferior el tallo tiene pelos absorbentes que reemplazan fisiológicamente las raíces.

Formación de las esporas : esporógeno. — Tomemos como ejemplo un Musgo muy común en los campos, el Politríco. Aisleemos un pie de este Musgo y si le observamos á fines de Primavera veremos (fig. 251) que el tallo parece que se continúa por una parte delgada, el *pedicelo*, que se abulta en su extremidad para dar el *esporangio*. El conjunto del pedicelo y del esporangio se llama *esporógeno*. El esporangio está cubierto con un *casquete*.

En el momento de la madurez, el casquete cae y el esporangio se abre por una especie de tapadera llamada *opérculo* (fig. 252), de modo que la parte inferior, llamada *urna* deja libres á las esporas. Los bordes de la urna suelen tener un collar llamado *peristoma* (fig. 253).

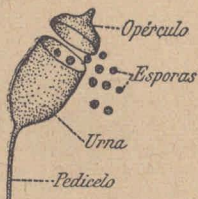


Fig. 251. — Un Musgo (Politríco).

Fig. 252. — Dehiscencia del esporangio.

Fig. 253. — Funera (Musgo que crece en los montes en los sitios donde se ha hecho carbón).

Germinación de las esporas : protonema. — Las esporas libres pueden germinar y dar un filamento que se encerrará (fig. 254) se ramificará y dará en la superficie del suelo un rollo de filamentos verdes, de donde nacen pelos pardos ó rizoides que penetran en el suelo. Este conjunto filamentoso se llama *protonema*. De trecho en trecho se ven aparecer en este protonema pequeños bultos, cada uno de los cuales dará un tallo y hojas. De modo que habrá tantos pies de Musgo como bultos, y por fin desaparece completamente el protonema y cada pie de Musgo se hará independiente.

Órganos reproductores : anteridio, arquegono. — Al empezar la primavera se puede ver en la punta del tallo de Musgo una rosita formada de hojas, en medio de la cual (fig. 255) se desarrollan los órganos reproductores : *anteridios* y *arquegonos*. Estos órganos suelen estar á veces en pies diferentes.

El *anteridio* es un pelo terminado en maza y cuya pared está formada de una sola capa celular. En la parte interior los *anterozoides* se desarrollan como en los Helechos. Cuando el anteridio está maduro, una gota de agua puesta en la rosita hace hinchar el mucí-

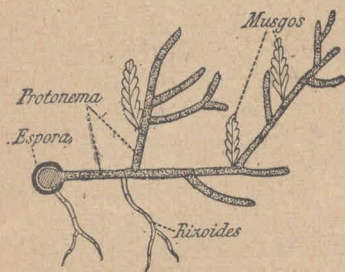


Fig. 254. — La espora germina y da el protonema.



Fig. 255. — Extremo del tallo y órganos reproductores.

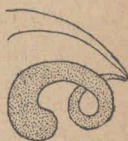


Fig. 256. — Anterozoide del Musgo.

lago que está dentro del anteridio; éste revienta y deja libres los anterozoides enrollados y provistos de dos pestañas (fig. 256).

El *arquegono* tiene la forma de una botella con vientre y cuello, en el vientre se encuentran el *oosfero* y la *célula de canal* que se congela, separa las células del cuello y forma una gotita mucilaginosa en la punta del arquegono. Luego la disposición es la misma que en los Helechos.

Formación y desarrollo del huevo. — Los anterozoides ya libres se mueven en una especie de gelatina y mediante los movimientos de sus pestañas penetran en el mucílago del arquegono, entran en el canal y van al oosfero, con el cual se mezcla un solo anterozoide, y así queda formado el *huevo*. Desde ese momento los demás arquegonos de la misma roseta se marchitan, porque no se forma más que un huevo.

Tan pronto como queda efectuada la fecundación, el huevo se cubre con una membrana de celulosa, luego se encierra y da un macizo celular prolongado, cuya base penetra en el tallo del Musgo (fig. 257) para tomar allí su alimento. Al poco tiempo queda formado también el esporangio, en el cual van á formarse las esporas : cada célula madre da 4 esporas como en los Helechos y como las del polen de las Fanerógamas.

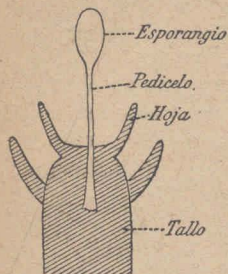
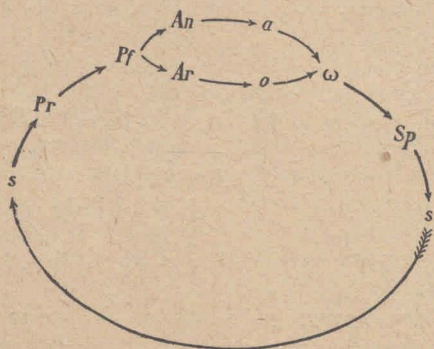


Fig. 257. — El huevo germina en la punta del tallo y da el esporangio

Luego en los Musgos hay también una alternación de formas : 1º una *planta con hojas* que constituye no sólo un aparato nutritivo, sino también los órganos reproductores, anteridio y arquegón; 2º un aparato transitorio, el *esporógono*, que solo está destinado á producir esporas, y que proviene de la germinación del huevo.

Se puede resumir la reproducción de las Muscineas por el gráfico siguiente :



Una espóra *s* produce filamentos ó protonema *Pr* que da plantas con hojas *Pf*. La planta con hojas produce anteridios *An*, que contienen los anterozoides *a* y arquegonos *Ar*, que contienen los oosferos *o*. Un anterozoide se mezcla con el oosfero y da el

huevo ω , el cual germina en la planta y da el esporógono *Sp*, que producirá *esporas* semejantes á las primeras y así sucesivamente.

Hepáticas. — Las Hepáticas (fig. 258) son pequeñas Muscineas que viven en los sitios húmedos y cuyo cuerpo está reducido á una laminita verde, especie de *talio* semejante al que veremos



A. — Talio con anteridio.

B. — Talio con arquégono.

Fig. 258 — Una Hepática (*Marchantia*).

en ciertas Algas; pero su manera de reproducirse es la misma que la de los Musgos. Como éstos, tienen anteridios (fig. 258, A) y arquégonos (fig. 258, B) sentados en pies diferentes.

§ 3. — Las Taliofitas.

Caracteres generales. — Las Taliofitas son vegetales que carecen de raíz, de tallo y de hojas. Su cuerpo, de forma variable, ha recibido el nombre de *talio*.

Comprenden tres grupos: las *Algas*, los *Hongos* y los *Líquenes*, que provienen de la asociación de una Alga y un Hongo.

Estas plantas se reproducen por procedimientos diversos; unas por *huevos* exclusivamente, otras exclusivamente por *esporas*, y por fin muchas se reproducen por huevos ó por esporas según que el medio sea favorable ó no.

Algas. — Son vegetales acuáticos caracterizados por la clorofila que contienen. A veces esta clorofila está encubierta por otra materia colorante, parda, roja ó azul. Así, el *Fucus* es una Alga parda que contiene clorofila y una materia colorante gris. Para mostrarlo se pone un fragmento de *Fucus* en agua hirviendo: el *Fucus* se pone verde y el agua gris, porque disuelve la materia bruna que no era soluble en el agua de mar.

Las Algas comprenden los vegetales más pequeños (Bacilos) y plantas de mucha talla que pueden llegar á muchos cientos de metros de longitud (Algas marinas).

Se reproducen por *huevos* ó por *esporas*.

1º REPRODUCCIÓN POR HUEVOS. — Vamos á estudiar la formación del huevo en algunas Algas que podrán darnos una idea de la diversidad de la manera de reproducirse. Tomemos por ejemplo el *Fucus*, la *Espirogira* y el *Mesocarpus*.

Fucus. — Es una Alga bruna muy abundante en las costas de Francia. Se reproduce únicamente por huevos. En la extremidad

de ciertos ramos (fig. 259) tiene puntuaciones que indican los orificios de pequeñas cavidades ó *conceptáculos*. En estas cavidades se desarrollan los órganos reproductores. En unas, llamadas *conceptáculos masculinos* (fig. 260, A), se desarrollan anteridios que produce cada uno gran número de anterozoides con dos pestañas que se dirigen, una hacia adelante y otra hacia atrás: en las otras, llamadas *conceptáculos femeninos* (fig. 260, B) hay masas llamadas *oogonos*, que están formadas de

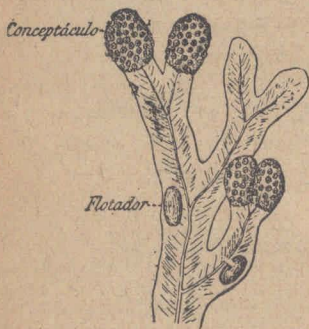


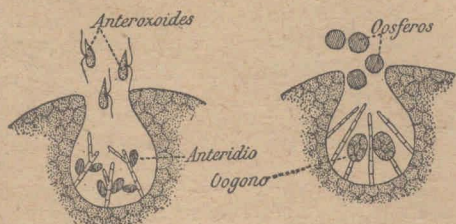
Fig. 259. — Fragmento de *Fucus*.

ocho células ú *oosferos*, los cuales quedan libres en la madurez y salen por el orificio,

Los órganos masculinos y femeninos están insertos en pies diferentes. Si se mezclan en agua de mar *Fucus* con anteridios y *Fucus* con oogonos, se puede ver que los anteridios rodean un

oosfero y le hacen rodar (fig. 261): después uno de ellos se mezcla con el oosfero y queda formado el huevo.

Espirogira. — Es una Alga filamentosa de agua dulce. En el momento de la reproducción dos filamentos se colocan paralelamente (fig. 262); después dos células vecinas echan prolonga-



A. — Conceptáculo masculino.

B. — Conceptáculo femenino.

Fig. 260. — Sección en los conceptáculos del *Fucus*.

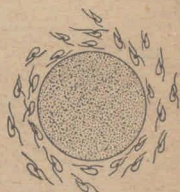
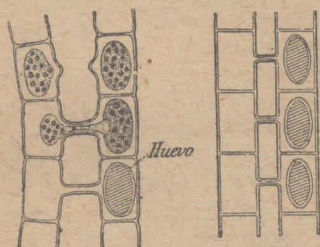


Fig. 261. — Oosfero rodeado de anterozoides.

ciones que van una hacia otra y acaban por confundirse (fig. 262, A). En ese momento el protoplasma de una de esas células se contrae y pasa a la otra para mezclarse con su contenido y así quedará formado el huevo y se envuelve en una mem-



A. — Durante la conjugación.

B. — Después de la conjugación.

Fig. 262. — Filamentos de *Espirogira*.

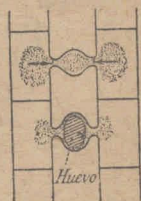


Fig. 263. — Formación del huevo en el Mesocarpo.

brana de celulosa. Este hecho se produce al mismo tiempo en toda la longitud de los filamentos; de modo que después de la conjugación el uno está vacío y el otro contiene los huevos (fig. 262, B).

Mesocarpo. — Las masas protoplásmicas que se confunden

para formar el huevo, marchan al encuentro una de otra (fig. 263) y el huevo se forma en medio del canal que pone en comunicación los dos filamentos.

Se ve que en las Algas la formación del huevo se simplifica progresivamente: en los *Fucus* hay una diferencia muy notable entre la célula masculina, que es movable, y la femenina que es inmóvil: en las *Espirogiras* las dos células ó *gametas* que forman el huevo, son semejantes; pero una, la que cambia de lugar, puede ser considerada como célula masculina. En fin, en el *Mesocarpus* las células ó gametas son semejantes sin que se pueda distinguir la célula masculina de la femenina.

2º REPRODUCCIÓN POR ESPORAS. — Las *Confervas*, que son Algas filamentosas que viven en agua dulce, sólo se reproducen por esporas. Para eso el protoplasma de ciertas células se separa en numerosas masitas, cada una de las cuales da un cuerpo provisto

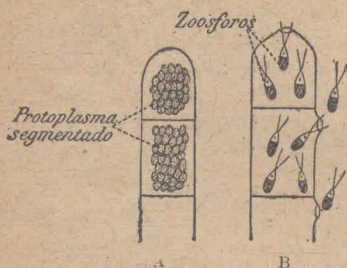


Fig. 264. — Filamentos de Conferva y zoosporas.

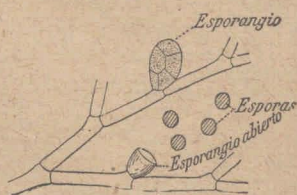


Fig. 265. — Formación de las esporas en una Alga roja.

de dos pestañas: son esporas, movibles como los anterozoides, y por eso se les llama *zoosporas*. Después la pared celular se abre en cierto punto (fig. 264, B) por donde salen las zoosporas, que van a flotar por cierto tiempo y se fijarán por su punta para desarrollarse y dar nuevos filamentos de *Confervas*.

En ciertas algas rojas (fig. 265) existen esporangios, cada uno de los cuales dará origen a cuatro esporas sin pestañas y por consiguiente semejantes a las de los Musgos. Algunas de estas Algas se reproducen por huevos que se desarrollan en el tallo, como los

huevos de los Musgos en el extremo del tallo. Este es otro punto de semejanza con este grupo de vegetales.

Hongos. — Los Hongos carecen de clorofila, de modo que no pueden asimilar el carbono. Luego tienen necesidad de tomar su alimento ya en seres vivos (Hongos parásitos), ya en la materia orgánica en descomposición (Hongos saprofitos).

Los Hongos se pueden reproducir por *huevos* ó por *esporas*. Un mismo Hongo puede reproducirse por huevos ó por esporas, según el medio en que viva.

1º REPRODUCCIÓN POR HUEVOS. — Tomemos por ejemplo un Hongo parásito de la Berza, el *Cistopo*. En otoño se puede ver la hoja de la Berza invadida por los filamentos ó *micelio* del Hongo (fig 266). De estos filamentos, unos están provistos de chupadores, y otros se hinchan formando una bola para dar el órgano femenino ú *oogono* que contiene el *oosforo*. Debajo del oogono

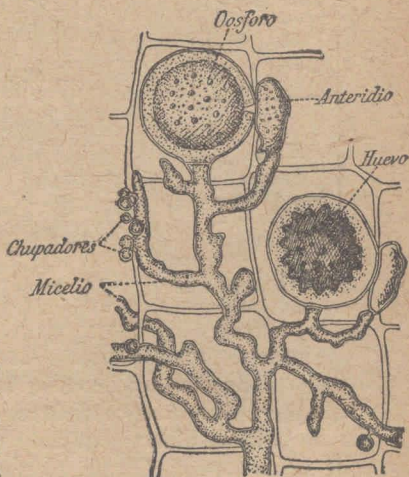


Fig 266. — Cistopo de la Berza

no se desprende un ramo que se hincha en forma de maza y va á colocarse contra el oogono : es el órgano masculino ó *anteridio*. El protoplasma del anteridio y el del oogono están separados del protoplasma del filamento por paredes. A cierto momento el anteridio brota un tubo fino que abre la pared del oogono y por el cual el protoplasma del anteridio va á mezclarse con el oosforo para formar el huevo. Este se envuelve entonces en una membrana de celulosa coriácea y así puede pasar el invierno y germinar en la primavera siguiendo invadiendo las hojas nuevas.

Si estudiamos otro Hongo tal como el *Mucor*, llamado vulgarmente Moho blanco, veremos que el huevo se forma por dos fila-

mentos que avanzan el uno hacia el otro (fig. 267) que se encierran á cierta distancia y cuyos contenidos se confunden. En este caso los elementos reproductores no son diferentes; y las *gametas* que son muy diferentes en los *cistopos*, son iguales en el *Mucor*.

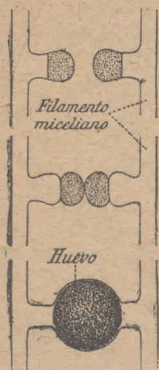


Fig. 267. — Formación del huevo en el *Mucor*.

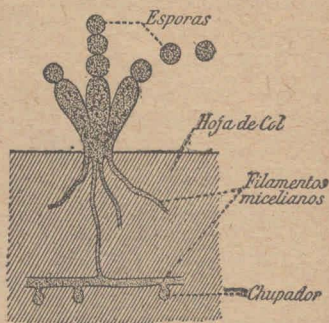


Fig. 268. — Formación de las esporas en el *Cistopo*.

2º REPRODUCCIÓN POR ESPORAS. — Consideremos todavía el *Cistopo*. Si los filamentos del Hongo están en la parte interior de la hoja de la Berza en buenas condiciones de nutrición, se ve que el micelio brota hacia afuera (fig. 268) un aparato esporífero formado de ramos que darán sargas de *esporas*. Estas esporas se desprenderán una á una y podrán germinar.

Luego el *Cistopo* se reproduce por esporas si el medio nutritivo es favorable; por el contrario, se reproduce por huevos, en otoño por ejemplo, cuando las condiciones de nutrición son desfavorables. De modo que las esporas sirven más bien para la diseminación, y los huevos para la conservación del Hongo.

El *Mucor* puesto en buenas condiciones de nutrición se reproduce también por esporas; ciertos filamentos se hinchan en el extremo (fig. 269) y dan un *esporangio*, en cuya parte interior el protoplasma se divide en gran número de esporas. Estas esporas, puestas en libertad por la destrucción de la membrana exterior, germinan; si caen en madera húmeda, por ejemplo, dan filamentos ó *micelio*, el cual constituye el aparato nutritivo del Hongo.

Si el Hongo carece de aire ó de humedad, se forman *huevos* por el procedimiento indicado antes.

En fin, ciertos Hongos, como el de cultivo, se reproducen sólo por esporas.

Este Hongo se compone : 1º de un *aparato nutritivo* (fig. 270) formado de filamentos que se desarrollan en

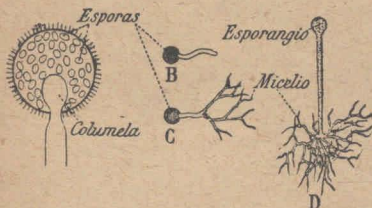


Fig. 269. — Formación de las esporas en el *Mucor*.

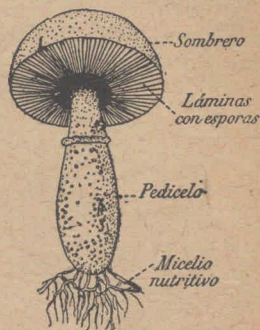


Fig. 270. — Hongo de cultivo.

el estiércol y constituyen el micelio ó *blanco de Hongo*; 2º de un *aparato reproductor* formado de un pie ó *pedicelo* y de un *sombrero* (fig. 270). El sombrero tiene en su cara inferior laminillas radiantes, en las que nacen células especiales llamadas *basides* (fig. 271), y cada una de estas células tiene dos esporas que en la época



Fig. 271. — Láminas esporíferas del Hongo de cultivo.

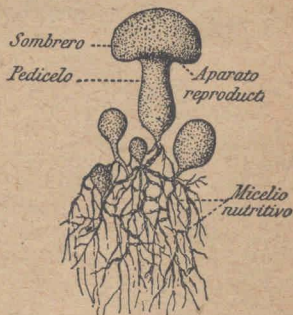
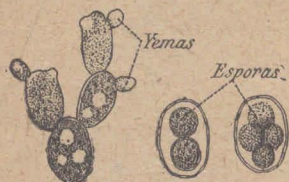


Fig. 272. — Micelio del Hongo de cultivo y formación de los aparatos reproductores.

de la madurez se desprenden y germinan. Cada espora produce así un micelio, en el cual aparecen en distintos puntos hinchazones (fig. 272) formadas por la aglomeración de filamentos micelianos;

estas protuberancias engruesan y se hacen nuevos aparatos reproductores, cada uno de los cuales constituye lo que vulgarmente se llama un Hongo

La Levadura de cerveza, que es un Hongo formado de células ovales, puede multiplicarse por *yemas* (fig. 273, A) produciendo



A. — Glóbulos B — Esporas.
Fig. 273. — Levadura de cerveza.



Fig. 274. — Asquios aislados (Peziza).

sarlas de células nuevas que se desprenderán y quedarán independientes. Esta reproducción se verifica si la Levadura se encuentra en un líquido nutritivo conveniente; pero si el medio nutritivo es desfavorable, se forma en la parte interior de los glóbulos de Levadura *esporas* (fig. 273, B) que darán nuevas células idénticas a la primitiva cuando el medio sea propicio.

En algunos Hongos, como el Pecizo, las esporas se forman en número de ocho en grandes células prolongadas llamadas *asquios* (fig. 274). La Trufa está en este caso; pero cada asquios no contiene más que cuatro esporas, como la Levadura.

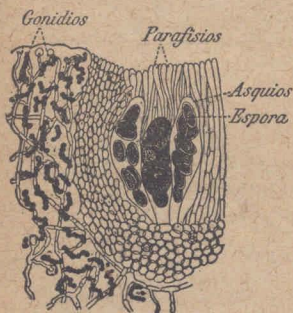


Fig. 275. — Sección de un Líquen



Fig. 276. — Síntesis de un Líquen.

Líquenes. — Los líquenes resultan de la asociación de una Alga y de un Hongo. Ya hemos visto (capítulo de la *Nutrición*)

que el Hongo se aprovecha de la asimilación clorofílica del Alga, protegiéndola contra la desecación.

Haciendo el análisis anatómico de un Líquen, se ha visto que el Alga puede dar *esporas*, lo mismo que ciertos filamentos del Hongo se hinchan para dar un *asquio* (fig. 27^F) en el cual se desarrollan ocho esporas.

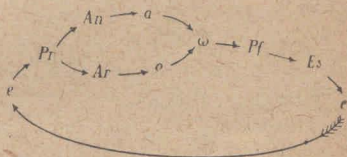
También se ha podido hacer la síntesis de un Líquen, es decir reconstituirle poniendo cerca células del Alga y esporas de Hongo (fig. 276); éstas germinan y emiten filamentos micelinos que envuelven las células del Alga.

RESUMEN

Criptógamas vasculares — Tres casos hay que considerar: *Helechos*, *Colas de Caballo*, *Licopodios*.

1° *Helechos*. — En la cara inferior de una hoja de Helecho se ven *esporangios* que contienen en su parte interior *esporas* que quedan libres por la dehiscencia del esporangio.

Cada espора germina y da una laminilla lisa llamada *protalio*, en el cual se desarrollarán órganos reproductores: 1° *anteridios* que contienen *anterozoides* arrollados en espiral y provistos de un ramito de pestañas vibrátiles; 2° *arquégonos* que contienen *oosferos*



Los anterozoides flotan y uno de ellos, retenido por el mucilago que cubre el arquégono, penetra hasta el oosfero y se mezcla con él para dar el *huevo*. Este huevo germina en el protalio y da enseguida una nueva planta con hojas, que producirá esporangios y esporas semejantes a los precedentes.

El gráfico adjunto resume esta reproducción.

2° *Colas de Caballo*. — El tallo tiene ramos verticilados. Las esporas son semejantes en apariencia, pero unas dan *protalios con anteridios*, y las otras *protalios con arquégonos*.

3° *Licopodios*: *Selaginela*. — La *Selaginela* da dos clases de esporas: las *microsporas* que, al germinar darán *protalios con anteridios*, y las *macrosporas*, que producirán *protalios con arquégonos*.

La comparación del desarrollo de la *Selaginela* (Criptógama) con el del Pino (Fanerógama) permite establecer una transición entre las Criptógamas y las Fanerógamas.

Musgos. — En un pie de *Musgo* se ve en primavera una prolongación del tallo con el extremo hinchado: es el *esporógono*. Este espo-

rógono está cubierto con un casquete que cae cuando llega la madurez y deja descubierto el *esporangio*, compuesto de la *urna* y de una tapa ú *opérculo*. Este opérculo se levanta y quedan libres las esporas contenidas en la urna.

Cada espora germina y da un conjunto de filamentos separados, el *protonema*; y en este protonema aparecen de trecho en trecho plantas con hojas.

En el extremo de cada planta con hojas se desarrollan: 1° *anteridios* que contienen *anterozoides* provistos de dos pestañas; 2° *arquégonos* que contienen *oosferos*.

Un anterozoide verifica su fusión con el oosfero para dar el *huevo* que germinará en el tallo y formará el *esporógono*.

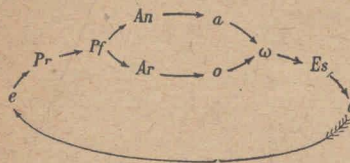
El gráfico adjunto resume la reproducción en las Muscineas.

Las *Hepáticas* son Muscineas cuyo cuerpo es semejante al de ciertas Algas, pero se reproducen como los Musgos. Luego son intermedias entre las Muscineas y las Taliofitas.

Taliofitas. — Pueden reproducirse por *huevos* ó por *esporas*.

1º Algas .	{	por huevos .	{	<i>Fucus</i> : anteridios y oogono; elementos reproductores diferentes.
				<i>Espirogira</i> : células reproductoras semejantes; pero una es movable y se separa para ir á formar el huevo.
	{	por esporas.	{	<i>Mesocarpo</i> : células reproductoras idénticas.
				<i>Confervas</i> : protoplasma que se separa en segmentos para dar esporas.
2º Hongos.	{	por huevos .	{	<i>Cistopo</i> : anteridio y oogono; células reproductoras diferentes.
				<i>Mucor</i> : células reproductoras semejantes.
	{	por esporas.	{	<i>Cistopo</i> : esporas se desprenden de los filamentos.
				<i>Mucor</i> : esporas en esporangio esférico.
				<i>Hongo de cultivo</i> compuesto : 1º de un aparato nutritivo (micelio); 2º de un aparato reproductor (laminitas que producen las esporas).
				Según el medio, el Hongo se reproduce por esporas ó por huevos.

3° *Líquenes* : El Alga da esporas y el Hongo asquios, cada uno de los cuales contiene ocho esporas. Se puede hacer la síntesis de un Líquén poniendo á germinar esporas de Hongo cerca de las células de Alga.



CAPITULO XI

IDEA DE LA EVOLUCIÓN DE LOS VEGETALES

Para demostrar que existe una continuidad, un encadenamiento en los vegetales como en los Animales, vamos á estudiar, por una parte, la evolución de los Vegetales en el curso de las edades geológicas, y por otra, los lazos que existen entre los cuatro tipos del mundo vegetal.

Evolución de los vegetales durante las épocas geológicas.
— No es fácil trazar un cuadro exacto de la evolución de los Vegetales desde la aparición en la tierra de las primeras plantas hasta la época actual. Se comprende, en efecto, que en esta larga cadena que va de los vegetales más simples á los más complejos, nos faltan muchos eslabones que no conocemos, porque todavía están enterrados en los depósitos geológicos. No obstante, los documentos paleontológicos recogidos y estudiados son ya bastantes para darnos una idea de la sucesión de formas por que se ha pasado poco á poco de las floras antiguas á las que hoy pueblan nuestro globo.

En la historia de la vegetación se pueden distinguir tres grandes periodos : la era de las *Criptógamas vasculares*, la era de las *Gimnospermas* y la era de las *Angiospermas*.

1º ERA DE LAS CRIPTÓGAMAS VASCULARES. — Las plantas determinables más antiguas que se han encontrado, son *Algas*, observadas en el terrano Siluriano inferior del Canadá. En cuanto á las *plantas terrestres* más antiguas, pertenecen al Siluriano medio; pero sobre todo en los depósitos carboníferos se las encuentra de seguro. Están representadas por *Criptógamas vasculares* (Helechos, Colas de Caballo y Lycopodios). La mayor parte de estas plantas eran de talla muy superior á la de las *Criptógamas* actuales. Los Helechos,

que llegaban á unos veinte metros de altura, han perdido su importancia; las Colas de Caballo y los Lycopodios sólo están representadas por plantas herbáceas que tienen papel insignificante.

Luego la era de las Criptógamas vasculares corresponde á los tiempos primarios, y está caracterizada por una serie de ejemplares que han desaparecido hacia fines de los tiempos primarios ó principios de los secundarios. Durante esa época la flora presenta una notable uniformidad; así la flora de la hulla sigue semejante á sí misma en una porción considerable del globo, en América, en Europa, en China, en el Cabo, etc. De semejante identidad de vegetación podemos deducir la uniformidad de los climas en todos esos puntos. Por otra parte, la comparación de las plantas fósiles con las actuales hace también creer que en ese período el clima era uniforme en el tiempo, caliente y húmedo, análogo al clima tropical actual.

2º ERA DE LAS GIMNOSPERMAS. — Comienza hacia fines de los tiempos primarios y se termina con el período jurásico. Está caracterizada por el predominio de las Cicádeas y de las Coníferas. Las primeras se hallan localizadas actualmente en las regiones tropicales.

3º ERA DE LAS ANGIOSPERMAS. — Comienza con la época cretácea, es decir hacia fines de los tiempos secundarios. Las Dicotiledóneas, desconocidas hasta entonces, alcanzaron rápidamente el primer puesto, mientras que los Helechos, las Cicádeas y las Coníferas persisten, pero representadas solamente por las especies actualmente vivientes.

Hacia fines de los tiempos secundarios empiezan los climas á descubrirse, pues se observan diferencias en la flora según las latitudes. Así por ejemplo los Álamos y los Plátanos dominan en Groenlandia, mientras que aún están mezclados con Palmeras y Bambués en el sur de Francia. Luego las regiones polares comienzan á enfriarse, en tanto que tiende á establecerse una zona tropical.

Tan pronto como comenzó este movimiento de diferenciación, se fué marcando durante el período terciario. Las especies tropicales, como las Palmeras, desaparecen poco á poco de nuestras regiones cada vez más templadas. De modo que á fines de la época terciaria, la Europa ya no presenta más que especies afines á las

especies actuales. Sólo una especie de Palmera ha logrado mantenerse en Europa, es la *chamærops humilis*, que vive actualmente en España.

Encadenamiento del mundo vegetal. — Vamos á indicar los lazos que existen entre los cuatro tipos del mundo vegetal. Taliofitas, Muscineas, Criptógamas vasculares y Fanerógamas.

1º *Entre las Taliofitas y las Muscineas* existen plantas, las Hepáticas, que establecen una transición. Ciertas Hepáticas, como la Marchantia, poseen en efecto un verdadero talio que recuerda el de las Algas; pero por su modo de reproducción (anteridios y arquegonos) no se las debe separar de los Musgos. Luego son intermedias entre las Taliofitas y los Musgos.

Por otra parte existen Algas rojas que tienen esporas semejantes á las de los Musgos, y aun algunas de estas algas presentan un modo de reproducción semejante al de los Musgos (desarrollo del huevo en el tallo).

2º *En las Muscineas y las Criptógamas vasculares* existe una alternación idéntica entre la forma axesual que da las esporas, y la forma sexual que produce el huevo. La diferencia es que en los Musgos el huevo se forma en el tallo con hojas y el aparato productor de esporas está reducido al esporógono; mientras que en las Criptógamas vasculares el huevo se forma en una laminita verde, el protalio, y la planta con hojas es el aparato productor de esporas. En fin, el tallo con hojas de los Musgos corresponde al protalio de las Criptógamas vasculares.

Por otra parte, los anteridios y los arquegonos tienen la misma estructura en los dos tipos.

En fin, notemos que el protalio de los Helechos al principio de su desarrollo recuerda la forma taliofita.

3º *Las Criptógamas vasculares y las Gimnospermas* (Fanerógamas) tienen raíces y vasos; éstos, en los dos tipos, son incompletos (vasos escalariformes y areolados).

El paso de las Criptógamas vasculares á las Gimnospermas se verifica también por el modo de reproducción. Hemos comparado con pormenores una Criptógama vascular con dos clases de esporas (Selaginela) á una planta Gimnosperma (Pino) y hemos encontrado analogías muy evidentes, sobre las cuales es inútil insistir. Además,

hemos demostrado que ciertas Gimnospermas (Cicas, Zamia), tienen anterozoides pestañosos, comparables á los de las Criptógamas vasculares. Es un lazo más entre estos dos grupos.

Las Gimnospermas y las Angiospermas tienen numerosos caracteres comunes en la estructura de su aparato vegetativo; además el modo de reproducción es poco diferente en los dos subtipos, como lo hemos visto.

En resumen, por la evolución de los Vegetales durante las épocas geológicas, por la evolución comparada de las diversas plantas, por las transiciones entre los tipos, se establece bien un encadenamiento, una continuidad entre los organismos vegetales que á primera vista podían parecer desemejantes. Luego los Vegetales, como los Animales, forman un conjunto en el que se puede seguir el perfeccionamiento progresivo de los organismos.

RESUMEN

Evolución de los vegetales durante las épocas geológicas. — Se pueden distinguir tres periodos en la historia de la vegetación :

1° *La era de las Criptógamas vasculares*, que corresponde á los tiempos primarios y que presentaba especies desaparecidas hacia fines de los tiempos primarios ó principios de los secundarios.

2° *La era de las Gimnospermas*, que daba principio hacia fines de los tiempos primarios y se terminaba con el período jurásico.

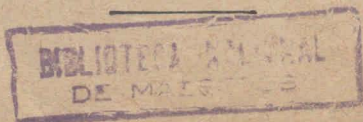
3° *La era de las Angiospermas*, que comienza hacia fines de los tiempos secundarios y que se distingue por un gran desarrollo de las Dicotiledóneas.

Encadenamiento del mundo vegetal. — Es posible establecer transiciones entre los cuatro tipos : Taliofitas, Muscíneas, Criptógamas vasculares y Fanerógamas.

Entre las Taliofitas y las Muscíneas se pueden citar las Hepáticas, cuyo aparato vegetativo es comparable al de las Algas y cuyo modo de reproducción es el mismo que el de los Musgos.

Entre las Muscíneas y las Criptógamas vasculares existe una alternación idéntica entre la forma sexual (huevo) y la asexual (esporas).

Las Criptógamas vasculares y las Gimnospermas (Fanerógamas) tienen raíces y vasos. Además, su modo de reproducción es comparable (Selaginela y Pino).



ÍNDICE

ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA VEGETALES

CAPÍTULO PRIMERO. — Caracteres generales de los vegetales.

La célula y los tejidos.	1
La célula vegetal; el protoplasma; la membrana; modificaciones de la membrana.	2
Los tejidos vegetales; Origen de la planta; diferenciación celular y tejidos; el parenquima; tejido fibroso; tejido vascular.	5
Los grandes grupos del reino vegetal; clasificación; los cuatro grandes tipos.	9

ESTUDIO DE UNA PLANTA CON FLORES

Las funciones vegetales; la nutrición y la reproducción . . .	14
---	----

PRIMERA SECCIÓN. — LAS FUNCIONES DE NUTRICIÓN

Los miembros de una planta.	15
-------------------------------------	----

CAPÍTULO II. — La raíz.

Caracteres exteriores; pelos absorbentes; el casquete; crecimiento en longitud; ramificación de la raíz; raicillas; raíces adventicias; dirección de las raíces; diferentes formas de raíces; estructura primaria de la raíz; extremo de la raíz; nacimiento de las raicillas.	16
Funciones de la raíz; la raíz es un órgano de fijación; la raíz es un órgano de absorción; la raíz conduce la savia; funciones generales.	26

CAPÍTULO III. — El tallo.

Caracteres exteriores; generalidades; crecimiento en longitud; ramificación del tallo; dirección del tallo; diferentes clases de tallos.	32
--	----

Estructura primaria del tallo; paso de la raíz al tallo; extremo del tallo.	39
Funciones del tallo; el tallo conduce la savia bruta y la savia elaborada; el tallo es un órgano de sostén; el tallo es un órgano asimilador; el tallo es un órgano de reserva. . . .	42
CAPÍTULO IV. — Las formaciones secundarias en el tallo y en la raíz.	
Formaciones secundarias del tallo; capa generadora interior ó cambio; capa generadora exterior.	46
Formaciones secundarias de la raíz; papel de las formaciones secundarias.	50
CAPÍTULO V. — La hoja.	
Caracteres exteriores de la hoja; diferentes partes de la hoja; diferentes formas de hojas; las nervuras; modificaciones de las hojas según el medio; dirección de las hojas; movimientos de las hojas; sueño de las hojas; duración y caída de las hojas.	53
Estructura interior de la hoja; estructura del peciolo y del limbo; estomas; variaciones de la estructura con el medio.	63
Funciones de la hoja; la clorofila; transpiración; asimilación clorofilica; respiración; resistencia á la asfixia y fermentaciones; resultados de la asimilación y de la respiración.	67
CAPÍTULO VI. — La nutrición en los vegetales.	
Materias nutritivas.	81
<i>Plantas con clorofila.</i> Alimentos tomados en el suelo, alimentos minerales; beneficio, laboreo y abono; fijación del nitrógeno en el suelo; circulación de la savia bruta.	81
Alimentos tomados del aire; función clorofilica; transformación de la savia bruta en savia elaborada; circulación de la savia elaborada.	85
<i>Plantas sin clorofila.</i> Plantas parásitas; plantas humícolas; simbiosis.	87
<i>Materias de reserva.</i> Hidratos de carbono, materias grasas; albuminoides; digestión de las materias de reserva.	90
<i>Eliminación.</i> Células secretorias, canales secretorios	92

SEGUNDA SECCIÓN. — FUNCIONES DE REPRODUCCIÓN

Multiplicación vegetativa y reproducción.	97
CAPÍTULO VII. — La flor.	
<i>Caracteres exteriores de la flor;</i> las diferentes partes de la flor; diagrama; la flor es un conjunto de hojas modificadas; inflorescencia.	100

<i>Estructura de la flor</i> : cubiertas florales; cáliz; corola.	104
Aparato reproductor; estambres; pistilo.	106
<i>Función de la flor</i> ; fecundación; polinización; germinación del polen y desarrollo del tubo polínico; formación del huevo.	115

CAPÍTULO VIII. — Desarrollo del huevo. El fruto y la semilla.

La germinación.

Transformación del óvulo en semilla; formación del albu- men; modificaciones de la nucela y de los tegumentos.	121
La semilla madura; estructura de la semilla.	123
El ovario da el fruto; estructura del fruto; frutos secos; frutos carnosos; diseminación de los frutos.	125
Germinación de la semilla; condiciones interiores; condiciones exteriores; fenómenos morfológicos de la germinación; fenómenos fisiológicos de la germinación; vida paralizada y vida activa; plantas anuales y vivaces.	128

CAPÍTULO IX. — Las Gimnospermas.

Caracteres generales; reproducción de las Gimnospermas; pistilo y óvulo.	135
---	-----

CAPÍTULO X. — Reproducción en las Criptógamas.

Criptógamas vasculares; formación de las esporas; esporan- gio; germinación de las esporas; protalio; órganos repro- ductores: anteridio y arquegono; formación y desarrollo del huevo; colas de caballo; licopodio; selaginela; compa- ración de las Fanerógamas con las Criptógamas vasculares.	140
Los Musgos; formación de las esporas; esporogono; germina- ción de las esporas; protonema; órganos reproductores: anteridio; arquegono; formación y desarrollo del huevo.	147
Las Taliofitas; caracteres generales; Algas; Hongos; Líquenes.	151

CAPÍTULO XI. — Idea de la evolución de los vegetales.

Evolución de los vegetales durante las épocas geológicas; encadenamiento del mundo vegetal.	161
--	-----

CURSO ELEMENTAL

DE

ESTUDIOS CIENTÍFICOS

Física, por J. LANGLEBERT. Edición enteramente refundida, aumentada con muchos capítulos sobre las nuevas aplicaciones de la electricidad, y puesta al corriente de los progresos más recientes de la ciencia, hasta 1910 y seguida de problemas y soluciones. Obra adornada con 466 grabados. 1 t. 12. *Tela*.

Química (Notación atómica), por J. LANGLEBERT. Edición enteramente refundida, en lo tocante á la Química orgánica y al Análisis químico, conforme á los programas de 1910. Obra adornada con 220 grabados, y 18 páginas en cromolitografía que comprenden los cuadros analíticos de las principales sales minerales caracterizadas por los colores de los precipitados que dan sus disoluciones con los reactivos. 1 t. 12. *Tela*.

Historia natural, por J. LANGLEBERT. Anatomía y fisiología vegetales. — Geología y paleontología. — Higiene. *Novísima* edición enteramente refundida con más de 700 grabados y dos iluminados. 1 t. 12. *Tela*.

Aritmética teórica y práctica (Tratado de), para uso de las Escuelas normales de Profesores y Profesoras, de las Escuelas primarias superiores, de la enseñanza secundaria moderna y de señoritas. Obras escrita en francés por LEYSENNE, Inspector general honorario de la Instrucción pública, Presidente de la Asociación de los miembros de la Enseñanza. Traducida de la 13ª edición, por Anizar, profesor de matemáticas y autor de varias obras. 1 t. 12. *Tela*.

Álgebra simplificada ó Elementos de álgebra, por BOVIER LAPIERRE. Conteniendo la resolución de las ecuaciones de 1º y 2º grado, la teoría de las progresiones y logaritmos; con una colección de problemas. 1 t. 12. *Tela*.

Cosmografía (Lecciones de) ó Elementos de astronomía, por BRIOT, profesor en la Facultad de ciencias, maestro de conferencias en la Escuela normal superior. Obra adornada con 117 grabados. 1 t. 12. *Tela*.

Mecánica elemental (Curso de) para uso de los aspirantes al bachillerato en ciencias y de los candidatos á las escuelas naval, especial militar, y de montes, de Francia, por E. COMBETTE. 1 t. 12 con 233 grabados. *Tela*.

Topografía, geodesia (Curso completo de) y Principios astronómicos para sus aplicaciones á la geodesia, por R. V. LIMELETTE, ingeniero, antiguo comandante de plana mayor de ingenieros. 1 t. 12, con 131 grabados. *Tela*.

CURSO DE ESTUDIOS DE LAS ESCUELAS CRISTIANAS

por G. M. BRUÑO

Álgebra (*Elementos de*). 1 t. 12. *Tela de color.*

Aritmética, Curso elemental. 1 t. 12. *Holandesa.*

— *Libro del maestro.* 1 t. 12.

Aritmética, Curso medio. 1 t. 12. *Holandesa.*

— *Libro del maestro.* 1 t. 12.

Aritmética, con algunas nociones de álgebra (*Elementos de*),
correspondiente á los curso medio y superior. 1 t. 12.
Tela de color.

— *Libro del maestro.* 1 t. 12. *Tela de color.*

Geometría (*Elementos de*) para la Enseñanza secundaria y
Escuelas preparatorias. 1 t. 12. *Tela de color.*

— *Libro del maestro.* 1 t. 12. *Tela de color.*

Geometría analítica y cálculo infinitesimal (*Elementos de*)
1 t. 8. *Tela de color.*

Taquigrafía comercial (*Manual práctico de*). 1 t. 8°. *Holandesa.*

Teneduría de libros (*Curso elemental de*), con nociones de
correspondencia mercantil y numerosos ejercicios prácticos. 1 t. 12. *Tela de color.*

— *Libro del maestro.* 1 t. 12. *Tela de color.*

Trigonometría rectilínea y esférica (*Elementos de*). 1 t. 12.
Tela de color.

ACHILLE (V. A.). Tratado teórico y práctico de metodología.
(Edición revisada y aumentada). 1 t. 8°. *Tela.*

E. CAUSTIER

HISTORIA NATURAL APLICADA

Versión del francés por el Doctor **Jesús Díaz de León**, profesor de Historia de las Ciencias en la Escuela Normal Preparatoria.

Obras ilustrada con 263 láminas.

1 t. 12. Tela de color, con relieves en blanco.

CARTILLA DE HIGIENE

(Profilaxis de las Enfermedades transmisibles)

Obras con muchas láminas escrita para la enseñanza primaria

Por el **D^r Luis E. RUIZ**

PREMIADA POR LA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

1 tomo 12. Holandesa, cubierta ilustrada.

Doctor BARAJAS

MANUAL DE MEDICINA USUAL

ELEMENTOS DE MEDICINA Y CIRUGÍA DE URGENCIA

AL ALCANCE DE TODAS LAS PERSONAS

PRINCIPIOS DE ANATOMÍA, FISIOLOGÍA, PATOLOGÍA

TERAPÉUTICA É HIGIENE

Con gran número de figuras.

1 tomo 12. Holandesa, cubierta cromo.

FORMULARIO
DE LA
FACULTAD MÉDICA MEXICANA
FORMADO

Por el D^r Guillermo **PARRA**

CUARTA EDICIÓN

EN COLABORACIÓN CON EL D^r EDUARDO FRITSCH

Conteniendo : Índice de los términos técnicos y de las enfermedades con su explicación en lengua vulgar.

1 tomo 8°. Tela de color.

LA GIMNASIA SUECA
MANUAL DE GIMNASIA RACIONAL

Al alcance de todos y para todas las edades

POR

L. G. KUMLIEN

Médico gimnasta de Estocolmo y profesor en París

y **Emile ANDRÉ**

1 tomo 12. Holandesa con más de 200 láminas.

MANUAL DE GIMNASIA EDUCATIVA

Obra escrita para servir de texto y guía
a los maestros de las escuelas primarias de uno y otro sexo

POR

VELÁZQUEZ ANDRADE

Profesor de gimnasia sueca, graduado en el « Instituto Posse »
de Boston

1 tomo 4°. Holandesa cubierta ilustrada.

