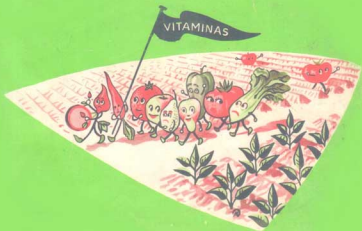




BIOLOGIA

*Curso
Preuniversitario*



B I O L O G I A

CURSO PREUNIVERSITARIO

BIOLOGIA

por

P. LEGORBURU, S. M.

P. ZUAZO, S. M.

(Lcdos. en C. Naturales)

EDICIONES S. M.

General Tabanera, 39. — MADRID-19

- Edita EDICIONES S. M.
- Derechos reservados.
- Con las debidas licencias.
- D. legal: M. 14.135. Registro n.º 5.412
- IMPRESO EN ESPAÑA - Printed in Spain.
Novograph, S. L. Madrid.

PROLOGO

Siguiendo el temario propuesto oficialmente para el Curso Preuniversitario, hemos redactado este Manual con una orientación didáctica acomodada a los alumnos a que se destina.

No hemos perdido de vista nuestro criterio de que el libro de texto es tan sólo un auxiliar del profesor y no un sustituto; y que, por tanto, su papel es el de recordar y mantener siempre a mano lo esencial de las explicaciones del maestro, para revivirlas y utilizarlas en cualquier momento.

Pero, además, tampoco hemos olvidado que a medida que los alumnos son mayores y tienen más formación y más ansias de saber, disminuye la necesidad de profesor y aumenta la transcendencia del trabajo personal del alumno. Por eso debe disponer de manuales más detallados y completos, en los cuales encuentre desarrollados aquellos puntos de estudio que el profesor no tiene tiempo de exponer o no lo cree necesario por ser de fácil asimilación.

Por otra parte, en el Preuniversitario se precisa tratar los asuntos con cierta altura científica para que el salto a las enseñanzas universitarias no sea después demasiado brusco, pero sin abandonar tampoco cierto carácter de elementalidad y síntesis de lo estudiado en el bachillerato sobre la materia, máxime tratándose de la Biología, que es asignatura obligada para los alumnos de Letras, menos preparados para asimilarla.

Por todo lo cual, hemos seguido en la redacción de este libro un criterio ecléctico en cuanto a la extensión de la materia y a su profundidad; ni tan amplio que resulte farragoso, ni tan escueto o difícil que exija continuas explicaciones o ampliaciones por parte del profesor.

Nos hemos limitado a desarrollar los temas propuestos por los cuestionarios oficiales y hemos seguido con bastante fidelidad el programa de orientación propuesto para los alumnos libres. Sólo en dos o tres casos

hemos añadido algo al margen del mismo para suplementar algún tema que quedaba incompleto.

A todo ello hemos añadido una notable colección de más de 100 Prácticas elementales de Biología, fáciles de realizar con escasos medios.

Con todos estos elementos pueden los alumnos del Curso Preuniversitario salir de los estudios medios con una buena síntesis de los temas más interesantes de la Biología moderna, más que suficiente para fundamentar cualquier tipo de estudios que sigan ulteriormente.

LOS AUTORES

CUESTIONARIO DE BIOLOGIA DEL PREUNIVERSITARIO

(Boletín Oficial del Estado del 28 de agosto de 1963)

1. Biocatalizadores. Enzimas. Hormonas. Vitaminas y oligoelementos.
2. Morfología y fisiología de la célula vegetal y animal.
3. La estructura de los seres pluricelulares: elementos de histología animal y vegetal.
4. El medio interno en la escala animal y en el hombre: la sangre y los grupos sanguíneos.
5. Los fenómenos de la nutrición. Anatomía funcional del aparato digestivo humano: la digestión.
6. El metabolismo intermediario. Los ciclos metabólicos: metabolismo de las sustancias plásticas y energéticas.
7. Los ciclos del carbono y del nitrógeno en la naturaleza: otros ciclos vitales.
8. La respiración y el sistema respiratorio humano. Fisiología de la respiración.
9. La circulación y el sistema respiratorio humano. Fisiología de la circulación sanguínea y linfática.
10. Los fenómenos de la reproducción: nociones de embriología.
11. Elementos de genética humana. Anomalías hereditarias.
12. Nociones de Ecología vegetal y animal.
13. Elementos de bacteriología y virología. Profilaxis general de las enfermedades infecciosas.
14. Elementos de inmunología.

NOTA.—En el desarrollo de este Cuestionario hemos seguido casi literalmente el Programa Oficial elaborado por el Centro de Orientación Didáctica.

PRELIMINARES

La materia viva.

Hasta el primer tercio del siglo XIX se creyó que los seres vivos estaban constituidos por una materia especial, propia de ellos, animada por una fuerza misteriosa: la fuerza vital. Pero los estudios químicos posteriores demostraron que la materia viva está compuesta, en último término, por los elementos químicos ordinarios.

La materia viva o **protoplasma** es una masa fluida de consistencia variable, constituida por una gran variedad de sustancias en estado coloidal y otras disueltas en el agua. La mayor parte son sustancias orgánicas, es decir, que contienen carbono. Todas ellas tienen gran complejidad y están en continua reacción, de modo que la materia viva es un auténtico laboratorio químico. Precisamente esta actividad química es el reflejo más visible de la presencia de la vida.

Composición química de la materia viva.

Dada la complejidad de constitución de los seres vivos, parece a primera vista que el número de elementos químicos integrantes de los mismos debiera ser muy crecido.

No obstante, el análisis demuestra que del centenar de elementos que se agrupan en el sistema periódico, sólo unos doce entran constantemente en la constitución de la materia viva, por lo que reciben el nombre de **bioelementos**; son los siguientes:

C, O, H, N, S, P, Cl, K, Na, Mg, Fe, Ca.

Hay otros elementos que sólo son imprescindibles para algunos organismos. Así, las algas marinas necesitan **yodo**; los crustáceos y moluscos, **cobre**; las diatomeas, **silicio**, etc.

Y por fin, hay otros elementos que se hallan en cantidades casi infinitesimales (menos del 1 por 1.000 en conjunto). Se llaman **oligoelementos**. Realizan una acción estimulante y con frecuencia son también necesarios para determinados organismos. Algunos de ellos son: F, Br, Ba, Zn, Co, etc.

En todos los casos los elementos biogénicos se asocian entre sí formando compuestos llamados principios inmediatos, cuyas moléculas están formadas por centenares de átomos. Por eso, las reacciones químicas que se producen en la materia viva son de una gran complejidad.

Principios inmediatos.

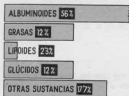


Fig. 0-1.—Proporción media de los principios inmediatos en los seres vivos.

Son el resultado de las combinaciones químicas entre los elementos biogénicos. Pueden definirse diciendo que son **los cuerpos que pueden obtenerse de los compuestos orgánicos por medios físicos** (destilación, filtración, disolución), sin destrucción de sus edificios moleculares.

Unos son de **naturaleza inorgánica**, como el agua y las sales minerales (sal común...); los más son de **naturaleza orgánica**, como los glúcidos, lípidos y prótidos. Su proporción en los seres vivos es muy variable (figura 0-1).

Agua.

El **agua** se halla en gran proporción en la constitución de los seres vivos. Sin ella no es posible la vida.

- Abunda más en los seres acuáticos: las medusas, el 95 por 100; el hombre, sólo el 60 por 100.
- Depende también de los diversos periodos de la vida de los organismos: en los primeros estados embrionarios el 90 por 100 es agua; después disminuye paulatinamente.
- También varía dentro del mismo organismo de unos órganos a otros: el esqueleto, el 22 por 100; la corteza cerebral, el 85 por 100 (fig. 0-2).

El agua puede encontrarse:

- 1.º **Libre**: como disolvente general, conteniendo diversas sustancias minerales y orgánicas. En este estado se halla en las vacuolas de las células.
- 2.º **Combinada** químicamente con ciertos cuerpos, como los prótidos: **agua de constitución**.
- 3.º **Retenida** por adsorción en ciertas sustancias integrantes del citoplasma celular (**agua de imbibición**).

Es importantísimo el papel del agua en los seres vivos:

1. El agua, al ser un buen disolvente, permite un gran número de reacciones en su seno. También en este aspecto es el vehículo de transporte, tanto para la asimilación de las sustancias alimenticias como para la eliminación de sustancias de desecho.
2. Pérdidas notables de agua producen graves trastornos en los seres vivos: retardo de fenómenos vitales, fenómenos de enquistamiento (*Protozoos* y *Rotíferos*) y esporulación (*bacterias*), etc.

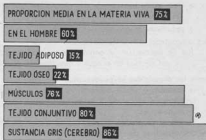


Fig. 0-2. — Proporción de agua en la materia viva, en el hombre y en los principales tejidos del cuerpo humano.

- Mantiene el sistema coloidal de la materia viva.
- Regula la temperatura por su gran capacidad calorífica.
- El agua al disociarse ($H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$), aunque sea en pequeñísima proporción, es una fuente de hidrogeniones (H^+), de los que depende el pH del protoplasma celular y de los líquidos que regulan la vida de los organismos. Este hecho tiene una gran importancia fisiológica.

Sales minerales.

Son, principalmente, **cloruros** de metales alcalinos, **carbonatos**, **sulfatos**, **fosfatos**, etc., de Ca, Mg, Fe, Zn y otros metales.

En los seres vivos las sales minerales abundan poco, excepto en los tejidos de poca vitalidad, como el sistema óseo.

Glúcidos o hidratos de carbono.

Los glúcidos son sustancias ternarias formadas por C, H y O. Con frecuencia el H y el O están en la proporción de formar agua (fig. 0-3). Por eso se les llama *hidratos de carbono*.

Según el número de átomos de carbono se pueden clasificar en monosas, diosas, pentosas, exosas, etc.

Citaremos como más importantes las pentosas (cinco átomos de C) y las exosas (seis átomos).

Entre las pentosas tienen interés la **ribosa** y su derivado, la **desoxirribosa**, que forman parte de los ácidos nucleicos, esenciales en la constitución de la materia viva.

Las **exosas** o monosacáridos son muy importantes. Se polimerizan fácilmente, originando los disacáridos y los polisacáridos. Todos ellos constituyen los azúcares, tan importantes en la alimentación.

Los monosacáridos más importantes son:

la **glucosa**, azúcar de uva. Se encuentra en el jugo de uva, miel y en muchos frutos maduros, raíces, sangre...

Tiene sabor dulce y es soluble en el agua.

la **fructosa**: se halla, unida a la glucosa, en la miel y en las frutas.

la **galactosa**: se encuentra en la leche.

Sus propiedades más interesantes son:

que se polimerizan y originan otros muchos glúcidos y que son solubles en el agua y directamente asimilables.

Entre los **disacáridos** se pueden citar:

la **sacarosa** o azúcar corriente;

la **lactosa** o azúcar de la leche;

la **maltosa**, etc.

Tienen la propiedad de **hidrolizarse**, descomponiéndose en dos moléculas de monosacáridos.

Entre los **polisacáridos**, son los más importantes:

el **almidón**: se elabora en los cloroplastos de los vegetales y abunda en los frutos y semillas de las plantas.

el **glucógeno**: es el almidón animal. Se encuentra en el hígado, sobre todo, y constituye la reserva hidrocarbonada de los animales.

la **celulosa**: abunda mucho en los vegetales, constituyendo la membrana de sus células.

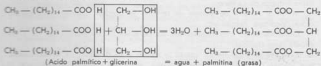
En general, los glúcidos constituyen para los organismos la principal fuente de energía y la más importante reserva alimenticia.

Lípidos.

Los principales son: las **grasas** y los **lipoides**; ambos son compuestos ternarios formados por **O**, **H** y **C**. Su papel más importante en los organismos es el de servir de reservas energéticas.

Las grasas están formadas por un ácido graso y un alcohol, la glicerina.

Así, la **palmitina** (grasa) se forma:



El proceso contrario (descomponer un lípido en ácido graso y glicerina) se llama **saponificación** y se realiza en los organismos mediante fermentos apropiados (lipasa).

Los prótidos.

Son sustancias cuaternarias formadas por **C**, **H**, **O** y **N**, a los que se añaden con frecuencia azufre (**S**), fósforo (**P**), hierro (**Fe**), etc. Los dos elementos más característicos son el **C** y el **N**.



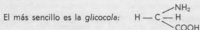
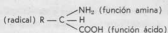
Fig. 0-3.—Si calentamos un trozo de azúcar desprende agua y queda carbón.

Los *prótidos* son los *constituyentes fundamentales* de la *materia viva* y los *compuestos de constitución más compleja*. Forman el *armazón* de los *edificios celulares* y en su seno se realizan las *reacciones químicas características* de la vida.

Algunas de sus *propiedades*, de gran interés biológico, son las siguientes:

- Las **proteínas** están formadas por **aminoácidos** que se unen formando **peptonas** y **polipéptidos**. Pueden experimentar **hidrólisis**, reduciéndose en orden inverso hasta reducirse de nuevo a **aminoácidos**, forma sencilla en que son asimilables por los organismos.

Los aminoácidos tienen como fórmula general:



- Cada especie animal o vegetal elabora proteínas propias y específicas diferentes de las demás especies. Esto tiene gran importancia en los casos de *inoculaciones* o *injertos* de órganos.
- Las *disoluciones* de las proteínas en agua tienen carácter *coloidal*, debido al enorme tamaño de sus moléculas.

Entre los *prótidos* más conocidos podemos citar: las **albúminas**: *ovoalbúmina* de la clara de huevo; *lactoalbúmina* de la leche; el **fibrinógeno** del plasma sanguíneo, la **colágena** de cartilagos, huesos y tendones, la **queratina** de la piel, la **hemoglobina** de la sangre, la **hemocianina** de la sangre de los *Invertebrados*, la **clorofila** de los vegetales, etc.

Y por fin citaremos, por su importancia en la *Citología*, los **nucleoproteidos**. Su componente fundamental son los **ácidos nucleicos**, que constan de **ácido fosfórico**, una **pentosa** y algunas **bases nitrogenadas**. Los dos **ácidos nucleicos** importantes son: el **ácido ribonucleico** (ARN) —**ácido fosfórico**, **ribosa** y varias **bases nitrogenadas**— y el **ácido desoxirribonucleico** (ADN) —**ácido fosfórico**, **desoxirribosa** y **bases nitrogenadas**—. Este ácido es el componente fundamental de los *chromosomas*, de las *células* y de los *genes*.

El sistema viviente.

Como se ve, la *materia viva* está formada de un sistema organizado de *sustancias* que por sí mismas no son *vivientes*, sino *simples cuerpos químicos*. Lo que tiene vida es el sistema como un todo. Si se deshace o deteriora el sistema, desaparecen las *manifestaciones vitales* y se reduce todo a *materia inerte*. La *vida*, desde el punto de vista biológico, resulta, pues, de la *actividad química* de este sistema organizado de *sustancias* que es el *protoplasma*. En esas *reac-*

ciones químicas unas veces se libera energía, otras se absorbe, para la síntesis de diversas sustancias o para producir trabajo. En definitiva, la vida va siempre acompañada de manifestaciones energéticas.

La **Biología** es la ciencia que estudia la vida y los fenómenos vitales. Es decir, que se ocupa de los seres vivos en general y de los fenómenos que en ellos se realizan.

Propiedades de la materia viva.

Pueden citarse como esenciales para diferenciar a la materia viva de la materia inerte las siguientes:

- la irritabilidad o capacidad de reaccionar a los estímulos externos.
- la nutrición o capacidad para incorporar a su materia diversos materiales que permiten el crecimiento y la reparación de las pérdidas experimentadas.
- la reproducción o capacidad de generar nuevas porciones de protoplasma idéntico al suyo.

PRACTICAS

1.ª Las sustancias orgánicas contienen carbono.

Material: Trocitos de carne picada, óxido de cobre, tubo de ensayo, copa con agua de cal, lamparilla.

Práctica: Realizar lo que indica la figura 0-4. El agua de cal se enturbia, lo que demuestra la presencia de CO_2 resultante de la combustión del **carbono**. En el tubo quedan cenizas incombustibles: sales minerales.

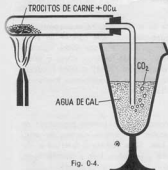


Fig. 0-4.

desprende vapores que se condensan sobre la cazoleta (vapor de **agua**) y queda un residuo negro de **carbón**.

2.ª Hallar la proporción de agua en un trozo de patata.

Material: Tubo de ensayo, vidrio plano, lamparilla, balanza, una patata.

Práctica: Se pesa un trozo de patata. Se introduce y calienta en un tubo seco. Se pesa el residuo. Por una regla de tres se halla el porcentaje de agua. El vidrio sirve para condensar el agua.

3.ª Composición de los hidratos de carbono.

Material: Un tubo de ensayo, una lamparilla, un terrón de azúcar, una cápsula de porcelana (fig. 0-3).

Práctica: Se calienta el azúcar en el tubo,



Fig. 0-5.

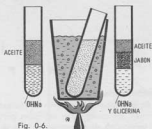


Fig. 0-6.

4.ª Reacción del almidón con el yodo.

Material: Almidón o harina, agua destilada, probeta, tubo de ensayo, foco de calor.

Práctica: Se hierven 0,5 gr. en 50 cm³ de agua. Se tiene así engrudo. Se disuelve 1 gr. de yoduro potásico en 100 cm³ de agua destilada y se añaden 0,05 gr. de yodo.

Se trata el almidón con unas gotas de la solución yodoyodurada y se coloreará de azul. Se calienta y desaparece el color.

5.ª La glucosa es reductora.

Material: Licor de Fehling (soluciones A y B), tubo de ensayo, lamperilla, solución de glucosa (fig. 0-5).

Práctica: Se ponen en un tubo 3 ó 4 cm³ de la solución A y otros tantos de la B. Se añade glucosa y se hierve. El líquido azul se vuelve rojo, precipitándose cobre.

8.ª Saponificación de una grasa.

Material: Lamperilla, trípode, recipiente para ebullición, tubo de ensayo, solución de hidróxido sódico al 20 por 100 (fig. 0-6).

Práctica: Se agiten 5 cm³ de aceite en 5 cm³ de hidróxido sódico; se obtiene una emulsión. El tubo se sumerge en agua hirviendo y se agita de vez en cuando durante media hora. Se enfría y se verán tres capas: una inferior de álcali y glicerina; otra intermedia, semisólida, de jabón; otra superior de aceite inalterado.

9.ª Reacción xantoproteica.

Material: Ácido nítrico concentrado, clara de huevo, hidróxido amónico, lamperilla, tubos.

Práctica: Se añaden unas gotas de NO₃H a 5 m³ de solución de albúmina; hay precipitado blanco. Se calienta y la solución toma color amarillo. Se añade hidróxido amónico y el color se hace anaranjado.

10. Los albuminoides tienen nitrógeno.

Material: Clara de huevo o trocitos de carne, tubo, cal sodada, lamperilla, CIH (fig. 0-7).

Práctica: Se calienta en el tubo la clara y la cal sodada; se desprende amoníaco (NH₃), que indica la presencia de N. Se comprueba por los humos que da con el CIH.



Fig. 0-7.

ENZIMAS Y VITAMINAS

Biocatalizadores.

En el protoplasma viviente se realizan continuamente multitud de reacciones químicas, las cuales están reguladas por numerosos activadores o catalizadores. Por ser propios de la materia viviente se llaman **biocatalizadores**.

Los biocatalizadores son, pues, los catalizadores que actúan en los seres vivos. Es decir, son sustancias orgánicas que modifican la velocidad de las reacciones químicas que se producen en los organismos, generalmente acelerándolas.

Sus principales características son:

- que afectan a la velocidad de la reacción pero no a los productos finales.
- que actúan en cantidades sumamente pequeñas (como unidad de medida se emplea la γ (gamma) = 0,001 de mg.).
- que son específicas, es decir, que solamente influyen en un tipo de reacción, pero no en las otras.
- que no se alteran ni desaparecen durante la reacción.

Con los catalizadores se hacen diversos grupos, aunque la separación entre unos y otros no es muy precisa. Se consideran de modo general, como biocatalizadores las enzimas, las hormonas, las vitaminas y los oligoelementos.

Las enzimas: sus propiedades.

Las enzimas se denominan también diastasas y fermentos y son los biocatalizadores propiamente dichos.

Podemos definir las diciendo que son proteínas dotadas de una acción catalítica específica.

Sus propiedades se deducen de su naturaleza:

1.º Por ser proteínas:

- son sustancias coloidales.
- son termolábiles, es decir, que se destruyen fácilmente con el calor. Necesitan una temperatura óptima que suele estar entre 35° y 40°
- sus moléculas tienen un peso molecular muy elevado.

Experiencias:

1.ª Al engrudo de almidón se le añade saliva y el tubo de ensayo que lo contiene se pone entre hielo (fig. 1-1).

Veinte minutos después se vierten algunas gotas de agua de yodo en el tubo de ensayo. La coloración azul que éste adquiere indica que el almidón no ha sido hidrolizado.

La enzima que contiene la saliva no actúa a baja temperatura.

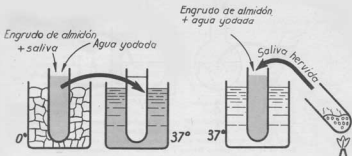


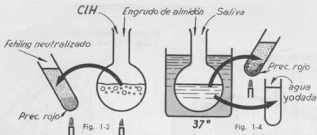
Figura 1-1.

Figura 1-2.

- 2.º Se calienta el contenido del mismo tubo en baño maría a 37º, y se ve que pierde el color azul. Y si después de la decoloración se añaden algunas gotas de agua de yodo, no se colorean (fig. 1-1). Luego el almidón ha sido hidrolizado. La enzima ha actuado a la temperatura óptima.
 - 3.º En un tubo de ensayo se hierve saliva, luego se la deja enfriar a 37º y se la vierte sobre el almidón. El agua de yodo nos indica que el almidón, en este caso, no se hidroliza (fig. 1-2). El calor ha destruido la enzima.
- 2.º Por ser catalizadores:
- actúan en concentraciones muy pequeñas. Así, un gramo de presura o cuajo coagula 400.000 gramos de caseína, o sea unos 10.000 litros de leche.
 - necesitan un medio adecuado para actuar. Así, la ptialina de la saliva actúa sólo en medio básico; la pepsina del jugo gástrico actúa sólo en medio ácido.
 - aceleran la velocidad de la reacción. Así, la catalasa descompone el agua oxigenada a razón de uno a cinco millones de moléculas por molécula de enzima en un minuto y a 0º; o sea, que lo que tardaría en descomponerse sin catalizador meses o acaso años, se descompone por la acción de la enzima, en una fracción insignificante de tiempo.

Experiencias:

- 1.º En un balón se introducen 200 cm³ de engrudo de almidón diluido. Se añaden unos 5 cm³ de ácido clorhídrico y se hace hervir durante una hora. Después se neutraliza con sosa y se hierve con reactivo Fehling. Aparece un precipitado rojo, que indica la presencia de la glucosa. El almidón ha sido, en parte, hidrolizado en glucosa (fig. 1-3). El ácido clorhídrico ha catalizado la hidrólisis, pues, en efecto, no interviene directamente en la reacción y actúa en dosis pequeña. Sin embargo, ha sido necesaria una elevación considerable de temperatura y mucho tiempo.



2.º En otro balón se introducen 200 cm³ de engrudo de almidón diluido y un poco de saliva con unas gotas de una base. El balón se mantiene a la temperatura de 37° durante quince minutos en un baño maría (fig. 1-4).

Después se añade reactivo Fehling y se obtiene un precipitado rojo de óxido cuproso, lo cual indica que se ha producido un azúcar reductor.

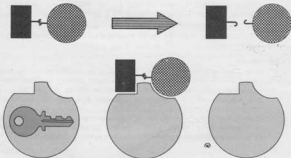
Se prueba con la solución yodo-yodurada y no da coloración azul; ya no hay almidón. En este caso el azúcar es la maltosa $C_{12}H_{22}O_{11}$.

La saliva ha catalizado la hidrólisis del almidón, pero a una temperatura relativamente baja, compatible con la vida, y en un tiempo muy corto. Por tanto, la saliva es un catalizador mucho más activo que el ácido clorhídrico. La enzima contenida en la saliva es la ptilina.

3.º Por ser específicas:

- sólo catalizan una clase de reacciones. Es decir, que "una enzima es una llave que sólo se adapta a una cerradura y sólo abre una puerta" (fig. 1-5).
- en cada célula actúan multitud de enzimas, ya que una sólo influye en una reacción. En una célula puede haber más de mil diferentes.

Fig. 1-5.—En la parte superior del gráfico se representa la reacción que se trata de realizar: romper la molécula completa de la izquierda en dos partes. En la parte inferior se simboliza la acción de la enzima: actúa como una llave que se acomoda a ese tipo de molécula como la llave a la cerradura; sólo sirve para romper esa molécula en sus dos partes. Una vez realizada la operación, la enzima queda libre para actuar de nuevo; es decir, que no se gasta.



Experiencias:

En un tubo de ensayo se forma una mezcla de una solución de sacarosa y de saliva, y se calienta a 37° en baño maría durante varios minutos. Se comprueba luego que el contenido del tubo no reduce al reactivo Fehling, lo mismo que si se hubiese calentado sacarosa pura y licor de Fehling (figura 1-6). Por tanto, no ha habido hidrólisis de la sacarosa; luego la ptialina no actúa sobre la sacarosa, solamente sobre el almidón.

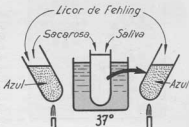


Fig. 1-6

Diferentes clases de enzimas.

Las enzimas son muy numerosas. Elementalmente las podemos clasificar en dos grandes grupos: *hidrolasas* y *desmolasas*.

1.º **HIDROLASAS:** Actúan sobre las sustancias orgánicas fijando moléculas de agua. Pueden ser:

- a) **carbohidrasas:** son las que actúan sobre los hidratos de carbono, como la amilasa, que hidroliza el almidón y el glucógeno. (La ptialina es una amilasa); la sacarasa, que hidroliza el azúcar ordinario dando glucosa y fructosa; la lactasa, que actúa sobre el azúcar de la leche dando glucosa y galactosa, etc.
- b) **lipasas:** hidrolizan a las grasas o ésteres de glicerina descomponiéndoles en un ácido graso y glicerina. Ej.: la lipasa pancreática, que actúa en el intestino.
- c) **proteasas:** son las diastasas propias de los prótidos. Ej.: la pepsina del jugo gástrico y la tripsina del jugo intestinal.
Son muy numerosas en el interior de las células (proteasas endocelulares).

2.º **DESMOLASAS:** Son las enzimas que descomponen o desmoronan las moléculas orgánicas rompiendo los enlaces de sus cadenas de átomos. De ordinario liberan gran cantidad de energía.

Pueden distinguirse tres tipos de enzimas:

las deshidrogenasas, que liberan hidrógeno.

las oxidasas, que activan el oxígeno liberándolo en estado atómico.

las descarboxilasas, que rompen los grupos carboxílicos liberando CO₂.

Estas enzimas se llaman enzimas respiratorias porque intervienen en los fenómenos de respiración de los seres vivos. Actúan conjuntamente y como resultado final producen CO₂, H₂O y desprenden energía.

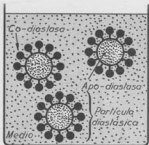


Fig. 1-7

Constitución de las enzimas.

Se ha conseguido obtener diastatas **cristalizadas**: la pepsina, la tripsina, etc., así como también algunas diastatas **sintéticas**. Y se ha comprobado que en toda diastata hay (fig. 1-7):

- Un **soporte coloidal proteínico** formando micelas (apodiasfata).
- Un **elemento activador** generalmente mineral (co-diasfata) fijado sobre la apodiasfata.

Las vitaminas: su descubrimiento.

Un hombre o un animal que se alimentara solamente de alimentos químicamente puros, en breve tiempo perdería la salud y moriría. Esto quiere decir que los alimentos puros, como el azúcar de remolacha, el tocino o grasa de reserva, la caseína separada de la leche, etc., aunque se digieran y pongan en circulación, no son asimilados por sí solos, y el organismo se debilita.

Las poblaciones de Rusia septentrional, los exploradores de las regiones polares, los marinos de los barcos de vela, etc., obligados a alimentarse en los largos inviernos, o en sus viajes con carne conservada en sal o bien cocida, con legumbres secas, con galletas, etc., sufrían en el pasado una grave enfermedad, llamada **escorbuto**, que se manifiesta por hemorragias bajo la piel y en las encías, caída de los dientes, lesiones en los huesos, profundo enflaquecimiento, pérdida de fuerza, y con el tiempo conducía a la muerte. Pero si a los alimentos en conserva se añadía un poco de verdura fresca o de jugo de limón, la enfermedad se detenía y se llegaba pronto a la curación.

Por tanto, deben existir ciertas sustancias que regulan la asimilación y el metabolismo de los alimentos y que se encuentran en los alimentos frescos, especialmente de naturaleza vegetal.

Esas sustancias fueron descubiertas al principio de nuestro siglo. Funk (1912) les dio el nombre de **vitaminas**, o sea, **aminas de la vida**, ya que se creía que contenían el nitrógeno a la manera de las aminas.

Sus características generales son:

- **No tienen nombre propio**, salvo algunas; en la práctica se designan con las letras del abecedario.
- Unas **son solubles** en las grasas (liposolubles) otras en agua (hidrosolubles); esto ha permitido extraerlas y reconocer su composición química. Bastantes se obtienen ya por síntesis.
- **Se forman en las plantas**, de donde los animales deben tomarlas, aunque a veces allí sólo se encuentran en estado de preformación, y entonces se completan en el organismo animal.
- **Actúan en dosis extremadamente pequeñas**, semejándose en esto a los catalizadores químicos.

Es decir, que las **vitaminas** se pueden definir (desde el punto de vista de los animales) como: **biocatalizadores alógenos, necesarios para que se realicen determinadas funciones orgánicas.**

Clases de vitaminas.

La vitamina A o axeroftol.—Antixeroftálmica—antinfeciosa— de crecimiento.

Regula el crecimiento del cuerpo en los niños y jóvenes, evitando el raquitismo; **mantiene la salud en los adultos** y hace al cuerpo resistente a las infecciones. Por el contrario, una deficiencia de vitamina A ($C_{20}H_{30}OH$) baja la resistencia a las infecciones, **detiene el crecimiento**, especialmente en el sistema respiratorio y produce **enfermedades en los ojos**: desecación de la conjuntiva y de las glándulas lacrimales y de Meibomio (xeroftalmía), ceguera nocturna, fotofobia, llegando incluso a la ceguera total.

Se encuentra, sobre todo, en la mantequilla y demás productos lácteos, yema de huevo, aceite de hígado de bacalao, en el hígado de los animales, en los vegetales verdes y coloreados (zanahoria, tomate).

El color natural amarillento de la leche integral, rica en nata y manteca, y de algunos vegetales amarillos, como la zanahoria, es debido a la presencia del **caroteno** ($C_{40}H_{56}$), que es una provitamina A (fig. 1-8). El hombre, y más particularmente la vaca y la gallina, convierten al caroteno en vitamina A.

El complejo vitamínico B.—Ayuda a mantener el rendimiento general del cuerpo.

Por lo menos, doce vitaminas diferentes son incluidas bajo este nombre de "complejo vitamínico B". Las más importantes son:

- **Vitamina B₁ o tiamina** ($C_{12}H_{18}N_4OS$) (fig. 1-8). De una pronunciada deficiencia de vitamina B₁ pueden resultar la pérdida del apetito, el crecimiento irregular, una degeneración adiposa de los nervios, que origina parálisis, y degeneración de la musculatura, constituyendo una enfermedad llamada **beri-beri**, y una condición débil del corazón. Afortunadamente, una dieta variada asegura una suficiencia de esta vitamina, pues se encuentra muy difundida en la naturaleza. Sobre todo se halla en la levadura de cerveza, en la **cáscara de las semillas** y en el **germen del trigo** germinado. Ya que la mayor parte de la vitamina B₁ es eliminada en la molienda del trigo, ahora se recomienda añadir la tiamina a la harina blanca.
- **Vitamina B₂ o riboflavina** ($C_{17}H_{20}N_4O_6$). Parece ser esencial para el **crecimiento** y para el buen estado de la piel y la conservación del cabello; previene enfermedades de los ojos, que traen la pérdida de la visión. Su carencia origina también estomatitis.

Se halla, sobre todo, en el hígado, leche, yema de huevo, levadura y vegetales verdes.

La riboflavina pertenece al grupo de una diastasa llamada diastasa amarilla, que cataliza la oxidación de la glucosa y de otras sustancias en el cuerpo del animal.

- **Vitamina B₃, factor PP. o ácido nicotínico** (C₆ H₅ N O₂). Su ausencia en la dieta pone la lengua negra en los perros, y ocasiona en el hombre una enfermedad llamada **pelagra** o mal de la rosa. Los síntomas de la pelagra son: la lengua y la boca con llagas o úlceras y lesiones en la piel que esté al descubierto (cara, manos...). Son afectadas también la digestión y la actividad mental, provocando la locura y la desesperación. Pueden reducirse a las tres des: diarrea, dermatitis, demencia.

Interviene en el metabolismo de las proteínas y del azufre, tan importante en la curación de las enfermedades dérmicas.

Como la guerra y la depresión económica restringe la dieta de muchas personas, la pelagra es frecuente en tales tiempos. Esta enfermedad puede presentarse cuando la dieta se limite a pan blanco y, sobre todo, a **pan de maíz**. Por eso es más frecuente en zonas donde se cultiva el maíz (Asturias, Galicia, Valle del Po...)

Si a las personas con pelagra se les suministra leche, carne magra, huevos y vegetales frescos, aceites vegetales o levadura, se observa una notable mejoría.

- **Vitamina B₁₂**. Esta vitamina está relacionada con la producción de glóbulos rojos de la sangre. Puede usarse para el tratamiento de la anemia, y es quizá la más potente sustancia conocida por su actividad fisiológica: 1 microgramo por día (1 por 10⁻⁶ gr.) de vitamina B₁₂ es eficaz en el control de la enfermedad.

Esta vitamina puede ser aislada del tejido del hígado y es también producida por mohos y otros microorganismos. Su molécula contiene cobalto. Este es el único compuesto de cobalto conocido, hasta ahora, en el cuerpo humano.

Vitamina C o antiescorbútica (ácido ascórbico). (C₆ H₈ O₆, fig. 1-8). El **escorbuto** se caracteriza por dolores, rigidez e hinchazón de las articulaciones, hemorragias en las encías y hemorragias internas, caída de los dientes, etc.

Fig. 1-8.



VITAMINA C
SINTÉTICA

VITAMINA B₁
SINTÉTICA

CAROTENO
PROVITAMINA A



ACEITE DE HÍGADO DE BACALAO



HÍGADO



MANTEQUILLA



ALBARICOQUES



TOMATE



SPINACAS

ZANAHORIA



LEVADURA DE CERVEZA



CASARA DE ARROZ

GERMEN DE TRIGO



LEGUMBRES VERDES



FRUTAS



LECHE

VITAMINAS



ACEITE DE HÍGADO DE BACALAO



MANTEQUILLA



HUEVOS



LECHE



CHOCOLATE



LECHE



PESCADO



LIMONES Y NARANJAS



TOMATES



COLIFLOR Y HORTALIZAS

LAS VITAMINAS

Para nombrar las vitaminas se han empleado desde su descubrimiento las primeras letras mayúsculas del alfabeto: **A, B, C, D, ...**, juntamente con el nombre de la enfermedad que produce su carencia. Así, a la **A** se denomina *antixerofáltica*; a la **B**, *antiescorbútica*, etc.

A medida que se ha ido conociendo mejor su composición química, se ha visto que cada tipo de vitaminas no es una sustancia única, sino un complejo de sustancias bastante parecidas y cuya composición química no siempre es fácil de determinar. Y se les ha designado con las mismas letras, pero con subíndices; o bien por sus nombres químicos: **B₁** o *tiamina*, **B₂** o *riboflamina*, **B₃** o *ácido nicotínico*, etc.

En la adjunta lámina se presentan los alimentos corrientes más ricos en los cuatro tipos de vitaminas más conocidos. Como se ve, en su mayoría son productos de origen vegetal, sobre todo los que contienen vitaminas hidrosolubles. La riqueza vitamínica de estos productos es tanto mayor cuanto más al natural se encuentren; es decir, cuanto menos hayan sufrido los efectos del calor, la cocción, la desecación, etc.

Es debido a la ausencia de la vitamina C, que protege el revestimiento de los vasos sanguíneos, y en especial de los capilares.

La vitamina C favorece la constitución de una buena dentadura, ayuda a mantener una salud animosa y tiene alguna sustancia relacionada con la resistencia a las infecciones.

Los mejores manantiales de vitamina C son el limón y la naranja, los tomates, pimientos verdes y rojos y otros vegetales y frutas frescas. El calor y el aire son grandes enemigos de la vitamina C, ya que se oxida fácilmente. Por esta razón, el jugo de naranja, y de uva, deben ser usados mientras están frescos. Los tomates, envasados en frío, conservan la mayor parte de su vitamina C.

Vitamina D o antirraquítica (calciferol) ($C_{27}H_{44}O$). Esta vitamina es un grupo de sustancias de las cuales la D_2 tiene la función específica de promover la fijación del calcio y fósforo en los tejidos, particularmente en los huesos, bajo forma de carbonato y fosfato. Por su ausencia, los huesos de los niños permanecen en gran parte al estado cartilaginoso, se doblan bajo el peso del cuerpo y se origina el raquitismo, con graves deformaciones esqueléticas, como piernas en paréntesis y tórax en quilla.

Sólo una muy pequeña cantidad de vitamina D es necesaria para la salud, aproximadamente 0,01 mg. por día.

Se halla en la mantequilla, en la yema de huevo, en la leche; abunda especialmente en el aceite de hígado de bacalao.

Se cree con razón, que es elaborada por las algas de la superficie de los mares septentrionales durante el verano y en los trópicos durante todo el año, mediante la energía de los rayos ultravioleta del Sol; después es ingerida por los pequeños animales que pululan en las aguas y que se nutren de algas; al fin pasa a los peces, entre ellos al bacalao, que se alimenta de aquellos seres diminutos.

Algunos alimentos son ahora comercialmente irradiados, exponiéndolos a la luz ultravioleta de lámparas especiales para aumentar su cantidad de vitamina D_2 ; así se enriquecen, la leche, huevos, salmonete. Mientras la mayor parte de las vitaminas son inocuas en dosis altas, la vitamina D es nociva cuando se toma en cantidades exageradas.

Vitamina E o de la fecundidad (tocoferol) ($C_{29}H_{50}O_2$). Es esencial para la función reproductora en los machos y en las hembras. Si llega a faltar por largo tiempo, los animales pierden la capacidad de reproducción.

Existe en la carne, germen del trigo, lechuga, en la leche, en la yema del huevo.

Vitamina K o antihemorrágica. Su ausencia produce una coagulación incompleta de la sangre y así tiene lugar una hemorragia continua por las heridas.

Está contenida en las verduras, tomates, en la parte herbácea de los cereales jóvenes, en el hígado de cerdo y en la yema de huevo.

LAS HORMONAS Y LOS OLIGOELEMENTOS

Las hormonas: generalidades.

Las hormonas son biocatalizadores autógenos de acción reguladora.

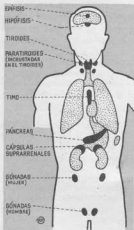
Lo que significa que son producidas por los propios organismos, de ordinario en órganos específicos de secreción interna, y que actúan a modo de mensajeros químicos que son enviados para regular y coordinar la acción de los órganos.

La mayor parte de las hormonas son de origen glandular, como las que se producen en la glándula tiroides, en las cápsulas suprarrenales, etc. Estas glándulas vierten sus productos directamente en la sangre: se llaman glándulas **endócrinas**.

Pero también hay *aglandulares* o *locales*: son las elaboradas por las células de un órgano y actúan solamente sobre él. Ej.: la *histamina* de los tejidos animales y las *cardiohormonas* u hormonas del corazón.

Se pueden citar también las *necrohormonas* tan importantes en los procesos de curación de las heridas.

Y finalmente las *fitohormonas* u hormonas de las plantas, de gran interés en Botánica.



Propiedades de las hormonas.

- 1.º Su composición química es variable: unas son lipoides, otras son proteínas. Bastantes de ellas: *adrenalina*, *cortisona*, *tiroxina*, etc., han sido ya sintetizadas.
- 2.º Por ser catalizadoras intervienen en cantidades sumamente pequeñas. Así la *adrenalina* actúa en nuestro cuerpo con una dilución de una mil millonésima.
- 3.º No son específicas; es decir, que una hormona procedente de una especie animal sirve para otras; así la *insulina* del cordero es tan eficaz para el hombre como para el perro, o para el propio cordero.
- 4.º Cada clase de hormona ejerce su acción característica y provoca siempre la misma

Fig. 2-1.—Las glándulas endócrinas

respuesta en igualdad de condiciones. Se estudia esa acción, ya sea extirpando las glándulas que las producen, ya inyectando extractos de glándula, hormonas sintéticas o bien estudiando los casos patológicos en que disminuye la actividad de una glándula determinada (*hipofunción*) y en el caso de actividad excesiva (*hiperfunción*).

Clases de hormonas.

Estudiaremos con algún detalle las de origen glandular (referidas al hombre) y las fitohormonas:

Las principales glándulas de secreción interna en el hombre son: el tiroides y el paratiroides, el páncreas, las cápsulas suprarrenales, la hipófisis, la epífisis, el timo, el bazo y las gónadas (fig. 2-1).

La tiroxina: está producida por la glándula tiroides situada en la base de la laringe (figura 2-2).

Influye sobre el metabolismo, y el desarrollo del cuerpo, en el desarrollo intelectual y en el carácter de la persona.

La hipofunción (falta de secreción) origina el *mixedema*: cara espesa y pálida (cara de luna llena) aspecto atontado, friolero... También detiene el desarrollo del cuerpo (*enanismo*) y de la inteligencia (*cretinismo*).

La hiperfunción puede provocar el bocio frecuente en las zonas montañosas: Suiza, Vascongadas. Otras veces origina un tipo delgado, activo y violento, de ojos salientes.

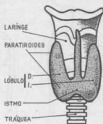


Fig. 2-2.

La paratohormona está producida por las glándulas paratiroides unidas al tiroides. Tiene la propiedad de fijar el calcio. Las anomalías en su funcionamiento originan descalcificación, raquitismo; o bien, violentas contracciones musculares que terminan en asfixia.

La insulina está producida en los islotes de Langerhans del páncreas.

Regula la cantidad de glucosa en la sangre, extrayéndola o depositándola en el glucógeno del hígado. Si no actúa la insulina hay exceso de glucosa en la sangre (más del 1 por mil) y se elimina por la orina. Esta enfermedad se llama *diabetes*; puede llevar a la muerte; se corrige, pero no se cura, con inyecciones de insulina.



Fig. 2-3.—Dos cabritas gemelas. La de la derecha con el tiroides extirpado.

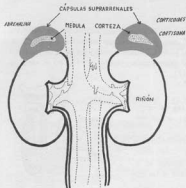


Fig. 2-4.—Las cápsulas suprarrenales.

emociones fuertes (alegría, miedo), que van acompañadas de aceleración cardíaca. Es la hormona de la emoción.

La adrenalina prepara el organismo para un esfuerzo mayor que el normal.

En la zona cortical de las cápsulas suprarrenales se producen otras muchas hormonas llamadas corticoides, cuya insuficiencia origina la enfermedad de Addison o del bronce por la pigmentación que adquiere la piel. Regulan el metabolismo del agua y de las sales. Entre las hormonas corticoides es muy conocida la cortisona, utilizada en la actualidad en medicina, sobre todo para combatir el reuma y el artrismo.

Las hormonas estimulantes, estimulinas o tropas. Se originan en la glándula pituitaria o hipófisis, pequeño órgano del tamaño de una cereza situado en la base del cerebro y localizado en la silla turca del hueso esferoides. Tiene tres lóbulos como se ve en el grabado (fig. 2-5).

Las **estimulinas** se producen en el lóbulo anterior, que se considera como el **centro director** del sistema glandular; regulan y controlan el funcionamiento de las demás glándulas endocrinas: tiroides, gónadas, suprarrenales, etc., y, en general, toda la actividad del organismo.

La hormona del crecimiento (también del lóbulo anterior), regula el armónico desarrollo del sistema óseo. Su hiperfunción provoca el gigantismo en el joven o la acromegalia en el adul-

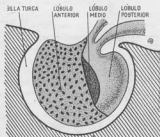


Fig. 2-5.—La hipófisis.

to (espesamiento y alargamiento excesivo de los huesos de cara, pies y manos). Y su hipofunción causa el nanismo hipofisario, que se diferencia del nanismo tiroideo por tener el cuerpo proporcionado y las facultades intelectuales normales.

Las hormonas sexuales. Son elaboradas por las glándulas sexuales masculinas y femeninas. Se denominan en general andrógenos (masculinas) y estrógenos (femeninas). Citaremos entre las masculinas la testosterona y entre las femeninas la foliculina y la progesterona.

Las hormonas sexuales, además de provocar el desarrollo de los órganos propios de cada sexo, determina la aparición de los caracteres sexuales secundarios, es decir, el conjunto de particularidades morfológicas y psíquicas, que distinguen al macho de la hembra.

En la especie humana son propios del hombre: la barba y bigote, la voz grave, el mayor desarrollo muscular y de la cintura escapular, más vigor y fortaleza física, sentido de la independencia, etc. En la mujer: ausencia de barba, mayor crecimiento del pelo, voz fina, más grasa subcutánea, mayor desarrollo de la cintura pelviana, senos desarrollados, más afectividad y abnegación...

Todos estos caracteres aparecen en la pubertad, al desarrollarse las glándulas sexuales.

En los animales sucede algo parecido. Así el gallo se distingue de la gallina por su talla, su cresta derecha y turgente, su plumaje variado y brillante, sus espolones, su ardor combativo y su canto característico (fig. 2-6).

La castración o eliminación de las gónadas, si se realiza en animales muy jóvenes impide la aparición de los caracteres secundarios. Origina, además, una depresión psíquica especial (la que distingue al manso buey del fiero toro). Y disminuye el metabolismo en un 20 %; por lo que se acumula una gran cantidad de grasa en los tejidos. Esta particularidad la aprovecha el hombre para favorecer el engorde de cerdos, pollos, etc., a los que se castra previamente.



Fig. 2-6.—Cabeza y cresta del gallo y de la gallina.

Las fitohormonas.

Las fitohormonas u hormonas vegetales tienen gran importancia en el desarrollo y funcionamiento de las plantas.

Desde 1928 se conoce la **auxina** que más que una hormona es un complejo de hormonas. O si se quiere, la hormona maestra del reino vegetal que regula la actividad de las demás hormonas de las plantas.

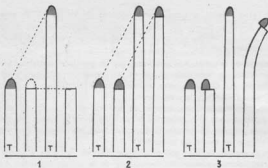


Fig. 2-7.—Influencia de las auxinas en el crecimiento de una planta (avena).
 1. Eliminando la zona terminal, donde residen las auxinas, la planta no crece.
 2 y 3. Cortándola y colocándola de nuevo sigue influyendo en el crecimiento.

Auxina viene del griego *auxos* = crecer, desarrollarse. Interviene en el crecimiento de las células vegetales, inhibe el desarrollo de las yemas axilares, estimula el crecimiento del cambium, regula la floración y la caída de hojas y frutos, etc.

Otras fitohormonas son la tiamina que provoca la división celular y regula el crecimiento de la raíz; la purina, adenina y otras que regulan el crecimiento foliar, etc.

Correlación hormonal.

Las glándulas endocrinas, al producir las hormonas, las vierten en la sangre. La sangre y la linfa las distribuyen por todos los órganos del cuerpo, que quedan así relacionados, constituyendo una unidad fisiológica.

A esta interacción se le denomina **correlación humoral**, que viene a ser la acción mutua de las hormonas entre sí y sobre el funcionamiento de los diversos órganos para atender mejor a las necesidades del organismo.

Ya se ha señalado, al hablar de la **hipófisis**, que esta glándula endócrina es la que lleva la batuta en el concierto de todas las que hay en nuestro cuerpo. En efecto, las "estimulinas" que segrega, activan o estimulan al tiroides, páncreas, cápsulas suprarrenales, gónadas, etc. Pero también sucede lo contrario. Si por cualquier causa una glándula endócrina aumenta su secreción, al punto disminuye la producción de la estimulina correspondiente. Se establece así, entre las glándulas estimuladas, un equilibrio endócrino que se regula automáticamente. Y de esta regulación hormonal resulta la coordinación en el funcionamiento de todos los órganos del cuerpo.

Pero las hormonas no actúan solas: **están íntimamente relacionadas con el sistema nervioso autónomo**, y a través de éste con el **sistema cerebro-espinal**.

Así, un miedo intenso provoca en seguida, no sólo la aceleración del ritmo cardíaco producido por el simpático, sino la abundante secreción de adrenalina, que produce el mismo efecto acelerador y libera gran cantidad de glucosa, que alimenta a los músculos para huir del peligro. Y al mismo tiempo crea un estado emotivo especial que se manifiesta en el rostro, en la palabra, en las funciones intelectuales, etc., dependientes del sistema cerebro-espinal.

En resumen: La regulación de las funciones vegetativas del organismo se verifican así: el sistema autónomo (simpático y parasimpático) actúan sobre los órganos, acelerando o moderando su actividad; pero al propio tiempo actúan sobre las glándulas endócrinas, cuyas hormonas, transportadas por la sangre, producen idéntico efecto, con lo que se refuerza y mantiene éste, y la eficacia es mayor. A su vez, las hormonas actúan sobre otras glándulas y resulta un complejo cuadro de reacciones completamente coordinadas, como las que hemos señalado a propósito del terror.

El organismo es una **unidad fisiológica**, no una pluralidad. Es una máquina maravillosa llena de complejidad, pero estupendamente coordinada, incluso por duplicado, para que su funcionamiento sea el adecuado en todas las circunstancias. Una obra perfecta de Dios, pero que nosotros la estropeamos en algunas ocasiones con nuestros excesos y abusos.

Los oligoelementos y sus acciones dinámicas.

Los elementos biogénicos constituyen el 99,5 % de la materia viva. El resto, 0,5 %, está representado por una treintena de elementos, a los que por su rareza, G. Bertrand los llamó **oligoelementos**.

Cuando un oligoelemento alcanza su concentración óptima en los animales o plantas, ejerce una acción intensa llamada acción oligodinámica. En dosis superior a la óptima, su acción fisiológica suele ser tóxica.

Los más importantes entre los oligoelementos son:

- Fluor:** Se encuentra en casi todos los tejidos vegetales. En los animales predomina en dientes, huesos, pelos y uñas. Influye mucho en la conservación de la dentadura.
- Iodo:** Abunda en las algas, de donde se extrae. Su acción es importante en la glándula tiroidea. Su falta provoca bocio.
- Arsénico:** Se encuentra en todos los tejidos en cantidades vestigiales. Es estimulante del sistema nervioso. Su exceso es mortal.
- Boro:** Se halla en las plantas. Actúa sobre las zonas de crecimiento impidiendo su muerte.
- Silicio:** Abunda en muchos vegetales: Gramíneas, Cyperáceas, y en algunos animales: espículas de Espongiarios, Radiolarios, Diatomeas, etc.
- Cobre:** Es necesario en las plantas; su ausencia provoca la defoliación.
- Manganeso:** Influye en el crecimiento al favorecer la osificación.
- Cinc:** Es corriente en los tejidos vegetales; su ausencia provoca trastornos en la foliación.

MORFOLOGIA CELULAR

Constitución celular de los seres vivos.

En el año 1665, el inglés Robert Hooke, examinando al microscopio la estructura del corcho y otros tejidos vegetales, observó en ellos unas pequeñas cavidades, a las que llamó **células** por su parecido con las celditas de un panal.

Este hecho señala el punto de partida de una larga serie de descubrimientos que revolucionarían la Biología.

Uno de los más notables fue el descubrimiento de Schleiden y Schwann, estableciendo que todos los vegetales y animales están constituidos de células. Otros investigadores perfeccionaron la teoría de aquéllos.

Las tres proposiciones fundamentales de la teoría celular son:

- La célula es la unidad anatómica que integra el cuerpo de los seres vivos.
- La célula es la unidad fisiológica o de funcionamiento; es decir, que la vida del organismo viene a ser la suma coordinada de las vidas elementales de las células que lo forman.
- Toda célula procede de otra célula anterior por división en dos o más partes.

Según esto, podemos definir así la célula: **La célula es la unidad elemental de los seres vivos, dotada de vida propia.**

O bien, es la **unidad anatómica y fisiológica de los seres vivos.**

El protoplasma celular: Su estado físico.

El protoplasma es la materia constitutiva de la célula.

Tiene una consistencia más o menos líquida, como lo prueban una serie de hechos:

- Las células aisladas y en reposo toman forma esferoidal.
- En su seno tienen lugar corrientes diversas.
- Los movimientos de sus vacuolas o huecos, ocupados por líquidos, no dejan tras sí huellas o grietas...

Pero esta consistencia varía enormemente de unas células a otras, e incluso en la misma célula, siendo más fluida en las células embrionarias y en las jóvenes.

El protoplasma de las células constituye un sistema coloidal sumamente complejo, de carácter hidrófilo. Se halla en un estado inestable que varía de sol a gel.



Fig. 3-1.—Formas de las células.

- Su **fase dispersante** es un líquido orgánico especial constituido de agua, prótidos y lípidos.
- Su **fase dispersa** también está constituida de lípidos, prótidos y sales minerales.

Morfología de la célula.

La **forma** de las células es muy variada (fig. 3-1). Las **células aisladas** en reposo, sin envolturas y rígidas, son **esféricas** (leucocitos, amibas...). Pero también son **prismáticas**, como las células epiteliales con chapa, debido a las presiones laterales de unas sobre otras. O bien **poligonales** (epidermis), **arborescentes**, estrelladas, alargadas (fibras), etc.

El **tamaño** de las células es independiente del que tienen los seres de que forman parte. No hay diferencia notable entre las de un ratón, por ejemplo, y las de un caballo. Las **células**, en general, son **microscópicas**, y su tamaño suele oscilar entre 3 y 50 micras. Sin embargo, hay células gigantes, como las células que integran las fibras vegetales (hasta 20 cm.), la yema del huevo de las aves (80 mm. en el avestruz).

Estructura de las células.

En toda célula se distinguen dos partes fundamentales: el **citoplasma** y el **núcleo** (fig. 3-2).

El **citoplasma**.—Es la parte del protoplasma que envuelve al núcleo. Es transparente e incoloro, de aspecto homogéneo visto con poco aumento. Su viscosidad es variable:

En el seno del citoplasma se observan, utilizando los grandes aumentos del microscopio electrónico, diversas estructuras o elementos autónomos. Estos no se forman de nuevo en la célula, sino que proceden por división de otros existentes y se transmiten de célula a célula.

Tales elementos son: el **condrioma**, el **centrosoma**, **aparato de Goigi**, **ergastoplasma** y **lisosomas**. A estos orgánulos hay que añadir las **vacuolas** y el **deu-**

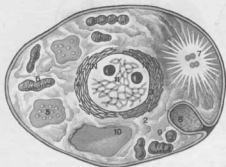


Fig. 3-2. — Esquema de una célula animal: 1: membrana celular; 2: citoplasma; 3: ergastoplasma; 4: aparato de Golgi; 5: lisosomas; 6: mitocondrias; 7: centrosomas; 9: inclusiones; 10: vacuola; N: núcleo; 11: retículo nuclear; 12: nucleolos.

toplasma, que se forman o desaparecen según las circunstancias (fig. 3-2 y láminas).

1.º **El condrioma.**—Se llama así a un conjunto de gránulos con líneas oscuras transversales, llamados condriosomas. Unos son esféricos y arrosariados (mitocondrias); otros, filamentosos (condriocontes). Todos ellos son móviles y se multiplican por estiramiento (fig. 3-2, 6).

Su función.—Parece ser que constituyen el aparato respiratorio celular; es decir, el aparato productor de energía de la célula. Son algo así como pequeños "reactores de potencia", produciendo reacciones en cadena con un rendimiento del 50 por 100. Utilizan como "combustible" la glucosa. Elaboran también las enzimas que utilizan en los complicados procesos respiratorios.

2.º **El centrosoma.**—Es el orgánulo que preside la división celular. Está formado de ordinario por cuatro organoides llamados centriolos, reunidos en dos parejas. Son muy complicados, ya que cada uno está constituido (ver lámina) por 27 formaciones tubulares repartidas en grupos de tres y es perpendicular a su compañero. De los centrosomas parten, en el momento de la reproducción, un conjunto de filamentos radiantes que forman el aster (7).

Su función es dirigir los movimientos celulares de la mitosis o multiplicación celular.

3.º **El aparato de Golgi.**—Es un sistema de cavidades existente en las proximidades del núcleo de las células animales, y sobre todo de las nerviosas. Su presencia es muy acusada en la fase de máxima actividad de la célula.

Su función. Es mal conocida. Parece ser un sistema de concentración y condensación de los productos elaborados por la célula. Esta condensación se produciría por la acción superficial de las membranas que forman sus cavidades.

4.º **El ergastoplasma.**—En la zona perinuclear de la célula existe un sistema de canaliculos o cavidades tubulares aplanadas que forman el **retículo endoplasmático**, una especie de tuberías de comunicación entre las distintas partes de la célula. En la cara externa de sus paredes se hallan los **ribosomas** o **microsomos** (ver láminas) que "fabrican" las proteínas. El conjunto del retículo, los ribosomas y el material que van fabricando, constituyen el **ergastoplasma**.

5.º **Los lisosomas.**—Son a modo de gránulos huecos cuyas membranas son ricas en enzimas destinadas a demoler y destruir las sustancias inservibles resultantes del metabolismo nuclear.

Todos estos elementos autónomos abundan en las proximidades del núcleo mucho más que en la periferia. Por eso suelen distinguirse en el citoplasma dos partes: el **endoplasma**, más rico en estos orgánulos, y el **ectoplasma**.

6.º **Las vacuolas.**—Son cavidades citoplasmáticas que recogen diversos líquidos, menos densos que el resto del citoplasma. Están delimitadas por una delicada membrana (tonoplasma). El contenido líquido de la vacuola es el **jugo celular** y puede llevar en disolución ciertos pigmentos, azúcares y productos de desecho.

Generalmente, **en las células animales, las vacuolas son pequeñas y escasas**; en cambio, **las células vegetales las poseen numerosas** y van aumentando de tamaño con el tiempo (fig. 3-4).

El conjunto de las vacuolas de una célula se llama **vacuoma**. Las hay de varias clases:

— **Vacuolas típicas.**—Son las ya descritas como cavidades en que se acumulan productos de desecho, sustancias de reserva, pigmentos...

— **Vacuolas digestivas.**—Se forman en las células libres provistas tan sólo de membrana plasmática. Estas, al encontrarse con una partícula alimenticia, emiten pseudópodos, que la engloban con una gota de agua. El citoplasma va segregando fermentos y jugos ácidos en dicha vacuola y se convierte **en una vacuola digestiva, que es un auténtico estómago celular**. Las células con gruesa membrana tienen una boca o citostoma para introducir el alimento (fig. 3-4).

— **Vacuolas contráctiles o pulsátiles.**—Son propias de los protozoos dulceacuícolas. Estas vacuolas, una o dos, a veces más, se encuentran siempre en posición su-

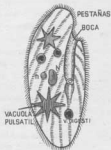


Fig. 3-4.—Tipos de vacuolas.

perforada. Funcionan periódicamente, vaciándose por un poro especial en el movimiento de contracción; se llenan en el período de dilatación por unos conductillos que desembocan en la vacuola. Sirven para eliminar productos de desecho de la célula y para mantener constante la presión osmótica del citoplasma.

7.º **El deutoplasma.**—Se llama así al conjunto de productos inertes, sólidos o líquidos, que se almacenan en el interior del citoplasma. Pueden encontrarse en las vacuolas o diseminados en el interior del citoplasma en forma de gránulos o cristales; entonces se denominan inclusiones. Pueden ser productos de desecho o bien de reserva.

Así las células adiposas contienen gotas de grasa; las células del huevo son ricas en inclusiones proteicas y lipóideas; las células del hígado suelen tener grasas o glucógeno, etc.

Núcleo celular o carioplasma.

El **núcleo** es un corpúsculo celular más refringente que el citoplasma, del que le separa una delgada membrana.

Su **tamaño** es variable; ordinariamente oscila entre 5 y 30 micras. Excepcionalmente puede medir hasta medio milímetro.

La **forma** típica del núcleo es la esferoidal. Puede ser también alargado (fibras musculares), arrosariado (algunos leucocitos...).

El **número** de núcleos por célula es uno, generalmente. Pero también hay células binucleares, como lo son las hepáticas de mamíferos y algunos ciliados; y plurinucleares, como las Opalinas (Protozoos).

Partes del núcleo.—Distinguiremos en el núcleo dos momentos o situaciones: *la fase de reproducción y la interfase o período de reposo de la célula.* En la interfase se distinguen en el núcleo las siguientes partes:

- la **membrana nuclear** que le aísla del citoplasma; lleva "poros", lo mismo que la membrana celular.
- el **jugo nuclear** o **cariolinfa**, líquido viscoso distinto del contenido en el citoplasma.
- el **retículo nuclear**: masa de largos filamentos muy tenues, apenas visibles, arrollados en espiral. Están formados por una sustancia llamada **cromatina**, fácil de teñir con colorantes básicos. Entre la masa de los cromosomas aparecen grumos más espesos de cromatina; posiblemente no son más que acumulación de filamentos al entrecruzarse; se les denomina **cromocentros**.
- el **nucleolo**: puede ser uno o varios. Es un corpúsculo refringente donde se acumula el ARN como producto de reserva. En los momentos de máxima actividad celular (reproducción) desaparecen.

En la *fase de reproducción* varía notablemente el retículo nuclear (fig. 3-5). Los filamentos de cromatina que lo constituyen experimentan una contracción

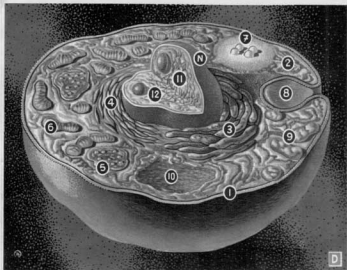
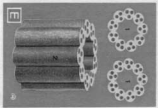
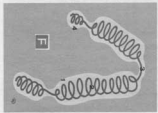
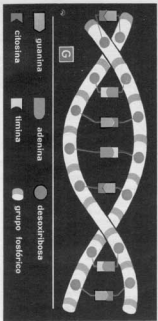
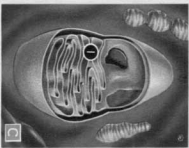
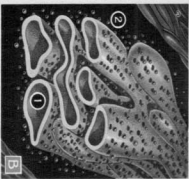
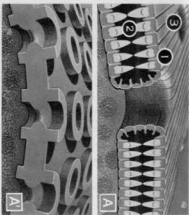


Fig. D.—Visión esquemática de una célula animal, no especializada, a gran aumento.

1. Membrana celular; su espesor no rebasa la millonésima del milímetro.
2. Citoplasma indiferenciado, terreno sobre el que la célula fabrica las estructuras especializadas.
3. El ergostoplasma: serie de formaciones cavitarias con sus paredes plagadas de ribosomas; ahí se fabrican las proteínas.
4. El aparato de Golgi; conjunto de sáculos que forman el aparato secretor de la célula.
5. Lisosomas: laboratorios de demolición de los alimentos para poder utilizarlos.
6. Mitocondrias; su conjunto forma el condrioma; son los órganos de la respiración, las centrales productoras de energía, con un rendimiento del 50 %. Utilizan como "combustible" la glucosa.
7. El centrosoma: dirige la división celular.
8. Modo de capturar sustancias que se ponen en contacto con la membrana celular; una especie de fagocitosis que origina después vacuolas o inclusiones.
9. Inclusiones: son productos sólidos en el interior del citoplasma.
10. Una vacuolé: cavidad llena de líquido celular.
- N. Núcleo.
11. Retículo nuclear formado de cromatina. Se individualiza en cromosomas formados por el famoso ácido nucleico — ADN — clave y cerebro de todos los mecanismos biológicos.
12. Nucleolos: depósitos de ARN.



- Fig. A. Detalle de la membrana celular a millones de aumentos.
1. Capa externa de moléculas proteicas. 2. Doble capa intermedia de moléculas lipóidicas. 3. Poros u orificios.
- Fig. A'. Esquema de la membrana celular destacando los poros u orificios de entrada y salida de sustancias.
- Fig. B. Detalle del ergastoplasma: conjunto de cavidades cuya cara exterior está plagada de ribosomas (bolas rojas).
- Fig. C. Detalle de una mitocondria con sus dos membranas y sus compartimentos llenos de líquido.
- Fig. E. Detalle de un centriolo visto de lado y en sección; está formado por dos organoides.
- Fig. F. Detalle de un cromosoma: 1. Matriz; 2. Cromonema; 3. Centrómero; 4. Satélite.
- Fig. G. Trozo de una molécula de ácido desoxirribonucleico ADN, visto en esquema. Está formado de dos tiras filamentosas arrolladas en espiral y compuestas de desoxirribosa, un grupo fosfórico y cuatro bases nitrogenadas que se unen por pares y se pueden distribuir de muchas maneras. La secuencia de estas parejas a lo largo de cada molécula es fija para cada especie de seres vivos y se transmite por herencia. Los genes son, posiblemente, trozos de esta molécula.



Fig. 3-5.—Partes del núcleo celular y estructura de los cromosomas.

tal vez de cientos de miles de veces. Entonces aparecen bien visibles; se llaman **cromosomas** y su número es fijo para todas las células de cada especie de seres vivos. En las del hombre son 46; en la rana, 26; en las abejas, 32, etc. El tamaño de los cromosomas en esta fase es de 4 a 5 μ en los del hombre. Es mayor en algunos animales como los anfibios. En el tritón, los 11 pares miden 6 mm.

En un cromosoma podemos distinguir (fig. 3-5):

- la **matriz** o materia fundamental; sólo es visible en ciertas fases de la mitosis.
- los **cromonemas**, que son un par de filamentos de cromatina arrollados en espiral y situados dentro de la matriz. El microscopio electrónico parece indicar que son lisos, aunque con menos aumento aparecen granuloso, sus gránulos se llaman **cromómeros**. Están formados por moléculas de ADN. Contienen los genes, donde se halla la **clave genética** que encierra todos los caracteres del ser vivo.

A su vez, las moléculas de ADN también están formadas por dos cadenas de los elementos siguientes: *desoxirribosa*, *grupos fosfóricos* y *bases azoadas*. Las dos cadenas aparecen arrolladas en espiral y se unen entre sí a través de las bases, que aunque sólo son cuatro distintas, por su diversa posición pueden originar muchas combinaciones (ver lámina).

Los genes en los que se localizan los caracteres hereditarios son, probablemente, trozos de estas cadenas.

La membrana celular.

Es una película finísima que envuelve al citoplasma. Es tan tenue que su espesor no rebasa algunas millonésimas de milímetro. Sólo la micrografía electrónica ha podido revelar el aspecto de esta membrana (ver lámina).

Consta la membrana citoplasmática de dos capas periféricas de moléculas proteicas y de una capa lipídica intermedia, que es doble, y cuyas moléculas están orientadas perpendicularmente a las anteriores.

Contiene de vez en cuando aberturas o "poros" que permiten la entrada de

moléculas, iones, etc., necesarios para la vida de la célula. También salen por ellos las sustancias de desecho. A través de los mismos hay un tráfico ininterrumpido en los dos sentidos. Los mecanismos físico-químicos que regulan este tráfico son de una perfección maravillosa.

Existen células que tienen, además de la membrana fundamental, otra de notable espesor formada por materiales de secreción (membrana de secreción). En los animales es frecuente en las células epidérmicas de artrópodos, foraminíferos, etc. Y en las plantas se da casi siempre y es de celulosa.

Todos estos materiales de secreción que se acumulan en la membrana pueden considerarse como integrantes del deutoplasma.

PRACTICAS

1.º Material para prácticas con el microscopio.

Un microscopio, por lo menos con dos clases de aumentos, y como mínimo para cinco alumnos.

Navaja histológica, bisturí, cuchilla de afeitar.

Agujas emangadas y pinzas finas, portas y cubreobjetos.

Vidrios de reloj, pocillos, cristalizadores.

Alcohol absoluto de 70 a 90 grados, bálsamo de Canadá, parafina, creosota, papel de filtro.

Uso del microscopio.

Antes de iniciar su manejo debe darse una explicación de la parte mecánica y algo también de la óptica, así como las indicaciones prácticas más comunes

sobre limpieza del microscopio y del material,

sobre el manejo de cubres y portas,

sobre iluminación y enfoque de las preparaciones.

Obtención de cortes.

La observación microscópica sólo es posible, cuando se trata de objetos opacos, sobre láminas o cortes de un grosor insignificante. Por eso interesa mucho la obtención de cortes finos. Si se dispone de microtomo, enséñese su manejo; si no, indíquese la manera de obtener finas láminas, ya sea directamente, ya valiéndose de la médula de saúco o de la parafina.

Esquemas y notas.

Todas las observaciones que tienen carácter de investigación —y hay que esforzarse porque el microscopio se utilice siempre con esta orientación— deben acompañarse de esquemas sencillos de lo que se ha visto, así como de algunas notas que indiquen la manera de operar, las observaciones realizadas, etc.; en una palabra, lo que es labor personal.

Observaciones microscópicas.

Iniciense las observaciones utilizándose el mínimo aumento y tomando como material de observación: pelos, patas o antenas de mosca, alas, polvillo de las alas de mariposa, etc., simplemente colocados sobre el porta.

2.º Observación de las células de la mucosa bucal.

Materia: Células apropiadas.

Práctica: Se raspa suavemente con una espátula en el interior de la mejilla. La materia blanca obtenida se pone en el porta con una gota de agua. Se extiende y cubre.

Conviene colorearlas para ver todas las partes de la célula, incluso el núcleo. Para ello se coloca, durante veinte minutos, una gota de metilo acético, después se lava y fija con glicerina y el cubre. El verde de metilo se prepara así: 1 gr. se disuelve en 100 cm³ y se añaden 2 cm³ de ácido acético.

3.º Observación de infusorios.

Material: Hojas o hierbas secas, musgo de los tejados seco, agua de pequeñas charcas donde hay vegetales en descomposición.

Práctica: Cuando las hojas, hierbas, musgo, etc., han estado unos días en un frasco con agua, se forma un líquido oscuro (infusión) con una costra en la superficie. Se pone una gotita entre porta y cubre, preferentemente de la superficie, y se observa. Se verán paramecios, vorticelas y otros infusorios; algas, bacterias de la putrefacción. A veces también rotíferos, amibas.

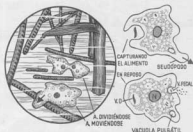


Fig. 3-6.

4.º Observación de amibas.

Material: Amibas de charca.

Práctica: Se recogen en pequeñas charcas ramas y detritus vegetales en descomposición, se raspan con una espátula y pequeñas cantidades del producto se extienden sobre el porta. Si no se viesen, por ser muy escasas, se ponen los residuos recogidos en un cristallizador y se tienen en una habitación templada durante tres o cuatro días. Otra manera de obtenerlas: se deja unas veinticuatro horas flotando un cubre sobre la costra de la infusión anterior, se recoge con pinzas y se pone sobre el porta. Al cabo de un rato es fácil que se vean amibas.

Indicación: Interesa observar las partes de la célula, el movimiento amiboide y la manera de ingerir las partículas alimenticias (fig. 3-6).

5.º Observación de bacterias.

Material: Sarro dental.

Práctica: Se recoge sarro de los dientes con una espatulilla o cortaplumas, se extiende sobre el porta con una gota de agua y se cubre.

Se precisa mucho aumento y manejo del diafragma para poder verlas. Se aprecian mejor tiñéndolas con azul de metileno.

6.º Observación de vacuolas en un Paramecio.

Material: Paramecios de una infusión de hierbas, rojo neutro.

Práctica: Se añade a una gota de infusión con paramecios otra gota de una disolución diluida de rojo neutro. Los paramecios siguen moviéndose en el campo visual del microscopio (x 200) y las vacuolas aparecen intensamente teñidas (fig. 3-7).

Fig. 3-7. vacuolas aparecen intensamente teñidas (fig. 3-7).



LA CELULA VEGETAL

Características de la célula vegetal.

Las células de las plantas constan, en general, de las mismas partes esenciales que las de los animales (fig. 4-1).

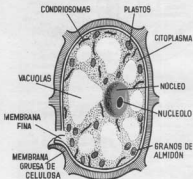


Fig. 4-1. — Representación esquemática de la célula vegetal.

- **Citoplasma**, con su membrana plasmática, su condrioma, su ergastoplasma y lisosomas. Faltan los centrosomas y el aparato de Golgi.
- **Núcleo**, con su membrana y retículo nuclear, su jugo nuclear y nucleolo.

Pero el desarrollo de todos estos elementos difiere bastante, en forma que se pueden señalar las siguientes características:

- 1.ª Las células vegetales llevan una gruesa membrana de secreción formada por **celulosa** (hidrato de carbono), que puede sufrir diversas transformaciones.
- 2.ª En la célula vegetal hay unos condriosomas especiales, llamados **plastos**, que tienen gran importancia en la elaboración de los alimentos vegetales.
- 3.ª Hay **grandes vacuolas** cuyo líquido, llamado **jugo celular**, lleva en disolución numerosas sustancias orgánicas.
- 1.º **La membrana y sus modificaciones.**
Las células vegetales están rodeadas de una gruesa membrana de secreción formada por **celulosa** y **pectina**. Esta forma la **lámina intermedia** entre las células de un tejido (fig. 4-2).
La disposición de la celulosa es la de capas concéntricas, aunque su

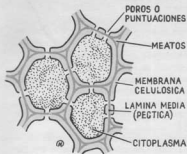


Fig. 4-2.

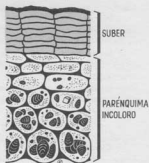


Fig. 4-3.

espesamiento no es uniforme, distinguiéndose en ella las *puntuaciones* o puntos donde no se acumula. Normalmente es permeable, sobre todo por las puntuaciones, y permite el paso de las sustancias que absorbe o desprende la célula.

La membrana celulósica sufre con frecuencia diversas modificaciones:

- La *mineralización*.—Es la impregnación de la membrana celular, de diversos productos minerales, como **sales calizas** (calcificación). Ejemplo: en las algas coralinas. O bien, de **silice** (silicificación), como en las diatomeas, tallos y hojas de gramíneas.
- La *lignificación*.—Es la impregnación de la membrana celular de **lignina**. Tiene lugar, sobre todo, en los elementos de sostén, como fibras, paredes de vasos leñosos, huesos de frutas. Las células lignificadas constituyen la madera.
- La *cutinización* es la transformación de la membrana en **cutina**, cuerpo de tipo graso, por lo que comunica a la epidermis impermeabilidad para el agua. Tiene lugar en la epidermis de los órganos aéreos herbáceos (brotes jóvenes, hojas).
- La *suberificación* es la transformación de la membrana en **suberina**, sustancia parecida a la cutina en composición, y propiedades. Es propia de órganos subterráneos (tubérculos, raíces) y de las capas externas de tallos aéreos viejos, como los troncos de árboles (fig. 4-3). El corcho está formado por células muertas cuyas paredes están fuertemente suberificadas y cuyo citoplasma ha sido sustituido por aire.

2.º Los plastos: sus diferentes clases.

Son condriosomas especiales propios de las células vegetales. Proceden de otros anteriores por división.

3.º Las vacuolas.

En las células animales las vacuolas son pequeñas y escasas. En cambio, en las vegetales son numerosas y de gran tamaño. Con el tiempo van creciendo y fusionándose hasta que ocupan casi todo el espacio protoplasmático. Al final no suele haber más que una que lo llena todo (figura 4-5). En cambio, en las células de las semillas se da un proceso contrario: el líquido vacuolar se va concentrando al avanzar en maduración y su contenido cristaliza en diversos granos proteicos (granos de aleurona).

El contenido vacuolar puede ser muy complejo. Pueden hallarse:

Azúcares: Están disueltos; abundan en las células de la caña de azúcar, remolacha, frutas, etc.

Proteínas: Se hallan en las semillas de las leguminosas y otras plantas.

Grasas: Abundan en diversas semillas (nuez, almendra, ricino...).

Ácidos: Como el ácido cítrico de limones y naranjas, el málico, etc.

También abundan en el contenido vacuolar sustancias de desecho: taninos (roble, encina), esencias y bálsamos (diversas plantas), alcaloides (nicotina, estricnina), sales minerales (oxalato cálcico, etc.).

Organización celular vegetal.

Todos los vegetales, lo mismo que los animales, están constituidos por células. Pero entre los vegetales la organización celular es bastante compleja. Existen plantas con una sola célula, de vida independiente (unicelulares), ya sea con clorofila (cianofíceas) o sin ella (bacterias).

Hay otras que tienen todas las células iguales pero viven asociadas, constituyendo una masa celular llamada *taló*: son las *talofitas* (algas, hongos, líquenes e incluso las briofitas o muscíneas).

Otras presentan células diversas que se organizan y diferencian formando distintos tejidos. Estas plantas se llaman *cormofitas*, por llamarse *cormo* a su aparato vegetativo. Lo característico del *cormo* es poseer fibras y vasos conductores; se les llama también plantas *fibroso-vasculares*.

Comprende dos grupos: las *Pteridofitas* (sin flores ni semillas) y las *Espermatofitas* (con flores y semillas).

Resumiendo podemos decir que, en general, tanto los vegetales como los animales proceden o derivan de una sola célula que, por divisiones sucesivas origina otras muchas. Si cada célula vive independientemente, tenemos los seres unicelulares; y si viven asociadas resultan los pluricelulares. En este caso pueden conservarse todas idénticas formando como una especie de colonia. Pero lo normal es que se repartan el trabajo fisiológico del conjunto y se especialicen. Esto trae consigo una diferenciación celular. Así quedan asociadas células de idéntica estructura y que realizan igual trabajo, las cuales constituyen un **tejido**. A su vez, los tejidos se asocian para formar unidades

de orden superior llamados **órganos**. Y éstos, a su vez, se agrupan formando **aparatos**, como el aparato circulatorio o digestivo en los animales; o el androceo y gineceo en las plantas superiores.

PRACTICAS

1.º Observación de células epidérmicas.

Material: Hoja de lirio, portas y cubreobjetos, agujas emmangadas.

Práctica: Se arranca un trocito de epidermis sin partes verdes; se coloca sobre el porta con una gota de agua; se estira bien con las agujas emmangadas. Se coloca el cubre como indica la figura 4-6 y se quita el exceso de agua con un secante o papel de filtro.



Fig. 4-6.

2.º Observación y tñido de granos de almidón.

Material: Una patata, cortaplumas o bisturí, solución yodo-yodurada, papel de filtro.

Práctica: Sobre un corte reciente de la patata se raspa un poco de pulpa y se extiende sobre el porta cubriéndola. Se ven los granos de almidón y, graduando el diafragma, se notan las capas concéntricas, como en la figura 4-7.

Se pone una gota de la solución de yodo en el borde del cubre y se absorbe por el otro con papel de filtro. Los granos de almidón se vuelven azules. Se calienta el porta y se vuelven blancos. También es interesante observarlos con polaroides.

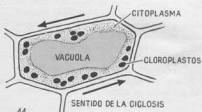


Fig. 4-7.

3.º Observación de los cloroplastos en movimiento.

Se toma una hoja de *Elodea*, planta acuática muy común. Se monta en una gota de agua entre porta y cubre y se observa. Se aprecian los cloroplastos (gránulos de color verde), los cuales se trasladan alrede-

Fig. 4-8



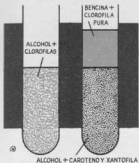


Fig. 4-9

dentro de la vacuola central arrastrados por el movimiento del citoplasma llamado ciclosis. La práctica es más espectacular tiñendo previamente la célula con rojo neutro.

4.ª Extracción de la clorofila de las plantas.

Se trituran hojas verdes (de ortiga, por ej.) en un mortero con arena y alcohol de 90 grados. Se filtra y se tiene una disolución de clorofila. Se le añade un poco de bencina y se agita. El benceno flota y se lleva la clorofila pura. En la parte inferior, amarillenta, quedan la xantofila y la carotina.

5.ª Observación de los cloroplastos de la Spirogyra.

La Spirogyra es un alga filamentosa que se halla en las fuentes, estanques y ríos. Cada filamento consta de multitud de células colocadas en fila. Observada una de ellas al microscopio se ve que tiene en su interior dos largas cintas de color verde arrolladas en espiral: son los cloroplastos.



Fig. 4-10

FISIOLOGIA DE LA CELULA

Funciones elementales de las células.

Las células, como todos los organismos vivos, realizan tres clases de funciones vitales:

- **Funciones de relación:** por las que la célula vive en el ambiente que le rodea y se relaciona con él.
Estas funciones comprenden la **sensibilidad** y **motilidad**.
- **Funciones de nutrición:** por ellas la célula asegura su existencia (conservación del individuo).
Comprenden la **asimilación** y la **desasimilación**.
- **Funciones de reproducción:** por las que la célula asegura su descendencia (conservación de la especie).

La nutrición celular.

En el seno de las células se verifican constantemente complejas transformaciones materiales, cuyo conjunto recibe el nombre de **metabolismo**.

El metabolismo consta de dos procesos antagónicos y simultáneos; uno constructivo y otro destructivo.

El **proceso constructivo** se llama **anabolismo** o **asimilación**. Sintetiza los materiales del protoplasma mediante los alimentos.

El **proceso destructivo** es la **desasimilación** o **catabolismo**. Tiene carácter analítico y consiste en desintegrar una serie de sustancias del protoplasma celular, liberando energía destinada a la producción de calor, movimientos, etc.; al mismo tiempo se originan productos de desecho.

Como se ve, los alimentos cumplen una doble misión: proporcionan material para crecer y reparar las pérdidas materiales de protoplasma (misión plástica) y suministran la energía necesaria para la actividad vital (misión energética).

1.º Asimilación.

Los alimentos, que pueden ser sólidos o líquidos, tienen que **penetrar** en el citoplasma, ser **digeridos** y **asimilados**.

- **Penetración o ingestión.**—Los alimentos sólidos únicamente pueden tomarlos las células provistas de membrana plasmática muy fina, como Rizópodos, leucocitos; o bien, las células provistas de membrana rígida, pero con un orificio de entrada para el alimento o **citostoma** (Ciliados-Flagelados) (fig. 5-1).

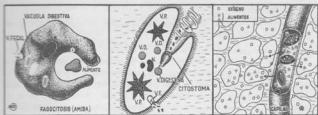


Fig. 5-1.—Tres maneras de alimentarse las células: por ingestión directa, por penetración a través del citostoma y por absorción de sustancias disueltas.

En el primer caso, la célula **emite pseudópodos** y acaba por rodear la partícula alimenticia englobándola en una **vacuola digestiva**.

En el segundo caso, la penetración del alimento se logra por el **movimiento de cilios peribucales** que originan corrientes o torbellinos que arrastran los alimentos hasta el interior en donde se forma la vacuola digestiva correspondiente.

Este tipo de alimentación, a base de sustancias sólidas, que penetran en el citoplasma, se llama **fagocitosis**.

En los demás casos, cuando las células tienen membrana consistente, o bien forman tejido, la nutrición celular se realiza mediante **sustancias líquidas o disueltas** que penetran en la célula por el fenómeno de la **absorción** (fig. 5-1).

La absorción de alimentos es un fenómeno fisiológico sumamente complejo y aún poco conocido, en el que intervienen fenómenos de **difusión** (sobre todo en la absorción de los gases de la respiración) de **ósmosis**, la **permeabilidad de la membrana celular**, la **selectividad de sustancias**, el estado iónico del protoplasma...

En todo caso, los alimentos que han penetrado en la célula, por cualquiera de los procedimientos anteriores, no son directamente utilizables en el estado en que se encontraban en el medio exterior.

Necesitan sufrir una serie de transformaciones cuyo conjunto constituye la **digestión celular**.

- **Digestión**.—Es un proceso en el que **las sustancias absorbidas son desdobladas en otros cuerpos más sencillos** ya utilizables por la célula. Se realiza mediante ciertos jugos ácidos que el protoplasma mismo segrega y que actúan sobre los alimentos; y también mediante ciertos fermentos elaborados por la célula, que se comportan como auténticos catalizadores.
- **Síntesis específica**.—Es el proceso constructivo que la célula realiza con los alimentos digeridos, **elaborando la materia específica de su protoplasma**. Es la asimilación propiamente dicha. Parte del material asimilable puede almacenarse en forma de sustancias de reserva.

Tipos de nutrición.

Se distinguen dos tipos de nutrición, según la clase de alimentos que toman las células o los organismos.

La nutrición autótrofa consiste en tomar alimentos *minerales* y *exotérmicos* (agua, CO_2 , sales minerales) con los que se elaboran las sustancias orgánicas endotérmicas, gracias a la capacidad para absorber *energía libre*.

Es propia de las células con clorofila y de las plantas verdes en general, que realizan la función llamada *fotosíntesis* por la que sintetizan la materia orgánica.

También hay algunas bacterias que realizan una función parecida (quimiosíntesis).

La nutrición heterótrofa es aquella en la que no hay capacidad para absorber energía libre, y por tanto han de tomarse alimentos endotérmicos y orgánicos que proporcionen la energía necesaria para la vida. Es propia de los animales y las plantas sin clorofila.

2.º Desasimilación.

Es el **proceso destructivo** en el que los **materiales orgánicos** elaborados por la célula, **se desintegran**, originando una serie de productos de desecho, al propio tiempo que **desprenden energía**.

Comprende dos fenómenos esenciales: la respiración y la excreción.

— **La respiración:** es el conjunto de oxidaciones que sufren las sustancias ricas en energía (alimentos energéticos o endotérmicos), tales como las grasas y glúcidos; como consecuencia de las mismas se desprende calor y se originan productos exotérmicos, como agua, CO_2 , etc.

Los fenómenos respiratorios no son tan sencillos como parecen. La absorción del O_2 a través de la membrana celular no es sino la fase inicial del proceso. Y el desprendimiento de CO_2 es la fase final del mismo. Entre estos dos extremos existe una larga y complicada cadena de reacciones de descomposición, algunas desconocidas aún. En ellas juegan un papel importante los fermentos respiratorios que facilitan dicho proceso.

Es decir, que la respiración:

— Es catalizada por fermentos.

— Desprende energía, en forma de calor.

— Desprende CO_2 y agua como productos de la oxidación.

Se llama **cociente respiratorio**, el cociente de dividir el volumen de CO_2 desprendido, por el volumen de O_2 absorbido. Varía este cociente con el material respiratorio (glúcidos, grasas...)

Si el material oxidado es un **glúcido**, el cociente respiratorio es $= 1$. (Todo el O_2 absorbido se ha empleado en la formación de CO_2).

Si se trata de grasas, el cociente es menor que 1 (el O_2 absorbido se emplea en la formación de CO_2 , de H_2O y en otros menesteres).

Todo lo dicho se refiere a la respiración celular normal o **aerobia**.

Cuando el O_2 empieza a faltar, antes de morir por asfixia, la célula se resiste, y descompone la glucosa en alcohol y CO_2 según la reacción.



Esta reacción es favorecida por ciertos fermentos.

Como en la reacción (1) se desprende poca energía, las células sometidas a estas condiciones **anaerobias** pueden continuar viviendo, pero llevan una vida precaria y acaban por morir.

- **Excreción.**—Es la **eliminación de las sustancias de desecho** que quedan en el protoplasma. Unas proceden de la descomposición de glúcidos y grasas, como el agua y el CO_2 . Otros proceden de las proteínas, como la urea, ácido úrico, etc.

La excreción se realiza a través de la membrana celular para el agua, sustancias solubles y CO_2 . A veces hay órganos excretores (vacuolas).

Pero a veces las sustancias de desecho quedan constituyendo parte integrante de la membrana de secreción. Incluso pueden quedar en el citoplasma constituyendo inclusiones.

Sensibilidad celular.

Se llama también **excitabilidad e irritabilidad**. Es la **facultad que tienen las células de ser impresionadas por diversos estímulos y de reaccionar ante ellos**.

Los estímulos pueden ser muy diversos: **luminosos, eléctricos, térmicos, osmóticos, químicos, mecánicos**. Para que actúen sobre la célula han de tener un mínimo de intensidad y actuar un cierto tiempo.

La reacción de la célula a esos estímulos es muy variable: a veces se enquista; otras, se divide; otras, produce una secreción, y con frecuencia es una simple transformación química que pasa inadvertida al observador.

Además cada célula, o ser unicelular, tiene su grado de excitabilidad propia. Tampoco hay que olvidar que hay factores externos, como los **narcóticos o anestésicos** (cloroforno, éter) que ejercen enérgicas acciones paralizantes.

La reacción más ordinaria, patente y rápida de las células es el **movimiento**. Estos movimientos de reacción a los estímulos externos se denominan **taxis**



Fig. 5-2.—Quimiotaxis negativa de los paramecios con CiH concentrado.

Tigmotaxis positiva de los Paramecios utilizando trocitos de papel de filtro desfilachado.

o **tactismos**. Pueden ser **positivos** o **negativos**, según que el movimiento se realice hacia el estímulo o alejándose de él (fig. 5-2).

Según el agente estimulante las taxis pueden ser: **fototaxis**, si el agente es la luz; **termotaxis** (calor), **quimiotaxis** (sustancias químicas); **tigmotaxis** (contacto); **galvanotaxis** (corriente eléctrica); **geotaxis** (gravedad).

Para el estudio de todos esos tactismos suelen emplearse como sujetos de experiencias seres unicelulares, sobre todo Ciliados: *Paramecios*, *Stentor*...

Los movimientos celulares.

La manifestación más patente de la sensibilidad celular son los movimientos, aunque no todos sean perceptibles a primera vista.

Citaremos los tipos de movimientos más comunes:



Fig. 5-3.

1.º **Movimientos intracitoplasmáticos**: Son las corrientes internas de la célula que arrastran consigo partículas del citoplasma (fig. 5-3).

Se pueden observar en algunos Ciliados (*Paramecios*), en algunos Foraminíferos, en hojas de *Elodea*, etc.

Tal vez obedezcan a pequeñas corrientes eléctricas originadas por la diferencia de potencial entre diversos puntos.

2.º **Movimientos amiboides**: Son propios de las células libres, sin membrana celular consistente, como los Rizópodos —sobre todo amibas—, leucocitos de la sangre.

Este movimiento se verifica por **pseudópodos** o prolongaciones citoplasmáticas emitidas por la célula, cuando se apoya sobre un soporte sólido. Los pseudópodos son órganos transitorios, pues pueden surgir en una zona y desaparecer luego, siendo sustituidos por otros, originando continuos cambios de forma en las células. Se producen al disminuir la tensión superficial en ciertas zonas, o bien al debilitarse la zona cortical por pasar del estado de gel al de sol.

Los pseudópodos, a veces, como en leucocitos y amibas, son gruesos, escasos, cortos y aislados (**lobados**).

Otras veces son finos, numerosos, largos y enlazados (**reticulados**). Las células utilizan estos órganos para la **locomoción** y **alimentación**.

3.º **Movimiento vibrátil**: Es debido a órganos citoplasmáticos fijos y permanentes, que son contráctiles y filiformes. Si estos órganos son cortos y numerosos se llaman **cilios** o pestañas vibrátiles; si son largos y escasos se denominan **flagelos** (fig. 5-4).

Tanto unos como otros nacen en la membrana, de un corpúsculo basal que, al parecer, procede del centriolo; en los flagelos se denomina **blefaroplasto**.

El movimiento por cilios se produce como consecuencia de la oscilación de cada cilio a modo de remos. Así se mueve el *Paramecio*.

El movimiento por flagelos se realiza mediante una serie de amplias ondulaciones del flagelo, a modo de látigo, o bien, mediante un movimiento de rotación describiendo un cono, cuyo vértice coincide con la base del flagelo. Se da en los flagelados, zoosporas, gametos masculinos, etc.



Fig. 5-4.—Movimientos de las células libres.



Fig. 5-5

Tanto los cilios como los flagelos, además de producir la locomoción celular, pueden servir para dirigir las partículas alimenticias hacia la boca.

- 4.º **Movimiento contráctil:** Este movimiento se da en todas las células en mayor o menor grado. Pero el propiamente contráctil se da en las que poseen ciertos filamentos, cuya contracción tiene lugar en una dirección fija. Ej.: Vorticelas (fig. 5-5), fibras musculares, etc.

PRACTICAS

1.º Observación de la sensibilidad celular.

En una preparación que contenga Paramecios y en la que se han introducido trocitos de papel de filtro deshilachado, o burbujas de aire, observar cómo los Paramecios se concentran a su alrededor atraídos por el oxígeno (fig. 5-2).

2.º Observación de los cilios en un paramecio.

Se pone una gota pendiente de una infusión de Paramecios a los vapores de yodo metálico. Al disolverse los vapores en la gota de agua matan los Paramecios, pero sus cilios aparecen teñidos y se aprecian claramente. Se puede conseguir lo mismo utilizando agua de yodo como colorante.

3.º Observación del movimiento contráctil.

Utilizando agua estancada y rica en algas y materias orgánicas en descomposición es fácil encontrar vorticelas en cuyo pedúnculo se observan claramente contracciones y dilataciones sucesivas (fig. 5-5).

4.º Alimentación de las células.

En el agua de la práctica anterior aparecen con frecuencia amibas. Con paciencia y tiempo pueden observarse la ingestión de partículas alimenticias y la formación de las vacuolas digestivas correspondientes (fig. 5-1).

LA MULTIPLICACION CELULAR

División celular.

En ciertos momentos de su vida, las células adquieren aptitud para reproducirse, o sea, para originar otras células semejantes a ellas. La reproducción celular se realiza dividiéndose cada célula en dos o más células hijas, que crecen hasta alcanzar el tamaño propio de la especie celular.

Las **estructuras vivas** o autónomas de la célula (condrioma, centrosoma, aparato de Golgi, etc., se reparten equitativamente en las células hijas.

La división celular es un fenómeno complejo. Comienza por la división del núcleo, a la que acompaña o sigue, ordinariamente, la división del citoplasma. Esta, a veces, no se realiza.

Tipos de división celular.

Los más importantes son: la división binaria, la gemación y la división múltiple (fig. 6-1).

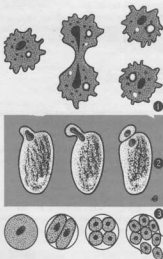


Fig. 6-1.—Tres tipos de división celular.

1.º **División binaria.**—Se llama también escisión o bipartición. La célula madre origina dos células hijas desiguales (**gemación sencilla**) o más de dos (**gemación múltiple**) desiguales.

2.º **Gemación.**—Es la división de la célula madre en dos células hijas desiguales (**gemación sencilla**), o más de dos (**gemación múltiple**) a modo de yemas.

La multiplicación por gemación es frecuente en los seres unicelulares, como levaduras y otros hongos, Ciliados, etc.

- 3.º **División múltiple.**—Esta división consiste en la **división repetida del núcleo** de una célula, seguida de otras tantas divisiones del citoplasma, originándose tantas células como núcleos se habían formado. Normalmente la división se realiza dentro de la membrana y las células resultantes quedan libres al romperse ésta. Este tipo de multiplicación se da, sobre todo, en los esporozoos (protozoos) y en los ascomicetos (hongos).

Causas o factores de la división celular.

Mucho se ha estudiado y experimentado para averiguar las causas de la división de las células, pero no se ha llegado a nada concreto.

Lo que sí parece cierto es que la división del núcleo y la del citoplasma no son procesos totalmente dependientes. Puede darse el caso de que se divida el núcleo y no el citoplasma, como se ve en los plasmodios.

Tampoco se ponen de acuerdo los biólogos sobre si la división celular es un proceso autónomo y cíclico de la célula o se debe a estímulos externos.

Suelen citarse como causas posibles las siguientes:

- Una cierta temperatura.**—La división celular tiene lugar ordinariamente entre 0° y 40° C.
- Presencia de suficientes sustancias nutritivas y O₂,** como se deduce del gran consumo de estas sustancias, por tejidos con activa división celular. Sobre todo debe acumular una dosis notable de ADN.
- Radiaciones mitogénéticas:** son a modo de rayos ultravioleta, emitidos por tejidos vivos (meristemos radicales, sangre de algunos vertebrados), que ejercen **acción estimulante** en la división celular.
- Relación nucleoplasmática.**—Al crecer excesivamente el citoplasma con relación al núcleo, se produce entre ambos una tensión especial que desencadena un rápido aumento de la masa nuclear seguida de la mitosis que restablece otra vez el desequilibrio.
- Necrohormonas** u hormonas producidas por las células dañadas por una herida en un tejido animal o vegetal. En las inmediaciones de estas células dañadas se observan numerosas células en división, debido a la influencia estimulante de las citadas hormonas.

Los dos tipos de división binaria.

La división binaria puede ser **directa** o **indirecta**.

- División directa o amitosis.**—En ella el núcleo y el citoplasma, sin modificaciones notables en su estructura, se alargan en una dirección y se estrangulan, formando dos células hijas aproximadamente iguales. Es rara esta división celular. Se da en células de poca vitalidad o en vías de degeneración (ciertas amibas, paramecios, células de las cubiertas embrionarias, etc.).

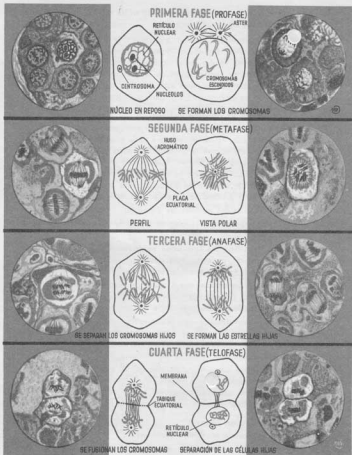


Fig. 6-2.—Las cuatro fases de la mitosis (fotografías y esquemas).

b) **División indirecta o mitosis.**—En esta división tienen lugar profundas modificaciones morfológicas, tanto en el núcleo como en el citoplasma. La mitosis no suele durar más de dos horas, aunque son los fenómenos preparatorios y complementarios los que más duran. La división propiamente dicha no suele pasar de dos-tres minutos.

La **mitosis** comprende cuatro fases (fig. 6-2): Fundamentalmente es idéntica en las células animales y en las vegetales, aunque con ligeras variantes de detalle.

En las células animales es como sigue:

— **Profase.**—Los centrosomas se hacen visibles en todas sus partes. Destacan los dos pares de centriolos que se van separando poco a poco, aunque quedan unidos por finos filamentos (centrodesmosis).

El núcleo, por su parte, pierde la membrana, desaparecen los nucleolos y se hacen visibles los **cromosomas**.

Estos presentan una hendidura longitudinal, lo cual indica que están formados por dos filamentos acoplados (**cromátidas**).

— **Metafase.**—Los centriolos se sitúan en los dos polos de la célula y las fibrillas que unen esos centriolos originan el **huso acromático**. Los cromosomas son más gruesos y consistentes, tienen forma de V o de horquilla, se unen a las fibrillas del huso por el centrómero y se disponen en el plano ecuatorial, perpendicularmente al huso acromático. Se sitúan con los codos hacia dentro, formando su conjunto una estrella (**estrella madre o placa ecuatorial**).

— **Anafase.**—Es la separación de las dos cromátidas que integraban cada cromosoma y su desplazamiento hacia los polos respectivos, convertidas así en **cromosomas hijos**. Estos forman en cada polo una **estrella hija**. La ordenación de los cromosomas, lo mismo que el desplazamiento de las cromátidas hacia los polos respectivos, está dirigida por los filamentos del huso extendidos de polo a polo.

— **Telofase.**—Es la constitución de los núcleos de las dos células hijas. Se repiten en esta fase los fenómenos de la profase en sentido inverso. Al mismo tiempo se escinde el citoplasma (**citocinesis**).

Esta citocinesis puede realizarse de dos formas:

por **tabicamiento**, formándose una lámina o tabique entre las dos células; por **fisuramiento**, estrangulándose en forma de reloj de arena.

La **mitosis** de las células vegetales ofrece algunas particularidades:

- 1.º El huso acromático no se apoya en los **centriolos** por no existir **centrosomas**.
- 2.º La **citonesis** no se hace normalmente por estrangulación, sino formándose una lámina ecuatorial que se hace consistente, deposita celulosa y aísla la células hijas.

Características y papel de los cromosomas.

En la mitosis o división celular, los cromosomas son los que tienen papel preponderante. Veamos sus características que explican esta importancia fundamental (fig. 6-3)

- 1.º **El número de cromosomas** es fijo y constante para las células de cada especie animal o vegetal. La constancia numérica de los cromosomas es una ley biológica enunciada ya en 1888 por Boveri. En las células del hombre hay 46; en la abeja, 32; en la mosca de las frutas, 8. La variación del número de cromosomas en las células de un ser supone notables variaciones en su constitución. Es un método que se emplea, por ejemplo, para obtener nuevas variedades de plantas cultivadas.
- 2.º **El tamaño de las cromosomas** en el momento de la mitosis es de unas decenas de micrones. Para llegar a este estado partiendo de la forma filamentososa que tiene en la célula en estado de interfase, se acorta cientos de miles de veces. Esta concentración tan enorme hace que sean tan visibles en el momento de la mitosis. El tamaño de los cromosomas humanos es de 4 a 5 μ .
- 3.º **La forma.** Un cromosoma consta, como dijimos al estudiar la célula, de una sustancia fundamental o *matriz*, en la que hay un estrechamiento por el que se pliega y se une a los filamentos del huso acromático; se denomina **centrómero**. Otros estrangulamientos originan las porciones de matriz llamadas **satélites**.
En el interior hay un doble filamento de **cromatina** arrollado en espiral: son los **cromonemas**. Por efecto del arrollamiento en espiral se aprecian **gránulaciones arrosariadas o cromómeros**.
- 4.º **Composición química de los cromosomas.** Se sabe con certeza que los cromosomas están formados de proteínas y de los ácidos nucleicos ARN y ADN. Las moléculas de ADN forman también dobles filamentos en espiral y contienen la clave genética de los caracteres hereditarios. Tales caracteres están localizados en los genes que al parecer son trozos de las cadenas de ADN.

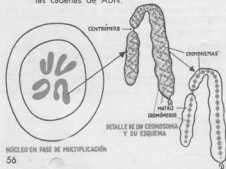


Fig. 6-3. — Características de los cromosomas.

El papel de los cromosomas es precisamente el de transmitir los caracteres biológicos de unas células a otras y de un individuo a sus descendientes. Esos caracteres están situados en los genes localizados a lo largo de los cromosomas. Nótese que todas las divisiones, tanto de los cromosomas como de las moléculas de ADN que los integran, se hacen longitudinalmente para asegurar un idéntico reparto de genes.

La división reduccional.

El número de cromosomas de una célula normal es casi siempre par. Se representa por $2n$ y se dice que es una célula *diploide*. Si en determinadas circunstancias de su vida tiene sólo n cromosomas, se dice que es *haploide*.

Como en la reproducción sexual se fusionen dos células sexuales o gametos para constituir la célula huevo, parece que ésta debiera tener doble número de cromosomas, lo que supondría un individuo distinto de sus progenitores. Esto no se da en la práctica porque las células reproductoras experimentan en un momento dado, durante la maduración, la *reducción cromática* o *meiosis*, mecanismo biológico por el que el número de cromosomas $2n$ se reduce a la mitad, n .

De este modo los gametos son siempre *haploides* y al fusionarse dan una célula normal o *diploide*.

PRACTICAS

3.ª Observación de la mitosis en las células vegetales.

Material: Bulbos de cebolla que han estado algunos días con las raíces en solución nutritiva como indica la figura 6-4. O bien, meristemo terminal de habas en germinación. Se utiliza tan sólo la punta de la raíz.

Práctica:

1. Fijado durante doce a veinticuatro horas en alcohol acético (tres partes de alcohol absoluto en una de ácido acético).
2. Teñido: Se coloca el meristemo en un vidrio de reloj con unas gotas de orceína y 1 cm^3 de ácido acético, se calienta hasta casi hervir, se enfría y añade agua hasta 100 cm^3 , se agita y filtra).
3. Calentar el vidrio hasta hervir, repitiendo dos o tres veces la operación para ablandar los tejidos.
4. Colocar los meristemos en el porta con orceína nueva y aplastarlos con una varilla plana.
5. Se coloca el cubre y se mete en un doble de papel de filtro, haciendo algo de presión para extraer exceso de colorante. Se parafina el borde echando unas virutas de parafina y calentando suavemente.

Indicación: Se observarán células en las diversas fases de la multiplicación mitótica.



Fig. 6-4

HISTOLOGIA ANIMAL

Estructura de los seres pluricelulares.

En la naturaleza se encuentran dos clases de organismos: **unicelulares** y **pluricelulares**.

Los **seres unicelulares** están constituidos por una sola célula, y ésta se encarga de realizar todas las funciones esenciales del ser vivo. Los seres **pluricelulares** están constituidos por una infinidad de células, aunque todas provienen de una célula primitiva llamada **célula-huevo**, que por divisiones sucesivas ha originado el organismo pluricelular.

Pero las células que integran un organismo pluricelular no quedan desligadas sino unidas unas con otras mediante tenues filamentos protoplasmáticos, llamados **plasmodesmos**, en los tejidos vegetales, y **puentes intercelulares** en los animales (fig. 7-1).

Tales uniones no son fáciles de apreciar a causa de su extremada delgadez, sobre todo los puentes intercelulares.

Los plasmodesmos se aprecian mejor, sobre todo en ciertos tejidos como los vasos cribosos, pelos epidérmicos, etcétera.

Estas uniones celulares parecen tener un importante **significado funcional**. Unas veces son auténticos vehículos de transporte de sustancias, de unas células a otras (sustancias de reserva). Incluso el citoplasma mismo puede pasar de una célula a otra, a través de esos puentes intercelulares, si las condiciones propias le son desfavorable.

Con más frecuencia tienen un **papel importantísimo en la transmisión de excitaciones o de estímulos**. Los productos que se originan en una célula actúan a modo de excitantes o de elementos modificadores de las células contiguas.



Fig. 7-1.—Filamentos protoplasmáticos que unen unas células con otras.

División del trabajo fisiológico y diferenciación celular.

Cuando los seres unicelulares se asocian para formar una colonia, cada individuo puede realizar las funciones que ejecutaría en estado libre y aun separarse de la agrupación para vivir en libertad o formar otra colonia.

Nada de esto, ordinariamente, sucede en los pluricelulares. En estos seres, cada grupo de células se especializa para realizar una función bien concreta en el organismo. Es lo que se llama **división del trabajo fisiológico**. Y, desde luego un organismo, fisiológicamente, será tanto más perfecto cuanto mayor sea la división del trabajo entre sus células.

Esta especialización de las células trae como consecuencia la **diferenciación celular**, o sea, el paulatino y progresivo cambio de forma y estructura que sufren las células en consonancia con la función que deben realizar en el organismo. Cada célula pierde su individualidad fisiológica y es ya incapaz de vivir aislada e independientemente.

Múltiples factores, desconocidos la mayoría de ellos, parecen determinar esta diferenciación. La **posición** **las células en el organismo** tiene una decisiva influencia en este fenómeno. Y así, por ejemplo, las células externas del organismo, que son las que están en contacto con el medio exterior, son las más acondicionadas para resistir las variaciones ambientales, sacrificándose en ocasiones en beneficio de las demás.

De lo dicho fácilmente se deduce que un animal o vegetal pluricelular está constituido por verdaderas castas o agrupaciones celulares, especializadas cada una en un trabajo determinado. Estas agrupaciones de células forman los **tejidos**.

Definición de tejido.

Tejido es una agrupación de células, unidas entre sí, que tienen la misma forma y estructura y realizan el mismo trabajo o función.

La rama de la Biología que estudia los tejidos se llama **Histología**, que puede ser **Animal** o **Vegetal**, según estudie los tejidos animales o vegetales.

Diferentes clases de tejidos animales.

Muchas células, al formar los tejidos, conservan hasta cierto punto su forma típica ya descrita en la Citología. Pero hay veces en que las células al especializarse en un trabajo concreto, se modifican notablemente, como sucede en el tejido muscular y nervioso.

Hay, pues, tejidos **con células poco modificadas** y otros **con células muy modificadas**.

En los tejidos hay que distinguir, además de las células, una **sustancia intercelular** que puede ser sólida o semilíquida.

(Excluimos de los tejidos la sangre y la linfa, en las que la sustancia intercelular es líquida).

Teniendo en cuenta todo esto, y además el aspecto anatómico y fisiológico, pueden agruparse los tejidos animales así:

A) TEJIDOS FORMADOS POR CÉLULAS POCO MODIFICADAS:

1.º Tejido protector y secretor: Tejido epitelial de revestimiento.
Epitelio glandular.

2.º Tejidos de sostén: Tejido conjuntivo.
Tejido adiposo.
Tejido cartilaginoso.
Tejido óseo.

B) TEJIDOS CON SUS CÉLULAS MUY MODIFICADAS:

Tejido muscular.
Tejido nervioso.

Los tejidos epiteliales de revestimiento.

Sirven para recubrir y proteger la parte exterior del cuerpo y para tapizar las cavidades internas.

Apenas tienen sustancias intercelular; tan sólo una pequeña cantidad de cemento semilíquido para soldar o cementar entre sí las células contiguas.

Estos tejidos atendiendo a la forma de las células, puede ser: de células planas y de células prismáticas (figs. 7-2 y sigs.).

1.º Epitelio de células planas.

Sus células se disponen en capas superpuestas. Puede haber varios tipos.

a) **Endotelios:** Son epitelios uniestratificados (una sola capa de células) (1). Tapizan el interior del corazón, de las venas y arterias y forman las paredes de los capilares. Entre sus células quedan pequeñas hendiduras que pueden ensancharse a veces, se llaman **estomas** y están llenas de cemento.

Los estomas facilitan el paso a su través de fagocitos y líquidos.

b) **Mucosas:** Son epitelios planos, constituidos por pocas capas de células superpuestas, formando una piel muy fina. Ej.: la mucosa labial, bucal, lingual, nasal, parpebral...

c) **Serosas:** Son membranas epiteliales de doble hoja cuyo espacio intermedio está lleno de un líquido (serosidad). Son serosas el peritoneo que envuelve la masa intestinal; la pleura que envuelve los pulmones y el pericardio que rodea el corazón.

d) **Epitelio multiestratificado o tegumentario:** Forma la parte exterior de la piel, de grosor muy variable (2).

Siempre **está constituido** por más de cinco capas de células superpuestas. Las capas in-



Fig. 7-2.

ternas tienen sus células más o menos prismáticas y vivas; las externas están muertas y son aplanadas; están queratinizadas, sirviendo de protección a las más profundas.

2.º Epitelio de células prismáticas.

Esté formado por células alargadas; puede ser también uni o multiestratificado.

Presenta dos variedades: el **epitelio con chapa** y el **epitelio vibrátil** (figs. 7-3 y 7-4).

a) **Epitelio de células con chapa:** Está constituido por una sola capa de células prismáticas, unidas por sus caras laterales; en su superficie libre poseen una gruesa placa o cubierta llamada **chapa** (3). Se encuentra tapizando el tubo digestivo, sobre todo el intestino. Entre las células prismáticas existen unas **células caliciformes** que segregan un líquido mucoso lubricante, que aminora los efectos del roce de los alimentos contra las paredes intestinales.

b) **Epitelio vibrátil:** Su constitución es idéntica a la del epitelio anterior. Únicamente en la superficie libre de las células hay **pestañas vibrátiles** en vez de chapa (4).

Este epitelio se encuentra tapizando las vías respiratorias, como la tráquea y los bronquios; también se encuentra en los oviductos y otros conductos, así como en las larvas de muchos animales acuáticos. Su función en el aparato respiratorio es evitar que las partículas de polvo que pueden entrar con el aire, lleguen a los pulmones. Para facilitar la retención del polvo, las células caliciformes segregan un líquido mucoso. Este líquido es expulsado a la faringe (esputos) por el movimiento vibrátil de las pestañas.

Epitelio glandular: Su constitución.

Está constituido por células prismáticas o cúbicas, especializadas en **segregar ciertas sustancias**. Estas células pueden estar aisladas, como las células caliciformes ya indicadas, o bien agrupadas, constituyendo órganos especiales llamados **glándulas** (figura 7-4).

Fig. 7-4.—Epitelio vibrátil y glandular.

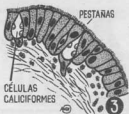


Fig. 7-3.—Epitelio con chapa.

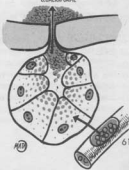
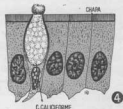




Fig. 7-4.—Diversos tipos de glándulas.

Las **glándulas** son órganos que extraen de la sangre determinadas sustancias para elaborar ciertos productos que se utilizan:

- ya sea para verterlos al exterior (orina, sudor),
- o al tubo digestivo (saliva, jugo gástrico, bilis...),
- o a la sangre (el producto de la hipófisis, tiroides...).

En todo caso, en el proceso secretor parecen existir dos fenómenos distintos: uno físico y otro químico.

En el aspecto físico hay una verdadera filtración, por la que las células de la glándula separan del ambiente (sangre, plasma) los materiales que ellas necesitan.

Químicamente, el fenómeno secretor no es bien conocido. Desde luego, los materiales filtrados son elaborados mediante delicadas reacciones propias de su metabolismo celular, originándose los productos glandulares. Parece ser que es el aparato de Golgi el que más interviene en estas reacciones. Las células secretoras pueden morir, transformándose totalmente en producto de secreción (**secreción holócrina**); o bien, pueden seguir viviendo después de realizar la secreción (**secreción merócrina**).

Clases de glándulas.

Se distinguen tres tipos de glándulas: abiertas, cerradas y mixtas (fig. 7-4).

Las **glándulas abiertas** se llaman también de **secreción externa** o **exócrinas**, y son las que comunican con el exterior o con el tubo digestivo mediante un conducto (*riñón, sudoríparas, sebáceas, salivares, gástricas...*). Las glándulas abiertas, por su forma, pueden ser tubulosas, acinosas, digitadas, arracimadas, etc. (fig. 7-4).

Las **glándulas cerradas** o de **secreción interna** o **endócrinas**, carecen de conducto y vierten su secreción a la sangre (*hipófisis, tiroides, timo, epífisis*). Finalmente, las **glándulas mixtas** pueden actuar a la vez como abiertas y cerradas, vertiendo la secreción a la sangre, al tubo digestivo o al exterior. Ej.: las sexuales, el páncreas.

LOS TEJIDOS DE SOSTEN

El tejido conjuntivo.

Tiene como función unir, envolver y reforzar los demás tejidos en los distintos órganos del cuerpo.

El tejido conjuntivo está constituido por células separadas unas de otras por una sustancia intercelular o sustancia fundamental.

Las células son de dos clases (fig. 8-1):

Unas son fijas, de forma estrellada y provistas de largos y tenues filamentos; son las propiamente conjuntivas, y se llaman **fibrocitos**.

Otras son **células emigrantes**; pueden moverse por pseudópodos y apoderarse de partículas extrañas, microbios, células muertas, destruyéndolas. Se llaman **fagocitos macrófagos**. Reciben el nombre particular de **histiocitos**, cuando están en reposo. Otras células de misión desconocida son las células cebadas.

La sustancia intercelular es de consistencia y composición variable según los diversos tipos de tejido conjuntivo. En todos los casos está formada por una sustancia proteica llamada **colagena** que por cocción se hidroliza y se transforma en gelatina; **contiene dos clases de fibras**: conjuntivas y elásticas (figura 8-1), que forman como una red o fieltro más o menos espeso.

Las fibras conjuntivas se reúnen en haces (haces conjuntivos), entrecruzándose entre sí, pero sin soldarse. Son las que por ebullición, se transforman en **gelatina**.

Las fibras elásticas son mucho más finas y escasas, no se asocian en haces y pueden unirse formando redes. Son muy resistentes a los agentes químicos: ácidos, bases, fermentos, etc.

Estas células conjuntivas pueden acumular en su citoplasma gránulos de un color pardo-amarillento o pardo oscuro, llamados **Cromatóforos**. En ciertos Peces, Anfibios y Reptiles existen gran número de cromatóforos sumamente ramificados en la piel. La expansión y retracción de sus prolongaciones por ciertos estímulos originan los cambios de coloración que sufren estos animales. En algunas zonas del cuerpo humano, o en todo él, las células conjuntivas pueden acumular un pigmento negro llamado **melanina**. A él se debe el color de la piel, pelo, iris. La melanina suele desarrollarse bajo el influjo de los rayos ultravioleta de la luz. Si la distribución no es uniforme se producen las pecas, lunares...



Fig. 8-1.—Tejidos de sostén.

Diferentes tipos de tejido conjuntivo:

El tejido conjuntivo presenta las siguientes variedades:

Variedad laxa: Tiene aspecto laminar y sirve para unir los epitelios a las vísceras y órganos. Es muy rica en capilares de los que escapa el plasma sanguíneo imbibiendo los tejidos que envuelve. La abundancia de leucocitos que origina, es un medio poderoso de lucha contra las infecciones microbianas.

Variedad elástica: Forma, sobre todo, las tónicas envolventes de los vasos sanguíneos. Predominan las fibras elásticas.

Variedad fibrosa: Forma los tendones de los músculos, y los ligamentos articulares. Es de gran resistencia a la ruptura. Predominan las fibras y haces conjuntivos.

El tejido adiposo.

Puede considerarse también como una **variedad del tejido conjuntivo**. Por tanto, actúa como tejido de sostén, y además almacena materias nutritivas de reserva.

Se encuentra este tejido en la **médula de los huesos largos** y en la zona profunda de la piel, formando una capa continua o **panículo adiposo**.

El panículo adiposo está muy desarrollado en el vientre de las personas obesas. Constituye un almacén de reserva de lípidos que pueden ser movilizados por la sangre. Las masas adiposas actúan también a modo de cuerpos elásticos; por eso nunca falta este tejido en las partes del cuerpo más expuestas al influjo de presiones notables, como la planta del pie, región glútea, lado flexor de las articulaciones.

Como en el conjuntivo, se distinguen también en este tejido células y sustancia intercelular.

Las células pueden ser **fijas** y **emigrantes**.

las **células fijas** se llaman **adipócitos** y son redondeadas (fig. 8-1). Almacena

cenan grasa en su interior. Al principio, las células adiposas tienen numerosas gotitas de grasa, que se van fusionando poco a poco, hasta formar una gruesa gota. Esta llega a ser tan voluminosa, que logra relegar hasta la periferia, el núcleo y el citoplasma.

Las **células emigrantes** tienen propiedades fagocitarias.

La **sustancia intercelular** es escasa, constituida por fibras conjuntivas y elásticas.

Este tejido está enormemente desarrollado en algunos animales: cerdo, jabalí, ballena...

Los tejidos esqueléticos:

Se denominan tejidos esqueléticos a los que tienen más consistencia por ser sólida la sustancia intercelular: son el cartilaginoso y el óseo.

El tejido cartilaginoso y sus variedades.

Es un tejido de sostén, que se caracteriza por su **elasticidad** y por su **gran resistencia**.

Las **células** se llaman **condriocitos**, y se encuentran alojadas por grupos en unas cavidades de la sustancia intercelular (**cápsulas cartilaginosas**) (fig. 8-1).

La **sustancia intercelular** es sólida y elástica y traslúcida; consta de fibras conjuntivas y elásticas como el tejido conjuntivo. Por coacción origina gelatina.

Atendiendo a los caracteres de la sustancia intercelular, se distinguen las siguientes variedades del tejido cartilaginoso:

- a) **Cartilago hialino**.—La sustancia intercelular es **homogénea** y traslúcida (fig. 8-1). En realidad, tiene una trama de finísimas fibrillas, englobadas en una especie de cemento homogéneo que enmascara la estructura fibrosa. **Se encuentra** en el hombre, formando la ternilla de la nariz, los cartílagos costales y los cartílagos articulares. En el feto, todas las piezas cartilaginosas, destinadas a modelar los huesos, constan de esta clase de cartilago.
- b) **Cartilago elástico o reticular**.—La sustancia intercelular está constituida por una densa red de fibras elásticas. Tiene mayor elasticidad que el anterior; por eso es irrompible. Este tejido elástico se encuentra en las ternillas de las orejas, cartílagos de la laringe...
- c) **Cartilago fibroso o conjuntivo**.—Abundan las fibras conjuntivas. Se encuentran en los discos intervertebrales.

El tejido óseo: su constitución.

El tejido óseo constituye los **huesos** del esqueleto.

Consta de células y de sustancia intercelular sólida (fig. 8-2).

Las **células óseas** se denominan **osteocitos**; tienen una película plasmática fina y emiten largas prolongaciones ramificadas. Cada osteocito se aloja en

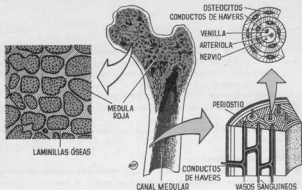


Fig. 8-2.—Variedades y detalles del tejido óseo.

una cavidad o **laguna ósea**. Estas, comunican entre sí por unos finos conductos, llamados **conductillos óseos** o **calcóforos**. Las lagunas óseas suelen disponerse en capas concéntricas.

La **sustancia intercelular** forma la **mayor parte** del tejido.

Consta de una porción **orgánica**, que es tejido conjuntivo con muchas fibras colágenas, las que comunican al hueso elasticidad; y de otra **inorgánica**, integrada por sales de calcio que dan al hueso dureza y fragilidad.

Estos dos componentes son fáciles de separar en un hueso fresco: la parte mineral se puede eliminar por un ácido; la orgánica, por calcinación.

En detalle, la composición media de un hueso es:

Osteína, 34 por 100.

Fosfato tricálcico, 56 por 100.

Carbonato cálcico, 6 por 100.

Fluoruro cálcico y fosfato magnésico, 4 por 100.

Las fibras colágenas están dispuestas en capas, de tal manera que la dirección de las fibras en una es perpendicular a las de la siguiente, dando así gran consistencia al hueso. Después se calcifican y forman las laminillas que determinan la estructura ósea.

El **periostio** es una membrana conjuntiva que envuelve a los huesos, salvo en las articulaciones, y que **origina el crecimiento en espesor, formando por fuera capas concéntricas** (fig. 8-2).

Variedades.

Atendiendo a su origen, hay dos clases de huesos:

- **huesos de membrana**; proceden de osificación de membranas conjuntivas. Ej.: los del cráneo y la clavícula.
- **huesos de cartilago**; han pasado previamente por la fase de cartilago, realizándose la osificación a partir de puntos determinados (fig. 8-3).

Atendiendo a su estructura se distinguen también **dos variedades** de tejido óseo: el **compacto** y el **esponjoso**.

a) **El tejido óseo compacto.**—Forma la parte periférica de los distintos huesos y la zona tubular de los huesos largos (fig. 8-2).

Los huesos largos tienen su parte media (diáfisis) hueca, en forma de tubo o caña. Su interior está ocupado por tejido adiposo, que constituye el **tuétano** o **médula ósea amarilla**.

Sus paredes se hallan formadas por diversos sistemas de láminas concéntricas (fig. 8-2) y están recorridas longitudinalmente por numerosos canalículos, llamados **conductos de Havers**, por los que pasan los vasos sanguíneos y nervios que

vivifican al hueso.

También tienen comunicación con las lagunas óseas a través de los **conductillos calcíforos**. Todos estos dispositivos van encaminados a asegurar la nutrición del hueso.

En los huesos largos existen también otros conductos sumamente finos, que atraviesan sus paredes en sentido transversal; se llaman **conductos de Volkman** o **perforantes**.

Estos conductos arrancan del periostio o de la médula ósea y desembocan en los conductos de Havers.



DESARROLLO DE LOS HUESOS

Fig. 8-3.—Puntos de osificación de un hueso largo.

b) **El tejido óseo esponjoso.**—Se encuentra en el interior de los huesos cortos y anchos, y en las epífisis de los huesos largos.

Sus láminas están entrecruzadas, formando una trama esponjosa (fig. 8-2). Los huecos que quedan están ocupados por la **médula ósea roja**, de gran importancia en la formación de los hematíes.

PRACTICAS

TEJIDOS ANIMALES

1.º Tejido epitelial.

Material: Células de la mucosa bucal.

Práctica: Véase la misma práctica en el capítulo 4.

Se aprecian células endoteliales.

Material: Epidermis de rana.

Práctica: Se monta en agua y cubre.

Se ven células planas de epitelio tegumentario.

Material: Intestino de la cochinilla de la humedad.

Práctica: Se abre la última parte del intestino con una aguja enmangada. Se cortan trozos, se monta en agua y cubre.

Se ven células de tejido epitelial con chapa.

Material: Manto de una almeja.

Práctica: Se monta como de costumbre.

Se aprecian células de epitelio vibrátil.

2.º Tejido adiposo.

Material: Un trocito de tocino.

Práctica: Corte muy fino; montar con una gota de éter. Aplastar con agujas enmangadas y cubrir. Se ven células adiposas y gotas de grasa sueltas.

3.º Tejido muscular.

Material: Una pata o ala de saltamontes o de escarabajo de agua.

Práctica: Se le arranca una pata o ala y los trozos de músculo que quedan colgantes se separan con agujas enmangadas y montan en suero fisiológico.

Se ven las fibras estriadas a modo de pequeños cilindros. Se aprecian también las tráqueas respiratorias.

Para ver el tejido muscular liso se toman trocitos de vejiga, se tratan con NO_3H al 20 por 100 en un tubo y se disocian los trozos con agujas. Se lavan bien y montan con glicerina.

4.º Tejido cartilaginoso.

Material: Cartilago costal de carnero.

Práctica: Se hacen cortes bien finos y se montan en solución fisiológica.

Se aprecia la materia fundamental opalescente y las cavidades donde se contienen las células.

5.º Tejido óseo.

Material: Hueso largo de cordero, ternera, etc.

Práctica: Con una sierra de pelo muy fino se cortan láminas muy delgadas, longitudinales y transversales. Con piedra esmeril fina y húmeda se desgastan con cuidado, se lavan y montan con glicerina.

Se aprecian los detalles de la figura 8-2.

TEJIDOS MUSCULAR Y NERVIOSO

El tejido muscular.

El **tejido muscular** está **constituido** por células alargadas gigantes (cinco a seis cm. en el hombre) llamadas **fibras musculares**, cuya propiedad fundamental es la **contractibilidad** en sentido longitudinal.

La **contracción** de la fibra o célula muscular se debe a las **miofibrillas**, que son unos finos y numerosos filamentos contráctiles, orientados en sentido longitudinal, dentro del citoplasma. El resto del citoplasma, no diferenciado, se llama **sarcoplasma**. Las fibras musculares, al contraerse, cambian de forma, pero no de volumen.

El tejido muscular contiene un 20 por 100 de material proteico —la miosina—, un 75 por 100 de agua, un 1 por 100 de glucógeno y diversos fosfatos, sobre todo fosfato potásico, importante en el proceso de **contracción** muscular. El color rojo es debido a la **hemoglobina** muscular, más o menos abundante.

Variedades.

Se conocen dos **variedades** de tejido muscular (fig. 9-1):

- a) **Tejido muscular de fibra lisa.**—Sus células se llaman **fibras musculares lisas** y son fusiformes, con un núcleo ovalado situado en el centro. Las miofibrillas están juntas y son muy difíciles de distinguir, por lo que las fibras tienen un aspecto "liso". Su color es pálido.

Fig. 9-1.—Fibras lisas, fibras estriadas y tres posiciones de una miofibrilla: posición normal, posición estirada: lo que se estira son las franjas claras; posición de contracción: lo que se contrae son las franjas oscuras.



Las fibras lisas se asocian mediante el tejido conjuntivo, **constituyendo músculos de contracción lenta e involuntaria**, generalmente. Los músculos lisos se encuentran en el tubo digestivo, vasos sanguíneos, vejiga de la orina, etc.

- b) **Tejido muscular de fibra estriada.**—Las **fibras musculares estriadas** (figura 9-1) son más gruesas y, sobre todo, más largas que las lisas; pueden medir varios centímetros (hasta 12 en algunos animales). Cada fibra posee **numerosos núcleos**, que suelen estar en posición periférica. Se puede considerar como una célula gigante originada por fusión de varias células elementales. Además, tienen una membrana bien manifiesta (sarcolema).

Las fibras están estriadas longitudinalmente debido a las miofibrillas. Pero, sobre todo, presentan una **estriación transversal**, causada por la existencia de bandas poco refringentes, **oscuras** (bandas birrefringentes o anisótropas), alternando con otras claras de mayor refringencia (bandas monorretrifringentes o isotropas (fig. 9-1). Esta estriación transversal es debida, asimismo, a las miofibrillas, que también tienen franjas claras y oscuras, las cuales quedan en todas ellas al mismo nivel.

Las fibras estriadas tienen **contracción rápida** y generalmente **voluntaria**. Se contraen las franjas oscuras. En cambio, las que se estiran son las claras.

Merece mención especial el **tejido muscular del corazón**. Es un tejido estriado; pero como el liso, tiene los núcleos celulares en el centro de la fibra; carece de sarcolema y tiene movimiento involuntario.

La musculatura y los músculos.

El sistema muscular ocupa una parte muy importante en el cuerpo humano. La variedad lisa se halla en todos los órganos de la vida vegetativa: estómago, intestinos, vasos sanguíneos, etc.

Y la variedad estriada forma la musculatura que envuelve a todos los huesos y vísceras, da la forma al cuerpo y constituye la parte activa de los órganos del movimiento. Es lo que vulgarmente se llama carne.

Un músculo es siempre un haz de fibras musculares, y la musculatura es el conjunto de músculos estriados del cuerpo. Su número pasa de 500. A los músculos estriados vamos a referirnos en nuestro estudio.

La **estructura** de un músculo estriado es la siguiente (fig. 9-2):



Fig. 9-2.—Esquema de un músculo estriado.

Las fibras estriadas se disponen en fascículos o haces primarios rodeados de una membrana de tejido conjuntivo llamada *endomisio*. Estos haces primarios forman, por asociación, otros más gruesos (*haces secundarios*), con la consiguiente envoltura conjuntiva. Estos forman los haces terciarios, y así sucesivamente hasta constituir el músculo, que también va envuelto por una vaina de tejido conjuntivo (*périmisio externo*) (fig. 9-2).

La reunión de todas estas vainas envolventes originan los tendones, por los que el músculo se une a los huesos, en los que se inserta fuertemente.

Al contraerse y dilatarse hacen girar unos huesos sobre otros y producen los movimientos del cuerpo. A veces también se insertan en la piel, como sucede con los músculos mímicos o de la expresión situados en la cara. Intervienen igualmente en la respiración, en la emisión de sonidos y palabras y en las actitudes y posturas.



Fig. 9-3.—Distintas clases de músculos.

Clases de músculos estriados.

Según su forma, pueden ser (fig. 9-3):

— **Largos.**—Tienen forma de huso. La parte media, más abultada y roja, se llama **vientre**; los extremos blancos, formados por las envolturas conjuntivas de cada fibra, se denominan **tendones**.

Si terminan en dos o más tendones reciben los nombres de **biceps**, **triceps**, etc.

— **Cortos.**—Se hallan entre los huesos cortos, como los de la mano y la columna vertebral. Cuando sirven para cerrar orificios se llaman **esfínter**. Ej.: el esfínter anal o el vesical.

— **Orbiculares:** son pares de músculos que dejan una abertura en forma de ojal. Ej.: los orbiculares de los labios y los ojos (fig. 9-3).

— **Anchos.**—Tienen forma de **lámina**, como el recto del abdomen; de **abanico**, como el gran pectoral; de **cinta**, etc.

Forman parte de las paredes de las cavidades. Pueden unirse al esqueleto por láminas tendinosas llamadas **aponeurosis**. Ej.: el frontal y el occipital.

Según su función específica, reciben diversos nombres:

- **Flexores**, si repliegan un hueso sobre otro; **extensores**, si vuelven a llevar el hueso replegado a la posición primitiva.
- **Pronadores**, si giran hacia dentro un miembro, como aquellos que hacen girar el antebrazo para que el dorso de la mano mire hacia arriba; **supinadores**, si giran el miembro hacia fuera como los que ponen el dorso de la mano hacia abajo.
- **Elevadores**, si elevan un órgano, como el párpado superior, la mandíbula inferior...
- **Congéneres** son los músculos que tienen la misma acción fisiológica; los que tienen acción opuesta se denominan **antagonistas**. Ej.: el biceps y triceps del brazo.

Fisiología muscular.

Los músculos funcionan mediante contracciones y dilataciones. El excitante que las provoca es normalmente la corriente o influjo nervioso. Accidentalmente puede provocar la contracción un agente mecánico (pinchazo), químico (ácido o álcali) o eléctrico (corriente que varía bruscamente).

Veamos las propiedades fisiológicas de los músculos estriados en general:



Fig 9-4.

1.º **Los músculos son contráctiles.**—Se contraen cuando actúa alguno de los excitantes que hemos señalado. Al contraerse acercan los huesos unos a otros y originan el movimiento, o las diversas expresiones del rostro si se trata de los músculos mímicos. En la contracción cambian de forma, pero no de volumen (figura 9-4).

La contracción es de tipo tetánico. Es decir, que el músculo recibe un influjo nervioso intermitente, el cual provoca una sucesión rápida y sostenida de contracciones, casi fusionadas entre sí, que dan la sensación de contracción sostenida. Algo parecido a lo que sucede en el cine con las imágenes ópticas.

Se puede comprobar mediante una corriente eléctrica intermitente. Se ve que en cada impulso eléctrico se produce una contracción seguida de una relajación (cuando el número de intermitencias es de 40 ó 50, las contracciones se fusionan y el músculo queda tetanizado) (fig. 9-5).

Este hecho explica que las personas que agarran un cable de corriente continua son lanzadas lejos; si la corriente es alterna (de 50 ciclos) quedan agarrotados. Si la corriente es de alta frecuencia (más de 1.500 ciclos) es inofensiva e incluso beneficiosa. Si colocamos un micrófono sobre un músculo fuertemente contraído se nota un sonido de unas 40 vibraciones por segundo.

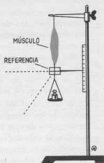


Fig. 9-5.

- 2.º **Los músculos son elásticos.** Es decir, que se estiran cuando una fuerza les obliga, pero luego vuelve a su longitud normal. Su elasticidad es perfecta (vuelven exactamente a su longitud primitiva) pero débil, es decir, que a partir de la actuación de una fuerza relativamente pequeña el músculo se deforma. Se comprueba haciendo experiencias con el músculo gastrocnémico de una rana (fig. 9-5)
- 3.º **La tonicidad o tono** es la propiedad que tienen los músculos en el organismo de encontrarse normalmente en un estado de contracción incipiente. Es debido a la constante actividad del influjo nervioso y se manifiesta, por cierta dureza de los músculos. Si desaparece el influjo nervioso los músculos se ponen blandos y flácidos, como sucede en los cadáveres. (La rigidez cadavérica posterior es debida a la coagulación de la miosina por el ácido sarcoláctico.)
- 4.º **El trabajo y el calor musculares.**

Los músculos al contraerse originan una fuerza (fuerza muscular) que normalmente produce trabajo. Al mismo tiempo el músculo respira y se ha comprobado con calorímetros especiales que el calor producido en la respiración es el principal manantial del calor del organismo.

En ambos casos la energía que ocasiona el trabajo o el calor procede de las oxidaciones que se producen en el músculo; el combustible normal son los glúcidos, principalmente el glucógeno. El mecanismo de estas combustiones es complicado; lo estudiaremos en la respiración.

Cuando los músculos están en actividad, es decir, cuando trabajan, las reacciones de oxidación son muy intensas. Entonces reciben cinco veces más sangre y veinte veces más oxígeno que en reposo.

Oxidan primero los glúcidos (glucosa y glucógeno). **Después los lípidos** (es bien sabido que el ejercicio muscular intenso es el mejor medio de eliminar grasas). Y, por fin, a falta de los anteriores, **incluso los prótidos**. Por consiguiente, toda actividad intensa del músculo, al au-

mentar las oxidaciones, se traduce en calor. Por eso, con el ejercicio muscular se calienta el cuerpo e incluso se llega a sudar.

Cuando la actividad es intensa, sobre todo si el músculo no recibe la suficiente cantidad de glucosa y de oxígeno, se producen como **sustancias de desasimilación** el **ácido láctico** y otras, como el CO_2 , la urea, el amoníaco, etc., llamadas en conjunto **toxinas musculares**. Si a la actividad sigue una fase de reposo, el músculo se restaura, transforma el ácido láctico en glucógeno y la sangre arrastra las toxinas musculares que se eliminan por la orina y el sudor. El masaje acelera la circulación y la eliminación de estos productos.

Como durante el trabajo muscular son más intensos los procesos metabólicos de los músculos y su respiración mucho más activa, es obvia la consecuencia de que el ejercicio desarrolla y fortifica los músculos, mientras que la vida sedentaria los desnutra y debilita. De aquí la gran importancia de la educación física, para que el organismo adquiera y conserve la armonía de las formas y el pleno rendimiento de sus funciones.

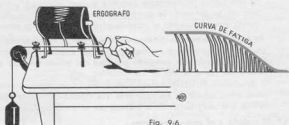


Fig. 9-6.

5.º La fatiga muscular.

Resultado de la restauración insuficiente del músculo y de la mala eliminación de los desechos de la actividad muscular.

Produce sensación de cansancio y los movimientos son dolorosos y lentos (lo que se llama vulgarmente **agujetas**). La fatiga puede llegar hasta el agotamiento, que se caracteriza por la pérdida completa de la irritabilidad muscular, debido a la acción coagulante del ácido láctico sobre el protoplasma de las células musculares y, por consiguiente, la ineptitud para cualquier trabajo físico, ya que los movimientos son muy lentos y penosos.

La **fatiga desaparece** con el descanso, para que el músculo se restaure, y con masajes, que activen la circulación y favorezcan el arrastre por la sangre de las toxinas musculares.

Mediante un **ergógrafo** (fig. 9-6) se puede estudiar la fatiga muscular en el hombre. El dedo medio, por ejemplo, levanta el peso, a intervalos

regulares, al ritmo de los golpes de un metrónomo. La amplitud de los movimientos que se inscriben sobre el cilindro registrador al principio es constante, después disminuye y luego se anula. Uniendo con una línea el vértice de las contracciones sucesivas, se tiene la curva de fatiga o **miograma**. Su perfil caracteriza a un individuo durante varios años.

El tejido nervioso.

El tejido nervioso está constituido por unas células especiales llamadas **neuronas**. Junto a ellas hay unos elementos de sostén (células de neuroglía) y unas células emigrantes de tipo fagocitario (células de microglía).

El tejido nervioso tiene como función recoger las excitaciones del medio ambiente y dirigir y regular el funcionamiento de todo el organismo.

Células nerviosas, neuronas o neurocitos.

Las neuronas son las células más modificadas. No obstante se aprecian los componentes esenciales de toda célula: un núcleo voluminoso y un citoplasma denso del que salen una serie de prolongaciones (**dendritas** y **neurita**).

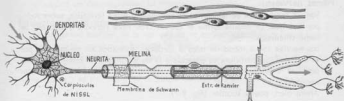


Fig. 9-7.—Arriba: Fibras amedulares. Abajo: Esquema de una neurona medular completa.

Las **dendritas** arrancan de la célula con una ancha base; se ramifican en seguida, dando ramas cada vez más delgadas. Su superficie es rugosa.

La **neurita** es única en cada célula: es más larga, su superficie es lisa y sus ramas laterales (**colaterales**) salen en ángulo recto (fig. 9-7).

En el cuerpo celular existen finísimos filamentos (**neurofibrillas**) dirigidos en todas las direcciones, formando una especie de red. Llegan de los extremos de las dendritas a los de la neurita; conducen las excitaciones nerviosas. También hay granuleciones especiales llamadas **gránulos de Nissl**.

Las distintas neuronas se relacionan entre sí no por continuidad, sino por contigüidad o **contacto**; a tal conexión o articulación se le da el nombre de **sinapsis**.

Las células nerviosas están tan especializadas que han perdido totalmente la facultad de multiplicarse. Pueden crecer de tamaño y regenerar alguna de sus partes, sobre todo las prolongaciones. Pero el hombre, y lo mismo cualquier animal, no posee a lo largo de su vida más células nerviosas que las que posela al nacer.

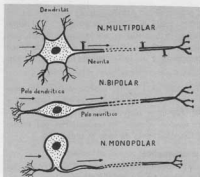


Fig. 9-8.—Tres tipos de neuronas.

Atendiendo a las prolongaciones que emergen del cuerpo celular, se pueden distinguir tres tipos de neuronas: **multipolares**, **bipolares**, **monopolares** (fig. 9-8).

En las **neuronas multipolares** arrancan del cuerpo celular numerosas prolongaciones: una neurita y varias dendritas.

En las **bipolares** salen dos prolongaciones: una neurita y una dendrita.

Las **neuronas monopolares** tienen una prolongación única, de la que se originan la neurita y las dendritas.

Fibras nerviosas.

Son los conductores de las corrientes nerviosas y están formadas, sobre todo, por **neuritas**. La neurita forma el eje de cada fibra nerviosa y por eso se llama **cilindroeje**.

Los **nervios** son a modo de hilos o cordones, formados en su mayoría por estas fibras. Su estructura es parecida a la de los músculos. Están protegidos por una envuelta conjuntiva llamada **epineuro** y conducen las corrientes nerviosas.

Ahora bien, puede suceder (fig. 9-7):

1.º Que la fibra nerviosa tenga una cubierta protectora (a veces son dos) de una sustancia lipóide, llamada **mielina**, la cual actúa de aislante y es de un color blanco brillante. La mielina constituye unas células de citoplasma granuloso llamadas **células de Schwann**, separadas unas de otras por un estrechamiento.

Estas fibras forman los nervios periféricos cerebroespinales, la sustancia blanca del encéfalo y de la médula espinal; se llaman **fibras medulares**.

2.º Que la fibra nerviosa no tenga ninguna envoltura protectora, estando la neurita desnuda. Estas fibras suelen tener color gris por carecer de mielina y constituyen los nervios grises.

Se encuentran en el sistema nervioso simpático, en la sustancia gris de los centros nerviosos y en todos los nervios embrionales. Se llaman **fibras nerviosas ameduladas**, **amedulares** o de **Remak** (fig. 9-7).

La neuroglía.

Está constituida por un conjunto de células de tipo estrellado que se encuentran dispersas por el sistema nervioso (fig. 9-9). Sus prolongaciones se ramifican repetidamente, formando una tupida trama de fibras en torno a las neuronas. Entonces se llaman **astrocitos**.

La neuroglía parece realizar las siguientes funciones:

- 1.ª Es un elemento de sostén, actuando como aislante de neuronas y de fibras nerviosas.
- 2.ª Contribuye a la nutrición del tejido nervioso, cogiendo de los vasos sanguíneos las sustancias nutritivas mediante apéndices chupadores; y posiblemente también, a la cicatrización y regeneración de lesiones ocasionales en los nervios.

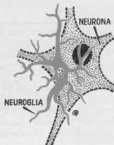


Fig. 9-9.

La microglía.

Está constituida por un conjunto de células muy pequeñas con numerosas prolongaciones. Estas células se llaman **células de microglía** o **células de Hortega**, en honor a su descubridor, el histólogo español Pio del Río-Hortega. Son las células emigrantes del tejido nervioso, encargadas de fagocitar los productos de desintegración del mismo.

Fisiología de la neurona.

La propiedad esencial de la neurona es su *excitabilidad especial*, que le permite recoger, conducir y transmitir las excitaciones.

Al ser impresionada por un estímulo (mecánico, eléctrico, etc.) se origina en la neurona un *influjo* o *corriente nerviosa*, que se propaga a lo largo de la misma y se trasmite a las neuronas con las que está en contacto.



Fig. 9-10.—Dirección de la corriente nerviosa en las neuronas.

Esta corriente nerviosa presenta las particularidades siguientes:

- a) Va siempre de las dendritas al cilindroeje, pero no en sentido contrario (ley de polarización funcional de Cajal); es decir, que en las dendritas es *celulípeto*, y en el cilindroeje, *celulífugo* (fig. 9-10).
- b) Una alteración cualquiera en una fibra nerviosa (anestésico, enfriamiento a cero grados o calentamiento a 50 grados) produce la interrupción de la corriente nerviosa (en esta propiedad se funda la anestesia).
- c) La velocidad con que se propaga el influjo nervioso se puede medir; es variable según los casos. En los mamíferos oscila entre 30 y 120 metros por segundo.

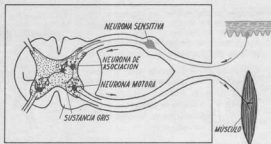


Fig. 9-11.—El arco reflejo.

d) La corriente nerviosa va acompañada, al parecer, de una débil corriente eléctrica llamada *onda de despolarización*; según algunos autores, las dos cosas son lo mismo.

Según se ve, cuando se excitan las dendritas de las neuronas situadas en un órgano cualquiera se produce una corriente nerviosa que atraviesa el cuerpo celular y sale por el cilindroeje transmitiéndose a otras neuronas o a lo largo de las fibras nerviosas y los nervios. Si la corriente llega a una célula cuyo cilindro eje termina en un músculo o una glándula, provoca la contracción de músculo o la secreción glandular.

O sea, que puede haber tres clases de neuronas (fig. 9-11):

sensitivas o receptoras: reciben la excitación en las dendritas y originan la corriente nerviosa.

efectoras: transmiten el influjo a los músculos o glándulas, haciendo que se contraigan o segreguen.

de asociación: son neuronas intermedias que conectan las dos clases citadas anteriormente.

Actos nerviosos: acto reflejo.

Mediante las corrientes nerviosas sensitivas que llegan al cerebro desde los sentidos o de los diversos órganos del cuerpo, nos damos cuenta de los estímulos exteriores o interiores que han actuado sobre ellos.

Y mediante las corrientes motoras que parten del cerebro y van a parar a los músculos y glándulas, podemos realizar los movimientos y actos que deseamos. De todos ellos nos damos cuenta: son actos voluntarios.

Pero hay otros actos que se realizan involuntariamente y se llaman **actos reflejos**. Estos se producen siempre de la misma manera.

Ejemplos de actos reflejos: el estornudo, por picor en la nariz; el parpadeo; el cerrarse la pupila cuando la luz es intensa; la secreción salivar ante la vista de la comida; el sudor cuando hace calor, etc.

El mecanismo de un acto reflejo se hace patente con el reflejo rotuliano: estando uno sentado y con las piernas pendientes, se da un golpe con un macito de goma o con el canto de la mano, debajo de la rótula; un momento después, e independientemente de la voluntad del sujeto, la pierna se extiende.

La explicación es la siguiente (fig. 9-11). La impresión del golpe es recogida por una célula sensitiva que produce una corriente nerviosa, la cual llega a través del cilindroje, o de una fibra nerviosa, hasta la médula. Allí, por intermedio de una neurona de asociación, pasa a una neurona efectora o motora, la cual trasmite el influjo nervioso hasta el músculo que provoca la extensión de la pierna y éste se contrae.

Parece como que el influjo nervioso se ha reflejado en un punto dado. Por eso el acto se llama reflejo.

El conjunto de las tres células esenciales que han intervenido se denomina arco reflejo.

No siempre es necesaria la neurona de asociación.

Se llaman actos reflejos condicionados los que se adquieren durante la vida por repetición. Ej.: la secreción salivar por el olor de la comida, o al oír la campanilla que la anuncia, etc.

PRACTICAS

1.ª Observación de los músculos de una rana.

Material: Ranas recién muertas, bisturí o cuchillas, pinzas, alfileres, planchas de corcho para fijar las ranas, agujas enmangadas.

Práctica: Se desuella la rana y quedan a la vista los músculos (fig. 9-12). Sobre todo los de las extremidades son bastante similares a los del hombre. Observar su forma, sus inserciones, tendones, contracción, etc. Separar y cortar algunos músculos completos, entre ellos el gastrocnémico.

2.ª Contracción de los músculos en la rana.

Material: Una rana, tijeras, agujas enmangadas, bisturí o cuchillas, pinzas, varilla caliente, CIH.

Práctica: Se desuellan las ancas de una rana recién muerta; se separa con cuidado el músculo gastrocnémico (fig. 9-13), que se mantiene húmedo con suero fisiológico (de Ringer). Se le excita con unas pinzas, una varilla caliente, una corriente eléctrica, un ácido fuerte... y se verá cómo se contrae el músculo en todos los casos.

Se puede excitar también a través del nervio correspondiente.

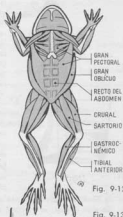
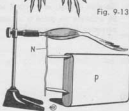


Fig. 9-12.

Fig. 9-13.



3.º Medida de la elasticidad de un músculo.

Material: Músculo gastrocnémico de rana, aguja con hilo, soporte, pesas, señal de referencia.

Práctica: Se monta el músculo como indica la figura 9-5. Para ello se corta por el tendón de Aquiles y por arriba se deja adherida a un trozo de fémur y tibia. Se colocan, sucesivamente, diversos pesos hasta 50 gramos; al quitar peso observar cómo el músculo se contrae a su longitud primitiva; es perfectamente elástico. Cuando se llega a los 50 gramos, ya su deformación es permanente. El músculo ha de estar humedecido con el líquido de Ringer.

4.º Estudio de los reflejos medulares en la rana.

Material: Ranas, tijeras, pinzas, agujas, plancha de corcho, cubeta de disección, etc.

Práctica: Se sujeta la rana y se le da en la base del cráneo un corte con las tijeras que le seccione la médula; así queda ésta aislada para los actos reflejos (rana espinal). Se espera algún tiempo, se cuelega la rana de la mandíbula; se coge con unas pinzas un dedo de las patas posteriores y se aprieta cada vez con más intensidad; la pata se contrae; si la excitación es más intensa, la contrae también la otra y aun todas las cuatro. Son actos reflejos, en los que se ven las leyes de la dispersión de reflejos.

Lo mismo sucede con otros excitantes; por ejemplo, con ácido acético o sulfúrico de concentración creciente (1 a 5 por 100) puestos en un vaso, en donde se introduce la punta de los dedos de la rana (fig. 9-14), o bien se pincela con los mismos.

Ahora anestesiemos con éter el extremo de la pata y repetamos la excitación. No hay acto reflejo. Este exige la actividad de las terminaciones nerviosas de la piel.

Destruimos con una aguja la médula. Repetimos las excitaciones; no hay reflejos.

Seccionemos el nervio ciático de la pata; tampoco hay reflejos.



Fig. 9-14.

5.º Reflejos en el hombre.

Material: Martillo de goma o una regla, lámpara eléctrica.

Práctica: Se golpea, estando la pierna doblada y colgante, en la base de la rótula; la pierna se extiende, pues se contrae el cuádriceps (**reflejo rotuliano**). Si fracasa el experimento, distráigase la atención del sujeto.

Se golpea el tendón de Aquiles y se flexiona la planta del pie; lo mismo se consigue haciendo cosquillas en la planta (**reflejo plantar**).

Se observa la pupila de una persona en la semioscuridad, después se le acerca una luz algo intensa, se ve cómo se contrae (**reflejo pupilar**).

Se amenaza un golpe o se pasa un objeto rápidamente por los ojos; se produce el parpadeo (**reflejo parpebral**).

Características de los tejidos vegetales.

En las plantas, lo mismo que en los animales, hay seres unicelulares y otros que son pluricelulares. En éstos hay normalmente división del trabajo celular, con la consiguiente especialización de cada grupo de células, con lo que se diferencian en su forma y estructura, originando distintos tejidos.

Pero es característico de los vegetales el que en un gran número de ellos no se produce apenas diferenciación celular ni se originan tejidos pluricelulares, sino que con sus células forman una masa uniforme llamada *taló*.

Tales plantas constituyen el grupo de las *Talofitas*: algas, hongos, líquenes. En las restantes —las *Cormofitas*— hay tejidos, pero la diferenciación celular siempre es menos acusada que en los tejidos animales.

Clasificación de los tejidos vegetales.

Atendiendo a la función que realizan, se distinguen en las plantas los tejidos siguientes:

Tejidos embrionarios o **formadores**: **originan** los demás; son los **meristemos**.

Tejidos adultos o **definitivos**: proceden de los meristemos por **diferenciación celular**. Según su función, pueden ser:

- **Tejidos nutricios**: **alimentan** a los demás; son los **parénquimas**.
- **Tejidos protectores**: **cubren** y **protegen** los órganos del vegetal; son el **el epidérmico** y el **suberoso**.
- **Tejidos conductores**: **llevan la savia** a todos los demás; son el tejido **vascular** y el **criboso**.
- **Tejidos de sostén**: **forman el esqueleto** de la planta; son los **vasos leñosos**, el **esclerénquima** y **colénquima**.
- **Tejidos secretores**: **elaboran** diversos productos; tienen forma de glándulas, bolsas, conductos, etc.

1.º Los meristemos o meristemas.

Estos tejidos están constituidos por células pequeñas, de membrana fina, de citoplasma abundante, gran núcleo y sin vacuolas.

Realizan dos funciones: **reproducirse** y **originar**, por diferenciación, los demás tejidos.

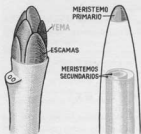


Fig. 10-1.—Los meristemos.

Podemos distinguir dos tipos de meristemos (fig. 10-1).

- **Meristemos primarios:** Estos se localizan en los puntos vegetativos de la planta, o sea, en la punta de la raíz y en la punta del tallo; originan el crecimiento de la planta en longitud.
- **Meristemos secundarios:** Se encuentran en el interior de la raíz y del tallo, constituyen el **cambium** y el **felógeno**. Originan el crecimiento de la planta en grosor.

2.º Parénquimas.

Están constituidos por células poco diferenciadas, pero ya con vacuolas y con meatos entre ellas. Se encuentran en la mayor parte de los órganos vegetales; por eso constituyen el **tejido fundamental**.

Hay dos clases de parénquimas:

- **Clorofílico o asimilador:** Sus células tienen muchos cloroplastos y realizan la función clorofílica (asimilación del carbono). Se encuentran en los brotes tiernos y, sobre todo, en las hojas, donde forman el **tejido clorofílico en empalizada** (haz), y el **lagunar** (envés) (fig. 10-4).
- **Incoloro o de reserva:** Se encuentra en el interior de los órganos aéreos, como tallos, semillas, y también en los tubérculos y raíces. Es rico en azúcares (raíz de la remolacha), grasas (semillas de ricino), almidón (tubérculos, semillas de cereales).

Como variedades del parénquima incoloro, se pueden citar otros dos:

Aerífero: Presenta numerosos meatos para la circulación del aire o su almacenaje. Es propio de las plantas acuáticas, sobre todo de las flotantes.
Acuífero: Sirve para almacenar agua. Se desarrolla en muchas plantas de terrenos secos: plantas **crasas** o **suculentas** (áloe, cactus, chumberas).

Fig. 10-2.—Diversos tejidos que se observan en una hoja.



3.º Tejidos protectores.

Tienen como fin proteger a la planta o a ciertos tejidos contra la pérdida de agua, contra heridas, elevación de temperatura, pérdida de sustancias nutritivas difusibles, ciertos parásitos, etc.

Son el tejido **epidérmico** y el **suberoso**:

a) **Tejido epidérmico.**—Es propio de los órganos foliares y de tallos jóvenes (fig. 10-2).

Esté constituido por una sola capa de células, unidas entre sí, sin dejar meatos y desprovistas de clorofila. Permite el intercambio con el exterior.

La epidermis en las plantas de terrenos secos suele engrosarse con sustancias especiales (*cutina*) (fig. 10-4). En cambio, en los órganos subterráneos o en vegetales sumergidos o de ambiente húmedo, la pared externa suele ser fina.

A expensas de la epidermis se originan: **la cutícula, los tricomas y los estomas.**

Cutícula: es una capa continua que refuerza por fuera la membrana de todas las células epidérmicas en los órganos aéreos (fig. 10-4). La cutícula impermeabiliza la epidermis a la acción de los gases y del agua. A veces la cutícula va acompañada de **formaciones céricas** (uvas, ciruelas, col) que refuerzan la propiedad protectora de la misma.

Tricomas: Son toda clase de salientes epidérmicos, como pelos, escamas, papilas...

Los tricomas más frecuentes son los **pelos**, que existen en la mayoría de las plantas.

Los pelos pueden ser unicelulares y pluricelulares. Unos y otros pueden ser sencillos, ramificados, estrellados, etc. (fig. 10-3).

Merecen especial mención los **pelos urticantes**, muy abundantes en la ortiga; son rígidos, su punta es silíceo y muy frágil; contiene en su interior un líquido cáustico (fig. 10-8).

Los pelos **realizan diversas funciones:** protección, disminución de la transpiración, absorción, secreción de sustancias.

Fig. 10-3.—Diversos tipos de pelos.

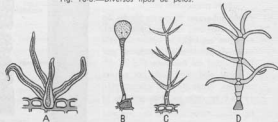




Fig. 10-4.—Sección de una hoja.

variaciones en su turgencia. En un ambiente seco, su glucosa se condensa en almidón, disminuye la turgencia, las células oclusivas giran hacia el exterior y el estoma se cierra. Si el ambiente es húmedo, sucede al revés y se abren.

Hay dos tipos principales de estomas:

— Los **estomas aeríferos**, que, como hemos visto, son aparatos reguladores de la respiración, transpiración...

— Y los **estomas acuíferos**, que siempre están abiertos, y por los que salen gotitas de agua en ciertas circunstancias especiales, como cuando el ambiente saturado no permite la transpiración. Estos estomas se suelen localizar en el apice foliar, en el extremo de las nerviaciones principales, etc.

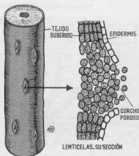
- b) **Tejido suberoso:** Es propio de los órganos vegetales adultos (tallo, raíz). En estos órganos, la epidermis está sustituida por el **suber**, producido por la actividad del **felógeno** (fig. 10-5). El **súber** está constituido por células muertas, llenas de aire, pluriestratificadas y sin dejar espacios entre sí. La

Fig. 10-5.—Tejido suberoso con lenticelas.

Estomas: Son formaciones epidérmicas propias de los órganos aéreos verdes de las plantas superiores (fig. 10-4).

Un **estoma** consta de dos células con clorofila en forma de riñón (**células oclusivas**), las cuales dejan entre sí un orificio en forma de ojal (**ostiolo**). El ostiolo comunica con un gran espacio intercelular o **cámara subestomática**, que se relaciona, a su vez, con los meatos de los parénquimas.

Como las células epidérmicas son continuas y suelen estar provistas de cutícula, los estomas son absolutamente necesarios para el intercambio de gases y la transpiración. El cierre y apertura del estoma se realiza por cambios de forma de las células oclusivas, originados por



protección de este tejido es más completa que la epidérmica. Para asegurar el intercambio de gases con el exterior, presenta este tejido, a modo de estomas, ciertas formaciones llamadas **lenticelas**.

Son abundantes las formaciones de súber, sobre todo en los troncos de los árboles, como alcornoques, ciertos pinos...

4.º Tejidos conductores.

Tienen como función el transporte de los **materiales nutritivos** (savia) de unos órganos a otros. Son absolutamente necesarios, sobre todo, en los vegetales de cierto porte, a pesar de los fenómenos de difusión, que resultan insuficientes la mayoría de las veces.

Estos tejidos **están formados por células alargadas**, en la dirección del transporte, terminando en tabiques muy oblicuos para favorecer la circulación.

Los tejidos conductores son de dos clases:

a) **Tejido vascular o leñoso (xilema).**—Sirve para conducir la **savia bruta** desde la raíz a las partes verdes. A veces es elemento de sostén.

Está constituido por células muertas huecas, con tabiques transversales reabsorbidos frecuentemente, y los laterales llevan refuerzos de lignina que impiden el que los vasos se aplasten en momentos de intensa transpiración de la planta, en los que se produce un defecto de presión. Los engrosamientos de lignina pueden tener forma de anillo, espiral, escalera..., llamándose vasos anillados, espiralados, escaleriformes (fig. 10-6 — 4, 5, 6). A veces las paredes se lignifican casi totalmente, quedando tan sólo ciertos puntos en que la membrana es fina (**puntuaciones**), facilitando el cambio de líquidos (vasos puntuados).

Los vasos leñosos son de dos tipos: tráqueas y traqueidas.

Las **tráqueas** están formadas por filas de células superpuestas de cierta anchura que reabsorben las membranas transversales. Por eso se llaman también **vasos abiertos** (fig. 10-5 — 2).

Las **traqueidas** son células tubulares, generalmente estrechas, aisladas, ya que las membranas transversales subsisten muy oblicuas, provistas de puntuaciones. De ahí el nombre de **vasos cerrados** (fig. 10-5 — 3).

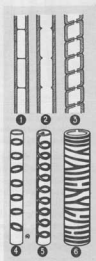


Fig. 10-6.

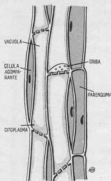


Fig. 10-7.

b) **Tejido criboso (floema).**—Tiene como función **distribuir la savia elaborada** por todo el organismo.

Los **vasos cribosos** están formados por células vivas, de membrana fina, dispuestas en series longitudinales. Carecen de núcleo y tienen un diámetro muy pequeño y son difíciles de observar. Están protegidos por células de acompañamiento, por células parenquimatosas y por fibras liberianas resistentes.

Las **membranas transversales** están perforadas por numerosos agujeros, en forma de criba; de ahí su nombre (fig. 10-7). Los orificios de la criba son muy diminutos, excepto en las cucurbitáceas, que suelen ser muy grandes.

Los vasos cribosos, en el período desfavorable (otoño e invierno) suelen quedar taponados por la **calosa**.

Tanto los vasos cribosos como los leñosos rara vez se presentan aislados. Suelen asociarse en paquetes, constituyendo **haces cribosos** y **haces leñosos**. Los primeros están siempre más periféricos y los segundos más profundos, tanto en la raíz como en el tallo (fig. 10-9).

5.º Tejidos de sostén o mecánicos.

Forman el auténtico esqueleto de la planta. Por eso las membranas de sus células están lignificadas.

Tienen como finalidad, por su solidez, conservar la forma y mantener erguida la planta. También contribuyen a comunicarle una **elasticidad** extraordinaria; esta propiedad es fácil de observar en el trigo, centeno... cuando son azotados por el viento; transitoriamente pueden inclinarse casi hasta el suelo, volviendo a recobrar su posición erguida.

Estas dos propiedades de los tejidos mecánicos las aprovecha el hombre. La solidez, en las aplicaciones de la madera y la elasticidad en la fabricación de hilos, cuerdas, tejidos.

Los tejidos de sostén son: **esclerénquima**, **colénquima** y los **vasos leñosos** (fig. 10-9).

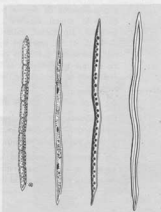


Fig. 10-8.—Diversos tipos de fibras vegetales.

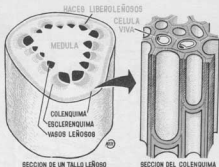


Fig. 10-9. — Los tejidos de sostén en un tallo leñoso y en un tallo herbáceo.

- **Esclerenquima:** Este tejido es muy duro. Está formado por células con membranas muy engrosadas y lignificadas. Unas veces las células son más o menos redondeadas, con paredes muy gruesas (esclereidas o células pétreas). Ej.: nueces, hueso de las cerezas, ciruelas, melocotón... Otras veces las células son muy largas, fusiformes y tienen propiedades textiles (fibras). Ej.: las fibras de lino, cáñamo, yute, esparto... (fig. 10-8).
- **Colénquima:** Está formado por células vivas cuyas membranas están engrosadas en los ángulos de unión. Es un elemento de sostén, pero al mismo tiempo interviene en el crecimiento. Se encuentra en los tallos herbáceos, pecíolo de las hojas...
- **Vasos leñosos:** A medida que la planta avanza en edad, parte de sus vasos leñosos pierden sus propiedades conductoras y la lignificación llega a ser total, convirtiéndose en tejidos muertos, exclusivamente de sostén. Tal sucede en el **leño** de la parte central del tallo, que suele hacerse más resistente aún, debido al **tanino**, el cual impide al mismo tiempo su putrefacción.

6.º Tejidos secretores.

Son los que se encargan de **elaborar** ciertas sustancias, como gomas, esencias, resinas, mucilagos, alcaloides, taninos. Estas sustancias suelen acumularse en el protoplasma de las células en cantidades apreciables y su papel es muy diverso.

El tejido excretor toma formas variadas (fig. 10-10).

Glándulas epidérmicas: Están formadas por **células epidérmicas**, que a veces pueden prolongarse en forma de pelos, y que segregan esencias de gratos olores. Tal sucede en las Labiadas (*romero*, *tomillo*, *lavanda*).

Las sustancias suelen acumularse entre la pared celular y la cutícula: ésta se

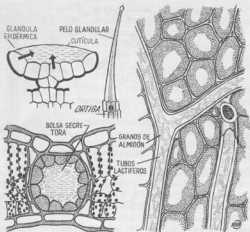


Fig. 10-10.—Formas que presentan los tejidos secretores.

levanta y puede romperse, exhalando el aroma. Los nectarios florales y extraflorales son también de este tipo.

Bolsas secretoras: Son ciertas oquedades que se presentan en los parénquimas de algunas plantas. Suelen formarse por disolución de las membranas y del citoplasma de grupos celulares secretores. Las naranjas, los limones, hojas de eucalipto... presentan abundantes bolsas secretoras.

Conductos secretores: Las células que forman las paredes del tubo conductor vierten su contenido al tubo.

Ejemplo: conductos resiníferos de las Coníferas (pinos, ciprés, cedro).

Tubos laticíferos: Constan de un sistema de tubos ramificados, y sin tabiques transversales. Son cilíndricos y su membrana es lisa. El jugo celular (**látex**) ordinariamente es lechoso y fluye por las heridas coagulándose rápidamente en contacto con el aire.

El **látex** es un líquido sumamente complejo, que contiene en disolución gomas, almidón, alcaloides, resinas...

Son numerosas las plantas que tienen estos conductos: higueras, euforbias, adormideras, lechuga, diente de león...

Del látex de las Heveas, *Ficus elástica*... se obtiene el **caucho**.

Del de las adormideras se extrae el **opio**...

PRACTICAS

1.º Tejidos epidérmicos.

Material: Piel fresca de cebolla, hojas de lirio, ortigas, menta, etc.

Práctica: Se arranca con cuidado la epidermis y se monta en agua.

En la cebolla se observan las células epidérmicas (fig. 10-11).

En el lirio, los estomas.

En la menta, los pelos.

En las hojas de olivo, raspando y montando con glicerina, pelos triangulares.

En las ortigas, los pelos urticantes.

Las células epidérmicas de la cebolla se pueden fijar con alcohol y teñir con verde de metilo. Entonces se ven bien los núcleos y las vacuolas.

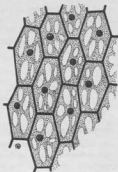


Fig. 10-11.

2.º Tejido suberoso.

Material: Viruta de corcho muy fina.

Práctica: Se monta en agua o glicerina y se observan las membranas de las células (las celdillas que dieron origen a la palabra célula (figura 10-12).

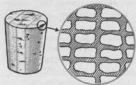


Fig. 10-12.

3.º Tejidos de sostén.

Material: Tallo de malva, corteza de calabaza.

Práctica: Se hace un corte transversal y se monta en agua. Se aprecia el espesor de las membranas en las células del colénquima.

4.º Tejido conductor.

Material: Tallo de calabaza, hoja de lirio o puerro (fig. 10-2).

Práctica: Se dan cortes longitudinales finos al tallo de calabaza, se montan en agua, cubren y observan.

Mejor es teñirlos con floroglucina. Se añaden unas gotas al corte puesto en el porta, se escurre, se añaden unas gotas de CIH y se cubre.

Aparecen los vasos leñosos en rojo, apreciándose el característico arrollado de la lignificación.

También se puede tomar un trozo de epidermis de lirio que lleva adheridos algunos tubos conductores. Se aprecia muy bien el arrollado en espiral de lignina (fig. 20-2).

5.º Parénquima clorofílico.

Material: Hojas de lirio.

Práctica: Se preparan tiras de epidermis. Se escogen los trozos que lleven algo de verde, se raspan, y las raspaduras se montan en agua.

Se aprecian bien las células con los granos de clorofila bien visibles.

6.º Proyéntense las filminas más adecuadas de alguna colección de microfotografías sobre histología vegetal.

LA SANGRE, LA LINF A Y EL PLASMA INTERSTICIAL

El medio interno animal.

Las células del organismo animal están bañadas por un líquido, llamado **plasma intersticial**, que se forma por exudación de la **sangre** a través de los capilares sanguíneos. Este líquido, en el que viven las células, constituye el **medio interno**, en contraposición con el medio externo en el que vive el organismo. Cuando el plasma circula por tubos o vasos se denomina **linfa** y va a parar de nuevo a la sangre.

Por eso, cuando se habla de medio interno, se suele referir de ordinario a estos tres líquidos: la **sangre**, la **linfa** y el **plasma intersticial**. Los tres tienen algunos caracteres comunes, que pueden considerarse como verdaderas constantes del medio interno:

- 1.º **Su composición.**—Las funciones de nutrición tienden a mantener constante la composición del medio interior. Y así, si hay exceso de glucosa en la sangre, el hígado se encarga de transformarla en glucógeno, en cantidad suficiente para que la glucosa esté en un 1 por 1.000. Si hay exceso de sales son eliminadas por las vías urinarias hasta que su concentración en la sangre sea normal (si se trata de ClNa, ó por 1.000).
- 2.º **Su masa.**—Las pérdidas de sangre por hemorragias se compensan por un aporte de agua a los tejidos y por una rápida elaboración de glóbulos sanguíneos por la médula roja de los huesos. Por el contrario, si hay aumento de volumen sanguíneo (ingestión abundante de bebidas), dicho aumento se contrarresta por abundante eliminación de agua, por la orina y el sudor.
- 3.º **Su reacción ligeramente alcalina** (pH = 7,36).—Cambios notables en la reacción del medio interior son incompatibles con la vida. Sin embargo, hay numerosas causas que tienden a variar esa reacción: Un régimen a base de carne, por ejemplo, tiende a dar acidez al medio; en cambio, el régimen vegetariano tiende a alcalinizarlo. Pues bien, a pesar de estas causas de variación, el medio interior mantiene constante su reacción ligeramente alcalina mediante los **amortiguadores** o sustancias tampones.

Las más importantes son el CO_2HNa y el PO_4HNa_2 que constituyen la llamada **reserva alcalina** del plasma sanguíneo. Veamos cómo funciona el CO_2HNa . Si se inyecta una cantidad moderada de ClH en la sangre de un animal nada anormal le acontece, pues se verifica esta reacción:



El CO_2 se elimina por los pulmones, y el ClNa por la orina.

Análogamente, durante la digestión se forma algo de Na OH en la sangre. Pero queda neutralizada:



Hay que advertir, sin embargo, que la acción de las sustancias tampones es limitada. Por eso, la presencia masiva anormal de un ácido o de una base no tiene neutralización posible y originará trastornos graves en el organismo.

La sangre: características y constitución.

La sangre es un líquido rojo debido a un pigmento, la hemoglobina, algo más denso que el agua, viscoso (cinco veces más que el agua), algo salado y coagulable (fuera de los vasos sanguíneos).

Su reacción es ligeramente alcalina ($\text{pH} = 7,3$).

En un hombre adulto hay aproximadamente cinco litros de sangre.

Se distinguen en la sangre las células (glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas) (fig. 11-1) y el plasma sanguíneo, que es el líquido en el que se encuentran aquéllas.

1.º Glóbulos rojos o hematíes.

En los mamíferos son células nucleadas (en los demás vertebrados tienen núcleo); blandas, flexibles y elásticas, lo que les permite deformarse y pasar por vasos sanguíneos de menor calibre que su diámetro (fig. 11-1).

Vistos de perfil, tienen forma de lente bicóncava; de frente, parecen discos.

Su color es amarillento; en grandes masas presentan color rojo; se debe a la hemoglobina que contienen y gracias a la cual son los vehículos de transporte de los gases respiratorios

Su número es fabuloso. La sangre humana contiene unos 5.000.000 en un mm^3 . En la mujer, el número es algo inferior, 4.500.000 por mm^3 . Este número aumenta con la altitud: a 4.000 m. puede llegar a ocho millones. Su escasez (tres millones) constituye la anemia.



Fig. 11-1

LA SANGRE SE COAGULA

COMPONENTES DE LA SANGRE

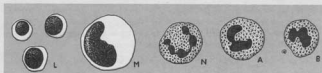


Fig. 11-2.—Distintas clases de glóbulos blancos: L, linfocitos; M, macrófagos; N, neutrófilos; A, acidófilos; B, basófilos.

El tamaño de los hematíes es variable. Ordinariamente miden unas $7,5 \mu$ (normocitos) (fig. 11-4); pero también hay hematíes en menor número, de 6μ (microcitos) y más grandes, de $8,8 \mu$ (megalocitos).

Se forman en la médula roja de los huesos y en el bazo (hematopoyesis). Y se destruyen en el hígado y bazo (hematolisis).

Un glóbulo rojo vive por término medio unos 120 días.

2.º Glóbulos blancos o leucocitos: sus clases.

Son células incoloras, de membrana muy fina y dotadas de núcleo.

En un mm^3 hay unos 6.000. Su exceso en la sangre constituye la leucemia.

Los leucocitos tienen algunas propiedades importantes:

- Su movimiento:** La membrana plasmática puede deformarse, originando pseudópodos, desplazándose por movimientos amiboides. Pueden, incluso, abandonar la sangre, atravesando las paredes de los capilares por la juntura de las células (diapedesis), emigrando a los tejidos o al medio intersticial.
- La fagocitosis:** Es su capacidad de ingerir y digerir células muertas, microbios...
- La sensibilidad** hacia ciertas sustancias que realizan una especie de atracción sobre ellos (toxinas microbianas).
- Sus secreciones:** Segregan antitoxinas, que neutralizan las toxinas microbianas. También elaboran ciertos fermentos que favorecen la digestión intracelular.

Con todas estas propiedades, los leucocitos son unos magníficos defensores del organismo.

Se distinguen varios tipos de glóbulos blancos (fig. 11-2):

1.º **Linfocitos:** Se caracterizan por el núcleo redondeado. Aproximadamente son de este tipo la cuarta parte de los glóbulos blancos. Su citoplasma carece de granuleciones.

Hay linfocitos pequeños, de tamaño igual que los hematíes; son los más abundantes; no realizan fagocitosis. Y los linfocitos grandes (macrófagos) de más de 12μ , que son bastante escasos en la sangre, pero se encuentran en otros tejidos (conjuntivo, nervioso, etc.). Constituyen un verdadero sistema orgánico de defensa llamado **sistema retículo-endotelial**.

2.º **Leucocitos propiamente dichos:** Tienen núcleo arrosariado y polimorfo, el citoplasma es granulado; miden de 10 a 14 μ . Son fagocitos. Son los más abundantes (75 %).

Por su comportamiento ante los colorantes se clasifican en neutrófilos (la mayoría), acidófilos o eosinófilos y basófilos (fig. 11-2).

3.º La plaquetas o trombocitos.

Son células anucleadas y carecen de hemoglobina. Miden de 3 a 4 μ .

Sus **formas** son variables: redondas, estrelladas ...Tienen tendencia a agruparse.

Su **número** es de más de 250.000 en un mm^3 .

Se cree que se trata de fragmentos de núcleos, expulsados de los glóbulos rojos en su proceso formativo en la médula roja.

Se atribuye a las plaquetas un papel importante en la coagulación de la sangre; donde mejor se observan es en sangre recién extraída.

Plasma sanguíneo: su constitución.

Es la parte líquida de la sangre que lleva en disolución diversas sales y numerosas sustancias en solución coloidal.

Representa algo más de la mitad de su volumen (55 %).

Su composición es la siguiente:

Agua: un 90 %.

Sales minerales: Cloruros, carbonatos, fosfatos, etc., de sodio, potasio, calcio.

Prótidos: seroalbúmina, fibrinógeno.

Productos de la digestión: glucosa, aminoácidos, grasas emulsionadas.

Sustancias de desecho: urea, ácido úrico, colesterol.

Otras sustancias: hormonas, antitoxinas, vitaminas, CO_2 ...

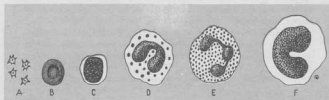
Entre estas sustancias que lleva el plasma hay que destacar:

La **glucosa**.—Se mantiene constante merced a un mecanismo regulador. Su proporción es de 1 por 1.000. Tanto su exceso como su defecto, acarrear trastornos graves.

Las **sales minerales:** $\text{CO}_3\text{H Na}$, Cl Na , Cl K , $\text{Cl}_2 \text{Ca}$.

El $\text{CO}_3\text{H Na}$ es una sustancia amortiguadora y su misión es, por tanto, mantener constante la reacción del plasma.

Fig. 11-3.—Tamaño comparado de los corpúsculos de la sangre: a, plaquetas; b, hematies; c, linfocito; d, leucocito basófilo; e, l. acidófilo; f, monocito macrófago.



La más abundante es el Cl Na: seis por mil.

El papel del Cl Na es mantener al plasma isotónico con las células del organismo, para que éstos no sufran ni una plasmosis ni una turgencia excesivas; ambos fenómenos son perjudiciales a las células.

El plasma sanguíneo en el hombre tiene la misma concentración que una disolución de sal común al 9,5 por mil; esta disolución se llama **siero fisiológico** por emplearse para inyectarla a las personas que han sufrido una grave hemorragia. Suelen agregarse al suero pequeñas dosis de sales potásicas y cálcicas para contrarrestar la ligera acción tóxica del Cl Na sobre los tejidos.

El fibrinógeno y la coagulación de la sangre.—El fibrinógeno es fundamental en la coagulación de la sangre, que se verifica así:

Sobre el fibrinógeno actúa un fermento (**trombina**), que le transforma en fibrina; ésta forma una especie de fieltro, que **tapona** la herida. La **trombina** resulta del **trombógeno** (profermento de la sangre), los **iones de calcio** (Ca^{++}) y la **trombocinasa** contenida en las plaquetas que queda libre por estallar éstas al salirse de los vasos. De ahí la importancia de las plaquetas en la coagulación de la sangre.

La sangre puede coagularse accidentalmente en el interior de los vasos sanguíneos. El coágulo puede taponar una arteria y privar a un órgano de sangre (embolia). Si el órgano es importante —corazón, cerebro— ocasiona la muerte.

En el organismo hay una sustancia que impide la coagulación, la **heparina**. Si se priva al plasma sanguíneo de fibrinógeno, resulta un líquido con los demás componentes del plasma, pero incoagulable (**siero sanguíneo**).

Funciones de la sangre en el organismo.

La sangre realiza funciones muy importantes:

- 1.º Es el vehículo que transporta los gases respiratorios.
- 2.º Distribuye por el organismo los alimentos absorbidos y arrastra los productos inútiles a los órganos de excreción.
- 3.º Moviliza también las sustancias de reserva.
- 4.º Distribuye por el organismo las hormonas, anticuerpos y demás productos que sirven para la defensa.

Bancos de sangre y grupos sanguíneos.

Lo mismo que se conservan los huesos para realizar injertos, se conserva también la sangre para hacer transfusiones a los enfermos que han sufrido fuertes hemorragias.

Los bancos de sangre compran la sangre de los dadores voluntarios y la clasifican y conservan para su utilización en el momento oportuno. Pero no se puede utilizar indistintamente para cualquier individuo, cualquier clase de sangre.

Los hematíes del dador pueden coagularse o aglutinarse en algunos casos.

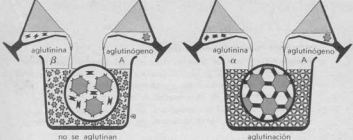


Fig. 11.4.—Mecanismo de la aglutinación. Puede explicarse la aglutinación suponiendo que la superficie de la aglutinina y aglutinógeno son complementarios y se adhieren una a otra. En caso contrario no hay aglutinación.

Si esto sucede en el interior de los vasos sanguíneos de un individuo, se producirá un taponamiento o embolia que origina la muerte.

La aglutinación se produce cuando una sustancia llamada **aglutinógeno** que hay en los hematíes se une con otra del plasma, llamada **aglutinina** (fig. 11-4). Existen dos clases de aglutinógenos, A y B, y dos clases de aglutininas, α y β . La aglutinación se produce cuando se juntan A α , o bien B β .

Según los aglutinógenos, hay cuatro **grupos sanguíneos**:

GRUPOS	AGLUTINÓGENOS (hematíes)	AGLUTININAS (plasma)
I. A B 33%	A B	no tiene (receptores universales)
II. B 45%	A	β
III. B 5%	B	α
IV. O 12%	(no tiene)	$\alpha \beta$ (dadores universales)

Los individuos del grupo I, cuya sangre está desprovisto de aglutinina, pueden recibir sangre de todos los grupos: son receptores universales. Los del grupo IV, cuyos hematíes no contienen aglutinógeno, pueden dar su sangre a los individuos de todos los grupos: son dadores universales. Los individuos pertenecientes a los grupos II y III, sólo pueden recibir sangre de su grupo o de un dador universal. Hay que observar que se desprecian las aglutininas del dador por quedar diluidas en la sangre del receptor (fig. 11-5).

De lo dicho se ve la necesidad de efectuar la prueba de la sangre antes de realizar una transfusión sanguínea.

En España un 42 por 100 pertenecen al grupo O, el 45 por 100 al grupo A, el 8 por 100 al B, y el 3 por 100 al AB.

También tiene mucha importancia en el estudio de la sangre el factor Rh, que estudiaremos en el capítulo de la INMUNIDAD.

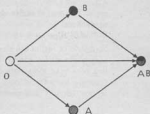


Fig. 11-5.—Transfusiones posibles.

1. Las aglutininas que se encuentran...

Enfermedades relacionadas con la sangre:

- **Anemia.**—Es la falta de glóbulos rojos, que en algunos casos pueden reducirse al 60 por 100.
- **Clorosis.**—Es debida a la falta de hemoglobina en los hematíes; esta enfermedad, frecuente en otras edades, es hoy rara.
- **Leucemia.**—Enfermedad ocasionada por un aumento excesivo de leucocitos. Pueden llegar a varios centenares de miles por mm³. Es enfermedad mortal.
- **Hemofilia.**—Enfermedad que se caracteriza porque la sangre no se coagula y, por tanto, no se paran las hemorragias. Sólo se manifiesta en los hombres. Se transmite siguiendo las leyes de Mendel.

Las enfermedades que más víctimas causan actualmente son las **enfermedades del corazón**, es decir, las que dependen de la sangre y del funcionamiento del aparato circulatorio.

La linfa.

La linfa viene a ser la sangre desprovista de plaquetas y de hematíes. Contiene gran cantidad de glóbulos blancos, sobre todo de linfocitos.

Es un líquido claro e incoloro que toma aspecto lechoso al recoger en las paredes del intestino parte de los productos de la digestión (las grasas).

La linfa se origina al recoger en un sistema de capilares de forma arrosariada el plasma intersticial. Estos capilares (vasos linfáticos) se reúnen en dos grandes venas linfáticas, que desembocan en el sistema venoso, cerca del corazón. (Véase la circulación).

Plasma intersticial.

Es el líquido que baña las células del organismo.

Se forma con el plasma sanguíneo que sale a través de las finas paredes de los vasos capilares. También contiene glóbulos blancos. El plasma intersticial llena los intersticios que dejan las células integrantes de los tejidos.

Velocidad de sedimentación de la sangre.

Actualmente se utiliza mucho, para descubrir estados patológicos en el organismo humano, el **índice de velocidad** de sedimentación de la sangre o **índice de Katz**.

Un índice superior a 10 indica ya anormalidad en nuestro organismo.

Su cálculo se realiza así: en un tubo especial graduado de arriba abajo, se pone sangre con citrato sódico llegando hasta el cero. Se deja en reposo durante una hora y se toma nota de la división hasta la cual el líquido queda claro (primera lectura). Se deja una hora más y se anota la nueva división hasta la que llega la sedimentación (segunda). Entonces se aplica esta fórmula

$$i = \frac{1.ª + 1/2 2.ª}{2}$$

PRACTICAS

1.ª Observación de sangre.

Material: Una gotita de sangre humana. Unas gotas de sangre de rana.

Práctica: Se pincha la yema de un dedo o el lóbulo de una oreja con una aguja pasada por la llama. La gotita de sangre se monta con suero fisiológico y se cubre.

La sangre de rana se obtiene anestesiando una rana, abriéndole y dándole un corte en el vértice del corazón. Se coloca una gota sobre suero fisiológico.

Indicación: Observar las diferencias entre los glóbulos rojos en ambos casos: unos tienen núcleo y otros no; distinto tamaño y forma (figura 11-6), etc. Idem de los glóbulos blancos.



Fig. 11-6.—Glóbulos rojos de rana y humanos.

2.ª La circulación sanguínea en un renacuajo.

Material: Un renacuajo, algodón, éter.

Práctica: Se anestesia ligeramente el renacuajo, humedeciéndole con éter. Se fija a un porta con tiras de celofán engomado.

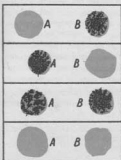
Se observan los bordes de la cola.

3.ª Hemolisis.

Material: Sangre.

Práctica: A una gota de sangre colocada sobre un porta se le añade suero fisiológico (agua con sal común al 9 por 1.000), se observan los glóbulos rojos y se ve que se mantienen intactos. A otra gota se le añade agua destilada o solución de ClNa al 3 ó 4 por 1.000. Los glóbulos se hinchan (turgencia) y revientan; su hemoglobina se disuelve en el agua (hemolisis).

4.ª Determinación del grupo sanguíneo a que pertenece una persona.



Material: Sueros tipo A y tipo B (se expenden en frascos o tubos capilares con el nombre de hemotest); gotas de sangre del sujeto, portaobjetos, varillas...

Práctica: En un porta se colocan dos gruesas gotas de los sueros A (lleva la aglutinina β) y B (lleva la aglutinina α); sobre cada una de ellas se echa una gotita de la sangre que se examina; se agita y se espera un par de minutos. Se observa a simple vista cuál de las dos gotas se queda límpida y cuál granulosa. El grupo sanguíneo a que corresponde la sangre examinada es el que indica la figura 11.7.

Fig. 11.7.

EL APARATO DIGESTIVO DEL HOMBRE

Las funciones de nutrición en general.

Las funciones de nutrición tienen por objeto la conservación del individuo.

Para ello proporcionan al organismo los **alimentos** y el **oxígeno** que necesita y le liberan de todas las **sustancias de desecho** que en él se producen.

De los alimentos el ser vivo obtiene los materiales con que edifica y restaura su propio cuerpo (*misión plástica*). Y, además, la energía necesaria para su actividad vital (*misión energética*).

Aparte está la *misión catalizadora* ejercida por las **vitaminas**.

Pero como los alimentos deben ser previamente transformados en **sustancias asimilables**, y después transportados a todas las células del organismo y asimilados por éstas, resulta que las funciones de nutrición (al menos en el hombre y en los animales superiores), exigen cuatro aparatos:

- **El aparato digestivo**, que se encarga de **ingerir, digerir** y **absorber** los alimentos.
- **El aparato respiratorio**, que suministra el oxígeno.
- **El aparato circulatorio**, que distribuye los alimentos y el oxígeno a todas las células, liberándolas al mismo tiempo de los productos de desecho.
- **El aparato excretor**, que expulsa del cuerpo todos los residuos o productos inútiles.

Pero estos cuatro aparatos son en realidad aparatos de preparación y transporte de los alimentos hasta las células del organismo, que son las que verdaderamente se nutren; es decir, asimilan los alimentos y utilizan el oxígeno.

Este proceso celular se llama **metabolismo** y consta, como dijimos en la lección 5, de dos procesos antagónicos y simultáneos: el **anabolismo** (sintetizar los materiales y reparar pérdidas) y el **catabolismo** (desintegrar determinadas sustancias para obtener la energía necesaria para la actividad vital).

O sea, que debemos estudiar sucesivamente estas cinco funciones: la **digestión**, la **respiración**, la **circulación**, la **excreción** y el **metabolismo**. Esta última función la estudiaremos después de la **digestión**.

* En el estudio de las Funciones de Nutrición y, sobre todo, en los gráficos correspondientes, hemos seguido y nos hemos inspirado con frecuencia, en la excelente obra de A. Obré: *Sciences Naturelles*.

El aparato digestivo en el hombre.

El aparato digestivo es el encargado de proporcionar al organismo el alimento y transformarlo en sustancias asimilables.

Este aparato comprende el **tubo digestivo** y las **glándulas digestivas**.

El tubo digestivo.

Es un largo tubo de ocho a diez metros, con varios ensanchamientos o cavidades. Comprende varias partes: **boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso** (fig. 12-1).

Está, en gran parte, constituido por tejido muscular de fibras lisas, dispuestas en sentido longitudinal y transversal, y tapizado interiormente por una modificación especial de la piel, llamada **mucosa**, que desde los labios se extiende por todo su recorrido.

La boca.

Cavidad que se abre al exterior por un orificio que bordean los labios y que está comprendida entre el maxilar superior, el inferior y los carrillos.

Por la parte de atrás llega hasta la faringe, con la que se comunica por un orificio estrechado por los bordes laterales de una cortina vertical, llamada **velo del paladar** (fig. 12-2). El borde superior de éste se prolonga en el centro por un apéndice cilindrocónico de 10 a 15 milímetros de longitud, llamado **úvula** o campanilla, mientras que a ambos lados se desdobra en dos pliegues, llamados **pilares**: anterior y posterior.

Entre los pilares anteriores y posteriores de cada lado existen unos abultamientos de la forma y dimensiones de una almendra: las **amígdalas**.

En la boca están la lengua y los dientes.

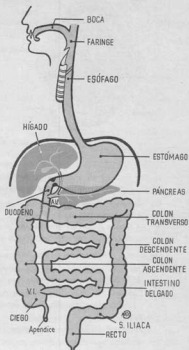


Fig. 12-1.—El tubo digestivo.

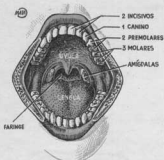


Fig. 12-2.—Detalle de la boca.

— **La lengua** es un órgano esencialmente muscular, muy movable (tiene 17 músculos); se apoya por su base en un hueso en forma de V (hueso **hioides**). En su superficie superior existen numerosos salientes (papilas gustativas), mientras que en la inferior la mucosa que la reviste forma un pliegue (frenillo) lingual).

— **Los dientes.** Son los órganos duros, destinados a masticar los alimentos: Están metidos en unos huecos de los maxilares, llamados **alvéolos**, que a su vez están revestidos por la mucosa (encía).

Un diente consta de las partes siguientes (fig. 12-4):

- la **corona** o parte visible;
- la **raíz** o porción encajada en el alvéolo dentario;
- el **cuello** o estrechamiento, que separa la corona de la raíz.

Los dientes, por su forma, se dividen en (fig. 12-3):

- 1.º **Incisivos**, con corona cortante, tallada en bisel y raíz simple. Hay cuatro en la parte delantera de cada maxilar.
- 2.º **Caninos**, con corona ligeramente puntiaguda. Hay dos en cada maxilar, situados a continuación de los incisivos.
- 3.º **Premolares**, con corona plana que lleva dos tubérculos. Hay cuatro en cada mandíbula. Tiene raíz única o rara vez bifida.
- 4.º **Molares verdaderos**: llevan corona plana, con cuatro tubérculos y tienen dos o tres raíces. En cada mandíbula hay seis.

Dentadura de leche y dentadura permanente.

En el momento de nacer el niño no tiene dientes. Sólo hacia los seis o siete meses empiezan a apuntar los incisivos, y poco después los premolares y los caninos. Hacia la edad de tres años la dentadura consta de 20 dientes (**dentadura de leche**), que corresponden a la fórmula dentaria siguiente:

$$\begin{array}{c} 2 \quad 1 \quad 2 \\ - I, - C, - Pm. \text{ (fig. 12-3).} \\ 2 \quad 1 \quad 2 \end{array}$$

Hacia el fin de los siete años, los dientes de leche empiezan a caer en el

orden que aparecieron y son sustituidos por otros dientes, que estaban ya esbozados en las cavidades alveolares. Los molares verdaderos, que no estaban precedidos por dientes de leche, aparecen a partir del sexto año. Los últimos molares verdaderos, o sea, las cuatro últimas muelas, llamadas **muelas del juicio**, aparecen entre los dieciocho y veinticinco años; a veces no se desarrollan. Cuando se ha adquirido la **dentadura permanente**, consta de 32 dientes, según indica la siguiente fórmula dentaria:

$$\frac{2}{2} I, \frac{1}{1} C, \frac{2}{2} Pm., \frac{3}{3} M,$$

o más simplemente: 2, 1, 2, 3 (fig. 12-3).

Estructura de los dientes.

Un diente es un órgano vivo muy complejo que comprende (fig. 12-4):

- 1.º **La pulpa dentaria:** tejido conjuntivo rojizo que ocupa la parte central del diente. La pulpa recibe una arteria dentaria que se resuelve en varios capilares, así como ramificaciones del **nervio dentario**.
- 2.º **El marfil:** es la materia dura que constituye la parte esencial del diente, tanto en la corona como en la raíz. El marfil es análogo a la sustancia ósea, pero más rica que ésta en sales cálcicas (28 % de osteínas, 72 % de sales cálcicas).

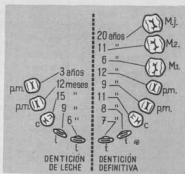


Fig. 12-3.

- 3.º **El cemento:** tejido óseo de color grisáceo, que recubre al marfil de la raíz; con su periostio se adhiere a los alvéolos.
- 4.º **El esmalte:** materia blanca, más dura y más resistente a los ácidos que el marfil, el cual protege en la corona. El esmalte es muy rico en sales cálcicas (4 % de osteína, 96 % de sales cálcicas) y está formado por pequeños prismas de un milímetro de altura, perpendiculares a la

Fig. 12-4.—Detalle de un diente.

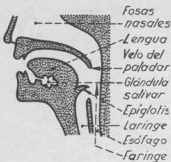


Fig. 12-5.

El esófago.

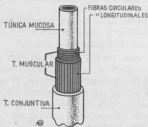
Sigue a la faringe y es un tubo de unos 25 cms. de largo y 3 cms. de diámetro, que desciende delante de la columna vertebral, penetra en la cavidad torácica, atraviesa el diafragma y termina en el estómago (figs. 12-1 y 12-5).

Sus paredes tienen de dentro a fuera:

- 1.º Un **epitelio** estratificado con pequeñas glándulas que segregan mucus.
- 2.º Una **túnica muscular** que comprende dos clases de fibras lisas: unas son anulares y otras longitudinales (fig. 12-6).
- 3.º Una **túnica conjuntiva** fibrosa, por fuera.

Esta estructura continúa hasta el final del intestino grueso. Hay algunas variantes en cada uno de los órganos digestivos siguientes:

Fig. 12-6.



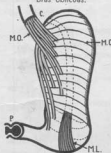
superficie del diente. Está recubierto por una fina película más dura que él: la **cutícula del esmalte**.

Los dientes son, como los pelos, las uñas, etc., formaciones tegumentarias producidas por la dermis y la epidermis.

La faringe.

A la boca sigue la **faringe**, órgano muscular en forma de embudo, fijo en la parte superior y móvil en la inferior; y se continúa con el esófago. La faringe se comunica con la boca, fosas nasales y el oído, la laringe y el esófago. La entrada a la laringe se tapa con una válvula llamada **epiglotis** (fig. 12-5).

Fig. 12-7. — M. C., fibras circulares; M. L., fibras longitudinales; M. O., fibras oblicuas.



El estómago.

Es una bolsa en forma de gaita gallega, de unos 1.200 cm³, al menos, de capacidad, situada inmediatamente debajo del diafragma y a la izquierda de la cavidad abdominal (fig. 12-1). Tiene dos aberturas, una superior, el **cardias**, que comunica con el esófago; la otra, el **píloro**, que es el orificio de salida, rodeado de un anillo muscular (válvula pilórica), cuya contracción cierra el orificio a la manera de un cordón de bolsa.

En las paredes del estómago, que tiene de 2 a 3 mm. de espesor, están formadas, de dentro a afuera, por las siguientes capas (fig. 12-7):

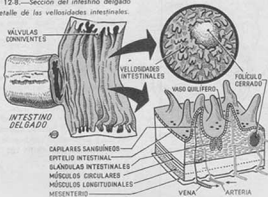
- 1.ª La **mucosa gástrica**, análoga a la del esófago; lleva numerosos pliegues y en su espesor hay numerosas y microscópicas glándulas gástricas (figura 13-3) que segregan el jugo gástrico.
- 2.ª Una **túnica muscular**, en la que se distinguen tres clases de fibras lisas: fibras circulares, más abundantes en la región pilórica; fibras longitudinales y fibras oblicuas, que partiendo del cardias se extienden oblicuamente (fig. 12-7).
La contracción, más o menos simultánea, de estas fibras origina los movimientos peristálticos del estómago que pueden darle las formas más variadas.
- 3.ª Una **túnica conjuntiva**, que viene a ser un repliegue del peritoneo.

El intestino delgado.

El intestino delgado es un tubo de unos 7 m. de largo y 3 cm. de diámetro (figura 12-1). Se suele dividir en tres zonas: **duodeno**, **yeyuno**, **íleon**.

El **duodeno** tiene una longitud de 25 a 30 cm. (= doce dedos) y forma curva. En él desembocan simultáneamente el **canal colédoco**, por donde llega la bilis del hígado (fig. 13-3), y el **canal pancreático**, por donde llega el jugo pancreático. Va seguido del **yeyuno** y del **íleon**, caracterizados por un curso sinuoso que contienen numerosos dobles o asas. El **yeyuno**, así il-

Fig. 12-8.—Sección del intestino delgado y detalle de las vellosidades intestinales.



mado porque los antiguos anatómicos le encontraban vacío en los cadáveres, tiene una longitud de tres metros y ocupa la región umbilical, mientras que el **ileon** tiene una longitud de unos cuatro metros, y se llama así por las numerosas asas en que se repliega.

El intestino delgado desemboca en el intestino grueso por un orificio que tiene dos labios salientes hacia el interior, los cuales forman la **válvula ileocecal**, que impide el retroceso de los residuos intestinales (fig. 12-9).

En toda la longitud del intestino delgado se observa en su interior numerosos repliegues transversales de la mucosa que lo reviste (fig. 12-8), por lo que la superficie de ésta viene notablemente aumentada, y se les llama **válvulas conniventes** (del latín *connivere* = cerrar la mitad), porque cada una tapa la mitad de la luz del tubo. La pared intestinal tiene un aspecto veloso a causa de un gran número de finos salientes (12 a 14 por mm², cerca de cuatro millones en total) de 0,5 mm. de longitud, llamadas **vellosidades intestinales** (fig. 12-8).

Entre las vellosidades desembocan las glándulas intestinales o de **Lieberkühn**, que producen el jugo entérico. El mucus abunda en todo el intestino delgado. De la superficie de la mucosa sobresalen aquí y allá corpúsculos blancos semejantes a granos de mijo, visibles a simple vista, llamados **folículos linfáticos** (fig. 12-8), que en el ileon se reúnen en placas elípticas de dos centímetros de longitud.

El intestino grueso.

El intestino delgado desemboca en el intestino grueso, llamado así porque su diámetro es de unos 10 cm., más de tres veces el del intestino delgado, pero sólo tiene 1,5 m. de longitud. Carece de vellosidades intestinales y de glándulas digestivas, pero su mucosa está sembrada de glándulas mucosas.

Sus repliegues se notan al exterior y se denominan **repliegues semilunares** (en forma de media luna). Se distinguen en él tres partes: **ciego**, **colon** y **recto** (fig. 12-1).

El **intestino ciego**, que parece un fondo de saco (de ahí su nombre), de algunos centímetros de longitud, está alojado en el fondo, a la derecha de la cavidad abdominal, en la proximidad de la ingle.

De él parte un pequeño tubo, cerrado en su extremo, de menos de ocho centímetros de largo, llamado **apéndice cecal**, cuya inflamación produce la enfermedad llamada **apendicitis** (fig. 12-9)

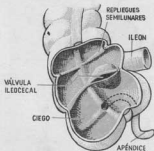


Fig. 12-9.—Detalle del ciego y colon.

El colon sube a lo largo del flanco derecho (**colon ascendente**), se dirige horizontalmente hacia la izquierda (**colon transverso**) y desciende a lo largo del flanco izquierdo (**colon descendente**).

Luego forma un bucle en forma de S, formando la **S iliaca**.

Por último está el **recto**, que termina en el ano, dotado de un músculo circular especial, el esfínter anal.

El peritoneo.

El estómago y el intestino, juntamente con los otros órganos de la cavidad abdominal, están envueltos y sostenidos por una membrana llamada **peritoneo**, que presenta dos hojas: la parietal, unida a las paredes del abdomen, y la visceral o **mesenterio**, rodeando a los órganos.

Un repliegue del peritoneo pende por delante del colon transverso y cubre a modo de delantal la masa intestinal: se llama **epiplón mayor** y se carga de grasa en las personas obesas.

PRACTICAS

1.º Aparato digestivo de un invertebrado (cangrejo).

Materia: Cangrejos, tijeras, pinzas, cubeta, agujas enmangadas.

Práctica: Se abre el cangrejo por el dorso, recortando todo el caparazón. Se separa el corazón, los vasos y el aparato reproductor. Se corta el intestino cerca de su final y se extrae el tubo digestivo de atrás a adelante, cortando con cuidado las bridas y músculos de apoyo. Lo más difícil es la separación del estómago y glándulas anejas, porque se desgarra fácilmente. Se fija todo el aparato en la cubeta de disección y se observan los detalles (fig. 12-10): el estómago voluminoso con sus dos

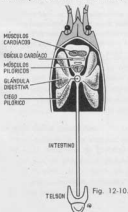


Fig. 12-10.

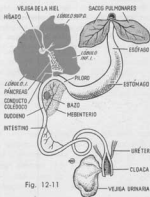


Fig. 12-11

partes, la **cardíaca** o anterior, con los dos músculos cardíacos, y el **esículo**, que es la mayor de las piezas calizas interiores para la masticación, y la **pilórica** o posterior, con sus dos músculos, que sirven también para mover las piezas del sistema triturador o molino gástrico. Al final hay un ensanchamiento o ciego pilórico. A ambos lados, una glándula voluminosa trilobulada: las glándulas salivares.

El resto del aparato es un tubo indiferenciado: el intestino.

2.º Aparato digestivo de un vertebrado (rana).

Material: Ranas, tijeras, pinzas, cubetas.

Práctica: Se abre una rana, recién muerta con cloroformo, después de fijarla en la cubeta colocada sobre el dorso. Para ello se le da dos cortes ventrales, uno a lo largo y otro a lo ancho, a la altura de las axilas. Se corta con las tijeras la cinta escapular, con cuidado, para no estropear los órganos que están debajo. Se separan el corazón y los pulmones y aparece a lo largo el aparato digestivo. Se cortan todas las membranas de sujeción, se secciona por la laringe y se extrae todo el tubo, colocándolo en otra cubeta sujeto con varios alfileres. Se aprecian (fig. 12-11): el **esófago** corto y embudado; el **estómago**, que es una simple dilatación; el estrechamiento **pilórico** y el **intestino**, bastante uniforme hasta el ensanchamiento final o cloaca, donde desembocan también los **uréteres**, la **vejiga** de la orina, que es un divertículo cloacal, y los **oviductos**, si es una hembra.

A la terminación del estómago se encuentra el **higado**, que es muy voluminoso, y consta de cuatro lóbulos. Se aprecian bien la **vejiga** de la hiel y los **conductos biliares** (hepático, colédoco y cístico). Junto al colédoco está una masa blanquecina, el **páncreas**. En el mesenterio aparece una masa rojiza, el **bazo**.

Se puede abrir a lo largo el estómago y el intestino para ver la red de repliegues interiores, así como la cloaca, donde desembocan los diversos conductos ya señalados.

Conviene aprovechar esta práctica para estudiar también el aparato uro-genital.

Siguiendo el curso de los uréteres se hallan dos masas rojizas alargadas, que son los **riñones**.

Sobre ellos se ven, además de las cápsulas suprarrenales, (si es macho) dos masas ovoideas, amarillentas: los **testículos**; y junto, unas masas cintiformes: los cuerpos amarillos de tejido adiposo. Los testículos vierten sus productos a través de los uréteres. Si es una hembra tendrá sobre los riñones los **ovarios**, dos masas voluminosas lobuladas con abundantes óvulos y dos tubos que van a la cloaca, los **oviductos**.

LA DIGESTION Y LAS GLANDULAS DIGESTIVAS

Las glándulas digestivas.

Son órganos que vierten al tubo digestivo los jugos o líquidos que contienen las diastasas que han de transformar los alimentos en sustancias asimilables.

Las glándulas digestivas son: las glándulas salivares, las glándulas gástricas, el páncreas, el hígado y las glándulas intestinales.

Las glándulas salivares y la saliva.

Junto a la boca hay tres pares de glándulas arracimadas que segregan la saliva (fig. 13-1): las parótidas, las submaxilares y las sublinguales.

Las glándulas parótidas están situadas en los carrillos, a la altura del pabellón auricular. Pesan unos 25 gramos y vierten su contenido por el canal de Stenon, que desemboca junto al segundo molar superior.

La inflamación de las glándulas parótidas da lugar a una enfermedad de carácter infectivo y epidémico que se llama **parotiditis** o adenitis (vulgarmente, paperas).

Las glándulas submaxilares están alojadas bajo la mandíbula inferior. Pesan unos seis gramos y su canal excretor se abre detrás de los incisivos inferiores.

Las glándulas sublinguales están situadas debajo de la lengua. Son pequeñas y vierten su saliva por cinco o seis canalículos que se abren a los lados del frenillo.

La saliva.—Los tres pares segregan la saliva, que es un líquido incoloro, inodoro, insípido, espumoso (por el aire mezclado), algo viscoso. Está formada por agua y una enzima o fermento llamado *ptialina*. Contiene, además, sales minerales, cloruros alcalinos que activan la ptilina, fosfato de calcio, etc. Estas sales, depositándose sobre los dientes, producen el sarro. La saliva, por la mucina que contiene, es viscosa.

Las glándulas gástricas.

En el espesor de la mucosa del estómago se encuentran un gran número (30 a 35 millones) de glándulas tubulosas simples o compuestas, microscópicas: son las **glándulas gástricas** o gastropépticas, que segregan un líquido ácido incoloro, algo denso: el **jugo gástrico** (fig. 13-2).

Estas glándulas están formadas por dos clases de células: las más pequeñas, transparentes, están dispuestas alrededor de un canal tubuloso: son las cé-



Fig. 13-1.—Glándulas salivares.



Fig. 13-2.—Glándula gástrica.

lulas principales; las otras son mayores, granulosas, repartidas aquí y allá en el contorno de la glándula, y se llaman **células bordeantes**. Las células principales segregan lo esencial del jugo gástrico: la pepsina y la presura o renina; las células bordeantes segregan ácido clorhídrico.

La composición del jugo gástrico es la siguiente: agua, ácido clorhídrico (3 a 4 por 100), los fermentos pepsina y presura, en pequeña cantidad.

La producción excesiva de ácido clorhídrico da lugar a la enfermedad del estómago llamada **hiperclorhidria** y también ardor gástrico. Si el contenido de ácido clorhídrico es inferior a la media normal, se tiene la **hipoclorhidria**.

Glándulas intestinales.

Se hallan en el epitelio de la mucosa intestinal; hay un gran número (de ocho a diez mil por centímetro cuadrado).

Las glándulas intestinales segregan el jugo intestinal o entérico, rico también en enzimas.

El hígado y el páncreas.

El hígado es la glándula más voluminosa del cuerpo (25 cm. de longitud, 6 a 8 cm. de altura y de 1,5 a 2 kg. de peso). Está situado en la parte superior del abdomen, a derecha, debajo del diafragma y encima de la masa intestinal y del estómago.

La superficie superior, cubierta por el diafragma, es convexa y lisa. La superficie inferior, irregularmente cóncava, se adapta al estómago y a la masa intestinal, sobre la que se apoya, y lleva una pequeña bolsa piriforme de unos 10 cm. de longitud, llamada **vesícula biliar**, que recoge la secreción del hígado, es decir, la bilis. La cara inferior está dividida en cuatro lóbulos por tres surcos que dibujan una H (lóbulo derecho, lóbulo izquierdo, lóbulo cuadrado y lóbulo de Spiegel o posterior).

Los canales por donde circula la bilis son (fig. 13-3):

El canal **hepático**, de siete a ocho centímetros de longitud, por el que sale del hígado la bilis.

El canal **cístico**, por donde va a la **vesícula biliar** (de unos 50 centímetros cúbicos de capacidad).

El canal **colédoco**, que desemboca en el duodeno por la **ampolla de Vater**.

Interiormente, el hígado está formado por multitud de células hepáticas, reunidas en pequeñas zonas poligonales o lóbulos hepáticos, separados por tejido conjuntivo. Están rodeados de arterias y de canaliculos que recogen la bilis segregada por las células hepáticas. Todos ellos, al reunirse, forman el canal hepático.

La **bilis** es un líquido de color amarillo oro apenas segregada, pero en la vesícula biliar adquiere un color amarillo verdoso y se hace viscosa y amarga. El hombre produce unos 800 gramos en veinticuatro horas. La bilis está compuesta, en gran parte, de agua, de sales minerales, de mucus, de algunos desechos orgánicos, provenientes de varias partes del organismo, y presenta reacción básica.

Ya que está privada de enzimas, no puede ser considerada como un verdadero jugo digestivo, si bien tiene importantes funciones, sobre todo en la digestión de las grasas.

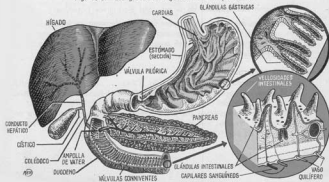
Las células hepáticas son voluminosas (de 20 a 30 μ) y contienen uno y a veces, dos núcleos. Su citoplasma contiene abundantes mitocondrias, vacuolas, granos de glucógeno y gotitas de grasa. Es que el hígado funciona también como órgano de reserva.

Esta propiedad de acumular en las células hepáticas gotitas de grasa se aprovecha en las ocas, haciéndolas permanecer inmóviles y alimentándolas en exceso, para producir el **foie-gras**.

El páncreas.

Pesa unos 70 gramos y es una glándula arracimada, análoga a las salivares, a las cuales se asemeja exteriormente, aunque es mucho mayor (fig. 13-3). Está situada detrás y debajo del estómago, tiene forma irregular alargada,

Fig. 13-3.—Las glándulas digestivas más importantes.



con una extremidad abultada, la cabeza, alojada en el asa del duodeno. El cuerpo del páncreas se adelgaza y termina cerca del bazo. Su color es pardo rosáceo.

La secreción pancreática o jugo pancreático se vierte en el duodeno por el canal pancreático de **Wirsung**. Este, desemboca junto con el canal colédoco, que viene del hígado, en una cavidad limitada por un repliegue circular, llamada **ampolla de Vater**. Un canal accesorio, más pequeño, desemboca dos centímetros más arriba.

Dando un corte del páncreas y observando en el microscopio, se pueden distinguir dos partes:

- 1.ª Las **glándulas acinosas pancreáticas**, es decir, de tipo esférico, pero con canal secretor, que segregan el jugo pancreático (secreción externa).
- 2.ª Masas celulares aisladas de una a tres décimas de milímetro de diámetro, muy vascularizadas: son los **islotos de Langerhans**, desprovistos de canales secretores y que segregan una hormona, la **insulina**, que pasa directamente a la sangre (secreción interna).

El **jugo pancreático** es un líquido alcalino, rico en agua, algo viscoso, ligeramente salado; contiene algunas sales minerales y cuatro importantes enzimas: **amilasa, maltasa, lipasa y tripsina**, de composición química poco conocida.

Los alimentos; sus clases.

Los alimentos son sustancias sólidas o líquidas que ingiere el organismo para reparar las pérdidas materiales y energéticas que experimenta en su actividad, y así mantener la vida.

Tienen que cumplir alguna de estas tres finalidades:

- ya sea para la **construcción y reparación** de los órganos (alimentos plásticos u organógenos).
- ya sea en calidad de **combustibles** que puedan suministrar energía (alimentos energéticos o termógenos),
- ya como **catalizadores** de la actividad bioquímica (vitaminas).

Los alimentos, por tanto, deben tener idénticos elementos, e incluso los mismos principios inmediatos que los organismos. (Lección 1.)

Es decir, que tiene que haber dos grupos de alimentos: **inorgánicos o minerales** y **orgánicos**.

Alimentos minerales.

Entre los alimentos minerales están (fig. 13-4):

- El **agua**, que ocupa el primer lugar, ya que el hombre adulto contiene una proporción del 60 por 100.

El agua es suministrada por las bebidas, pero además se encuentra en todos los alimentos compuestos. Así, el pan contiene el 40 por 100, la carne el 65 por 100 y las frutas el 85 por 100.

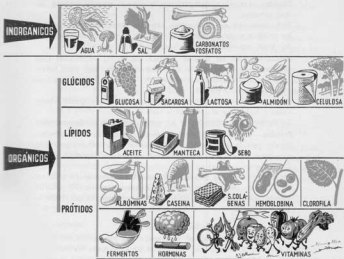


Fig. 13-4.—Clasificación de los alimentos.

Las sales minerales, que contienen elementos químicos, tales como el cloro, el fósforo, el azufre, el sodio, el potasio, el yodo, el hierro, el magnesio..., vienen ingeridas juntamente con los alimentos orgánicos, en los cuales están siempre contenidas en diversa cantidad, especialmente en las frutas, verduras, hortalizas, etc.

Las carnes y los cereales contienen particularmente fosfatos. Los huevos son ricos en azufre, mientras que el pescado suministra yodo.

- La sal de cocina (cloruro de sodio) y el agua de bebida son los únicos alimentos minerales simples que absorbemos en forma de alimento natural.

Alimentos orgánicos.

Estos alimentos **proceden de seres vivos**, animales o plantas.

Se pueden clasificar así:

- 1.º **Glúcidos** o hidratos de carbono.
- 2.º **Lípidos** o grasas.
- 3.º **Prótidos** o albuminoides.

- 1.º **Glúcidos.**—Los más importantes son: la glucosa, levulosa, sacarosa, lactosa, almidón...
Están contenidos en los alimentos naturales hidrocarbonados, que suelen dividirse en azucarados (frutas, pasteles...) y feculentos (pan, patatas, arroz, legumbres...)
- 2.º **Lípidos.**—Pueden ser **simples**: manteca (de cerdo), mantequilla (procedente de la leche), aceites (de oliva, cacahuete, soja, etc.), tocino, sebo, etc. En todos los casos son mezclas de ésteres de glicerina (palmitina, estearina y oleína).
Y **compuestos**: las principales son las **lecitinas**, que son grasas nitrogenadas y fosforadas: abundan en la clara de huevo.
Los lípidos están contenidos en los aceites, mantecas y sebos naturales.
- 3.º **Prótidos.**—Constituyen el alimento esencial, ya que suministran los materiales para la constitución del protoplasma de las células; por tanto, son insustituibles. Son muy numerosos: albúminas, legúmina, gluten, caseína, etc.
Los alimentos en que más abundan son: **carne** (miosina: 18 a 20 por 100); **leche** (caseína: 3 a 4 por 100); **queso** (caseína: 30 por 100); **huevos** (albúmina: 15 por 100); en el **pan** (gluten 15 por 100); **legumbres** (legúmina: 15 por 100).

El proceso de la digestión de los alimentos.

Entre los alimentos naturales hay muy pocos que son asimilables directamente por el organismo animal: tan sólo el agua, las sales minerales y la glucosa o exosas similares. Todos los demás, para poder pasar a la sangre que los ha de transportar a las células del organismo, han de sufrir transformaciones previas: los **glúcidos** tienen que transformarse en glucosa; los **lípidos**, en glicerina y ácidos grasos; los **prótidos**, en aminoácidos.
El conjunto de estas transformaciones se llama **digestión**, y se realiza por partes a lo largo del tubo digestivo.

La digestión completa comprende las siguientes fases: *digestión bucal*, *digestión estomacal* y *digestión intestinal*.

Digestión bucal.

Introducidos los alimentos en la boca son sometidos: 1.º a la masticación (acción mecánica); 2.º a la insalivación (acción química).

- **Masticación** o trituración de los alimentos. Estos son cortados por los incisivos, rasgados por los caninos y triturados por los molares, merced a movimientos verticales y horizontales de la mandíbula inferior. La lengua interviene colocando constantemente los alimentos entre los dientes.
- **Insalivación.**—Durante la masticación, los alimentos son **impregnados de saliva**, la cual empapa, reblandece y disuelve las sustancias solubles en el agua, de la cual está en gran parte constituida (995 por mil).

También aglutina, gracias a la **mucina** , las partículas alimenticias, formando el bolo alimenticio.

Por último realiza la **digestión salivar** , debida a la acción de la ptilina, que actúa sobre el almidón, preferentemente cocido, de los alimentos, transformándolo en **maltosa** , que es soluble, pero aún no apta para ser absorbida.

Pero la acción digestiva de la saliva es poco importante porque sólo interviene una diastasa, y la permanencia de los alimentos en la boca es muy breve. Se pueden quitar las glándulas salivares a un animal sin provocar trastornos digestivos, a no ser, una necesidad más intensa de beber, para mojar los alimentos.

La cantidad de saliva segregada por el hombre es de 300 a 500 gramos diarios.

La secreción salivar es continua, pero aumenta durante las comidas. Entre éstas, la secreción salivar es un acto reflejo (reflejo bulbar), provocado por los movimientos de la mandíbula inferior; la producen las glándulas submaxilares y sublinguales. Durante las comidas, el flujo de saliva está determinado por excitaciones gustativas, olfativas o por la vista de alimentos ("hacerse la boca agua"). Es una secreción que pudiéramos llamar "psíquica", y se debe principalmente a las parótidas.

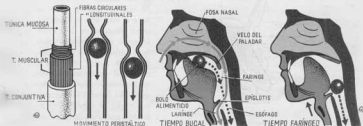
La deglución.

A la digestión bucal sigue la deglución del alimento.

La **deglución** es el acto mecánico por el que pasan los alimentos desde la boca al estómago. Para ello, el bolo alimenticio es recogido en el dorso de la lengua, que forma un plano inclinado y con rápido movimiento lo empuja hacia la faringe. Este paso del bolo alimenticio de la boca a la faringe (tiempo bucal) es un acto voluntario (fig. 13-5).

Los movimientos siguientes de la deglución son actos reflejos, provocados por el contacto del bolo alimenticio con el velo del paladar (reflejos bulbares (fig. 13-5). El velo del paladar y la úvula se levantan cerrando el paso

Fig. 13-5.—Estructura del esófago y el fenómeno de la deglución.



a las fosas nasales y a la trompa de Eustaquio. Al mismo tiempo, la parte inferior y móvil de la faringe se eleva varios centímetros por la contracción de los músculos estriados, arrastrando consigo la laringe, que choca contra la base de la lengua, la cual abate la epiglotis sobre el orificio de la laringe y lo tapa. El bolo alimenticio atraviesa la faringe rápidamente (tiempo faríngeo).

Se nota muy bien la subida de la laringe (nuez o bocado de Adán), durante la deglución, apoyando los dedos sobre ella.

Y por último, el bolo alimenticio, empujado por la contracción de las paredes musculares de la faringe, es precipitado en el esófago (tiempo esofágico), por donde avanza merced a los **movimientos peristálticos**. Este movimiento, que es reflejo, consiste en un **estrechamiento anular**, originado por la contracción de las fibras musculares circulares; se propaga hacia el estómago como una onda (fig. 13-5), llevando delante el bolo alimenticio. La gravedad no interviene para nada en la progresión de los alimentos, como lo prueba la manera de comer de los herbívoros.

Durante la deglución no se debe hablar ni reír, pues de otro modo la epiglotis se abre, con peligro de que penetren los alimentos en las vías respiratorias, lo que provoca irritación y tos violenta, como consecuencia de la cual, algunas partículas pueden ser lanzadas a las fosas nasales y a la trompa de Eustaquio, produciéndose, tal vez una infección. Durante la deglución de los líquidos, la epiglotis no se baja, y aquéllos se deslizan por sus lados sin penetrar en la laringe.

La digestión estomacal.

Al llegar el alimento al estómago se va colocando en capas sucesivas empujando por junto a las paredes, y se va mezclando con el jugo gástrico, gracias al batido que producen los movimientos peristálticos del estómago (acción mecánica).

Esta acción **mecánica** del estómago se puede observar directamente, mediante los rayos X, en una persona que haya ingerido una papilla de sulfato de bario, incorporada a sémola bien cocida.

Se observa primero cómo se llena el estómago, y veinte minutos después de la comida aparecen contracciones musculares peristálticas, que se suceden cada quince segundos y dirigen el contenido del estómago hacia el píloro, a lo largo de las paredes estomacales. Por medio de movimientos en sentido contrario, llamados antiperistálticos, vuelven del pí-

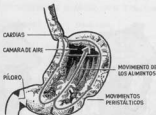


Fig. 13-6.—Colocación y movimientos del alimento en el estómago.

loro al cardias por la zona central; se forman así dos corrientes circulares (figura 13-6), y el alimento, frotado contra las paredes, empapado de jugo digestivo, es reducido a una masa pastosa finísima, homogénea, grisácea y ácida, llamada **quimo**.

Simultáneamente se verifica la **acción química** del jugo gástrico, que ataca sobre todo a los **prótidos**.

Durante la quimificación, que dura unas tres horas, el piloro permanece herméticamente cerrado; al fin, cuando se reúne una porción de alimento bien acidificado y digerido, el piloro se abre, lo deja pasar y luego se cierra. Un poco más tarde se abre de nuevo, para cerrarse en seguida, y así sucesivamente.

Por tanto, el quimo estomacal es evacuado por fracciones sucesivas. Sin embargo, el agua pasa de largo por el estómago y, en general, los líquidos son expulsados rápidamente del mismo.

La digestión gástrica no es lo más importante, pues la ablación casi total del estómago en el hombre no da lugar a trastornos digestivos graves.

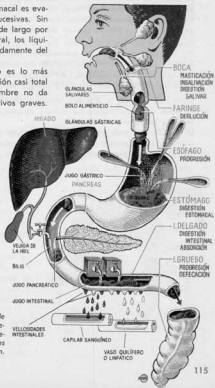


Fig. 13-7. — Esquema de los órganos que intervienen en la digestión y resumen de las operaciones que en ella se verifican.

Actúa principalmente sobre los prótidos, transformándolos parcialmente en peptonas.

El papel más importante del estómago es su acción mecánica sobre los alimentos, hasta reducirlos a una fina papilla.

La digestión en el intestino delgado.

Desde que llega el quimo estomacal al duodeno está sometido a las acciones conjuntas de la **bilis** y del **jugo pancreático**. Y a medida que progresa por el intestino delgado interviene el **jugo intestinal**, segregado por las microscópicas glándulas del intestino.

La **bilis** actúa casi exclusivamente sobre las grasas, emulsionándolas; el **jugo pancreático** y el **intestinal** tienen diferentes enzimas que actúan sobre las tres clases de alimentos glúcidos, lípidos y prótidos, terminando la descomposición de las sustancias aún no digeridas.

Para facilitar la mezcla del quimo con los jugos digestivos, la capa muscular del intestino efectúa lentos **movimientos peristálticos**, que impelen hacia adelante al contenido intestinal; las válvulas conniventes moderan la marcha. Hay también otros movimientos en los que intervienen las asas intestinales. La velocidad viene a ser de unos 2 cm. por minuto.

Como resultado de la digestión intestinal, el alimento queda transformado en **quilo**, que es un líquido blancuzco y viscoso; el proceso de esta digestión se llama **quilificación**.

El quilo es absorbido totalmente por las vellosidades intestinales. Las sustancias no atacadas por los jugos digestivos y los diversos residuos que quedan continúan su progresión por el intestino grueso y son arrojados al exterior.

LOS FENOMENOS DE LA DIGESTION Y ABSORCION DEL ALIMENTO

La digestión y absorción estomacal.

Como hemos dicho anteriormente, la digestión estomacal comprende una acción mecánica y una acción química. La acción mecánica se realiza mediante el juego de contracciones de las distintas clases de fibras musculares de las paredes del estómago que originan los movimientos peristálticos y antiperistálticos; la acción química es debida al *jugo gástrico*.

Como resultado de ambas acciones combinadas, los alimentos quedan reducidos a una fina papilla que es el quimo.

Al mismo tiempo se verifica la **absorción estomacal** por las paredes del estómago. Esta absorción es muy reducida y variable, según los animales. En el hombre se reduce a pequeñas cantidades de agua, de glucosa, alcohol, etc.

El jugo gástrico; su secreción.

El jugo gástrico está segregado por las glándulas gástricas situadas en las paredes del estómago.

En ayunas no hay jugo gástrico en el estómago, pero la ingestión de los alimentos determina la secreción, que no es continua, sino intermitente.

La secreción gástrica obedece a causas psíquicas, químicas y hormonales.

a) **Secreción "psíquica"** es la provocada por la vista, el olor o el sabor de los alimentos (fig. 14-1).

Esta secreción es tanto más abundante cuanto más apetitoso sea el alimento ofrecido; es débil si sólo inspira indiferencia o repugnancia.

Un alimento apetitoso es fácilmente digerido porque es atacado desde su llegada al estómago por el jugo gástrico así producido o *jugo de apetito*.

Esta secreción se llama "psíquica" por estar provocada directamente por **sensaciones visuales, olfa-**



Fig. 14-1.—Al tomar el alimento, aunque no llegue al estómago, se produce la secreción gástrica.

tivas y gustativas que originan los reflejos secretorios. Es la más importante (200 gr. por hora) y precede a la llegada de los alimentos al estómago.

- b) **Secreción química** es la secreción provocada únicamente por el contacto del alimento con la mucosa del estómago. Este jugo químico no es tan activo como el jugo de origen psíquico; además, hay alimentos como el pan, la clara de huevo, las grasas, etc., que no provocan la secreción.
- c) **Secreción hormonal.** Está provocada por la hormona gastro-secretina secretada por las paredes gástricas y que influye a través de la sangre, sobre las glándulas gástricas, excitando su secreción.

Composicion y acción fisiológica del jugo gástrico.

El jugo gástrico contiene dos diastasas importantes (*presura* y *pepsina*) y el **ácido clorhídrico**. Suele citarse también la *lipasa gástrica*, existente tan sólo en los lactantes.

- La **presura** o cuajo **coagula la caseína**, separándola de las gotas de grasa.
- La **pepsina**, en presencia del ClH, **hidroliza las sustancias proteicas, transformándolas** en otras, de molécula más sencilla, como son los **poli-peptidos** (albumosas y peptonas).

En el lactante, que se nutre exclusivamente de leche, falta la pepsina, pero abunda la presura. La industria quesera aprovecha este hecho para coagular la leche, precipitando la caseína, constituyente esencial del queso, mediante el cuajo del estómago de las terneras y corderos lactantes, macerado con agua salada.

La coagulación de la caseína requiere la presencia de sales de calcio.

- El **ácido clorhídrico** (2 a 3 %), da una reacción muy ácida al jugo gástrico; proviene de la descomposición del cloruro de sodio por las células que rodean a las glándulas gástricas; **es indispensable para la formación y acción de la pepsina, hincha las sustancias proteicas**, las cuales son más fácilmente atacadas por aquélla. Además, **impide las putrefacciones** de los alimentos y **destruye multitud de gérmenes patógenos**, entre ellos el bacilo del cólera. Pero neutraliza la acción básica de la saliva, interrumpiendo la digestión del almidón.

El ácido clorhídrico no es segregado en la región del píloro.

El pH del jugo gástrico es aproximadamente 2.

La digestión en el intestino delgado.

En el intestino delgado la acción mecánica tiene menos importancia que en el estómago. Su misión es hacer progresar el alimento. En la **acción química** intervienen varios jugos digestivos: la *bilis*, el *jugo pancreático* y el *jugo intestinal*.

La bilis.

Esté secretada por las glándulas hepáticas del hígado. No contiene ningún fermento o diastasa digestiva, por lo que no es en realidad jugo digestivo, pero su acción es muy importante, sobre todo en la digestión de las grasas. La bilis es un líquido viscoso, amarillo, de reacción básica y sabor amargo. Está compuesta de agua (97 por 100), de sales minerales, cloruros, fosfatos, bicarbonatos; de sales biliares: taurocolato y glicocolato sódico; de mucus, colessterina y pigmentos biliares: biliverdina (verde) y bilirrubina (amarilla).

Las funciones que realiza la bilis son:

- a) **Neutraliza la acidez del quimo**, preparando el medio ambiente al jugo pancreático, el cual sólo puede actuar en medio neutro o básico.
- b) **Emulsiona las grasas**, es decir, las divide en diminutas gotitas, que podrán ser más fácilmente atacadas por el jugo pancreático e intestinal.
- c) **Suministra las sales minerales** necesarias para la saponificación de las grasas por el jugo pancreático.
- d) **Activa por su mucus**, como un unguento, el desprendimiento de las células de la mucosa intestinal, que envejecen rápidamente, mientras nuevos estratos se producen debajo de ellas.
- e) **Contrarresta la acción de las bacterias**, que podrían provocar putrefacción durante el tiempo que los alimentos permanecen en el intestino.

Entre las sustancias eliminadas por el hígado han de recordarse las que provienen de la destrucción de los glóbulos rojos de la sangre, que dan color a la bilis y, por tanto, a los restos de la digestión. A veces los canales biliares son obstruidos por depósitos de sales o de otras sustancias, como la **colessterina**, los cuales crecen en forma de estratos concéntricos hasta alcanzar el diámetro de dos centímetros. Así se originan los llamados **cálculos biliares**, causantes de los terribles cólicos hepáticos. Si los conductos se obstruyen, la bilis se vierte en la sangre y ocasiona la **ictericia**, que comunica a la piel una coloración verdosa, mientras las heces fecales permanecen descoloridas.

El jugo pancreático.

El jugo pancreático es un líquido alcalino, rico en agua, algo viscoso, ligeramente salado. Contiene algunas sales minerales y cuatro importantes diastasas:

- la **amilasa pancreática**, que transforma el almidón en maltosa;
- la **maltasa pancreática**, que hidroliza y transforma la maltosa en glucosa;
- la **lipasa pancreática**, que hidroliza las grasas emulsionadas y las desdobra en ácidos grasos y glicerina;
- la **tripsina** o **proteasa pancreática**, que convierte las proteínas en polipéptidos o aminoácidos.

En realidad, el páncreas no produce tripsina, sino tripsinógeno, el cual, al ponerse en contacto con el jugo intestinal, se convierte en tripsina.

Las reacciones que se verifican son:

Almidón + H₂O + amilasa y maltasa = glucosa (C₆H₁₂O₆).

Grasas + H₂O + lipasa = glicerina + ácidos grasos

Proteínas + H₂O + tripsina = polipéptidos.

Polipéptidos + H₂O + tripsina = aminoácidos.

Cómo se efectúa la secreción biliar y la secreción pancreática.

La **secreción de la bilis por el hígado es continua** (de 500 a 1000 cm. cúbicos al día), pero su salida por el canal colédoco es discontinua. Entre las comidas, la bilis se acumula en la vesícula biliar, en donde se concentra. En el momento de la digestión, por la acción de las grasas, en particular sobre la mucosa del duodeno, la vesícula biliar se contrae y expulsa su bilis, que es vertida en el duodeno.

La **secreción del jugo pancreático es intermitente**; se ha comprobado experimentalmente que está determinada por el contacto del ácido clorhídrico, del jugo gástrico con las paredes del duodeno. Este contacto provoca la secreción de una hormona llamada **secretina** que, transportada por la sangre al páncreas, pone en actividad sus células glandulares.

Luego la secreción pancreática es debida a un mecanismo hormonal. Lo mismo sucede con la secreción biliar e intestinal.

El jugo intestinal.

Este jugo, llamado también entérico, es un líquido claro, de reacción básica, constituido en gran parte por agua, algunas sales minerales y de siete diastases:

Las más importantes son:

— La **amilasa**, la **maltasa** y la **lactasa** intestinales, que actúan, respectivamente, sobre el almidón, la maltosa y la lactosa, para convertirlas definitivamente en glucosa y galactosa, ambas asimilables.

— La **invertasa** intestinal hidroliza la sacarosa, produciendo la glucosa y levulosa:



— La **erepsina** hidroliza los polipéptidos escapados al jugo pancreático y los transforma en aminoácidos.

— La **lipasa** intestinal hidroliza las grasas que aún quedan, en glicerina y ácidos grasos.

— La **nucleasa** desintegra los ácidos nucleicos en sus componentes.

La **invertasa** y la **lactasa**, que sólo pueden obtenerse triturando y macerando la mucosa intestinal, son endodiastases.

Esta secreción intestinal es intermitente, pues durante la digestión es provocada, como la secreción pancreática, por la acción de la secretina.

Como resultado de la digestión intestinal se origina un líquido viscoso, de aspecto lechoso, llamado quilo, cuya composición es la siguiente:

- **Agua y sales minerales:** proceden del agua y sales ingeridas.
- **Glucosa, levulosa y galactosa:** proceden de la digestión de los hidratos de carbono.
- **Glicerina, ácidos grasos y jabón:** proceden de las grasas.
- **Aminoácidos:** proceden de la digestión de las proteínas.

Sólo el agua, las sales minerales y las vitaminas no sufren ninguna transformación en el tubo digestivo.

A medida que se forma el quilo, es absorbido por las vellosidades, cuya actividad es notable en el yeyuno; y el contenido intestinal se reduce a una masa sólida, compuesta de sustancias no digeribles o aún no digeridas, las cuales son impulsadas hacia el intestino grueso.

Resumen.

- Como resumen, diremos que la digestión de los **hidratos de carbono** se inicia en la boca, se suspende en el estómago y se reanuda en el intestino. Exceptuadas la glucosa y la fructuosa —azúcares de las frutas—, que son directamente solubles y absorbibles, todos los demás hidratos de carbono son descompuestos en **glucosa, fructosa y galactosa**, con predominio de la primera.
- La digestión de las **grasas** se efectúa principalmente en el intestino delgado por obra de la bilis, que las emulsiona, y de la lipasa pancreática, que completa la emulsión y luego la descompone en **glicerina, ácidos grasos y jabones**, sustancias solubles y absorbibles.
- La digestión de las **proteínas** se inicia en el estómago mediante la presión, que precipita la caseína de la leche, y de la pepsina, que transforma las proteínas en peptonas. Se continúa en el intestino por acción de la tripsina del páncreas, que descompone las proteínas en peptonas, y luego transforma éstas en aminoácidos.
En fin, la erepsina del jugo entérico descompone las últimas peptonas en **aminoácidos**, solubles y absorbibles.

La absorción de los alimentos digeridos.

Los productos de la digestión son absorbidos por la mucosa de todo el tubo digestivo.

La **boca**, la **faringe**, y el **estómago**, absorben sólo agua y sales minerales. El estómago absorbe también la glucosa y las bebidas alcohólicas.

En el **intestino delgado**, todos los alimentos son absorbidos con la máxima intensidad.

En el **intestino grueso** se absorbe agua y pequeñas cantidades de los demás elementos que hayan podido quedar en los residuos.

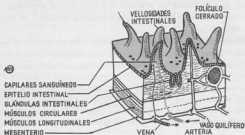


Fig. 14-2.—Los alimentos penetran a través de las vellosidades intestinales

El principal aparato absorbente son las vellosidades intestinales. Cada vellosidad intestinal está tapizada exteriormente por epitelio intestinal, formado de células con chapa, ricas en mitocondrias. El eje de la vellosidad contiene esencialmente (figs. 13-3 y 14-2):

- 1.º **Una pequeña arteria y un capilar venoso**, unido a la arteria por una minúscula red de capilares. Todas las venas de todas las vellosidades se unen después en la **vena porta**. El agua, las sales minerales, las vitaminas, las osas y los aminoácidos penetran en la sangre de los capilares atravesando el epitelio intestinal.
- 2.º **Un capilar linfático** o vaso quilífero, de color blanco, que en su base se funde en un sistema de vasos ramificados por toda la pared del intestino, hasta la serosa, los cuales confluyen en el mesenterio. Por él penetran las grasas.

Los capilares sanguíneos y el vaso quilífero están rodeados de un tejido conjuntivo que contiene fibras **musculares lisas**, que permiten a la vellosidad poder **contraerse**. Estas contracciones aceleran, durante la absorción, la circulación de la sangre y de la linfa.

Mecanismo de la absorción intestinal.

Las vellosidades sumergidas en el quilo absorben el agua con las sustancias alimenticias disueltas, como lo hacen los pelos radicales de las plantas, y ejercen igualmente una verdadera selección de los alimentos. Mientras las soluciones atraviesan sus paredes por filtración, las células vivas reaccionan acogiendo, rechazando o modificando ciertas sustancias. Así, por ejemplo, los ácidos grasos y la glicerina, que provienen de la digestión de las grasas,

penetran en las células intestinales, y en el citoplasma de éstas se reconstituyen las grasas, que son vertidas en los vasos quilíferos (fig. 14-3).

No se puede explicar la absorción intestinal, es decir, el paso por permeabilidad selectiva a través de las células intestinales, por el único factor físico de la ósmosis, cuyas leyes parecen contradecir. La gran actividad fisiológica del epitelio intestinal debe estar relacionada con la abundancia de condriosomas en el citoplasma de sus células; por tanto, éstos parecen intervenir en los fenómenos complejos de la absorción intestinal.

Los productos de la absorción van unos por el sangre y otros por la linfa. Los que van por la sangre atraviesan el hígado, donde se almacena el exceso de alimentos. Los vasos linfáticos también van a parar a la sangre (fig. 14-4).

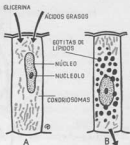


Fig. 14.3.—Penetración de las grasas: A, penetra la glicerina y los ácidos grasos. B, se reconstituyen las grasas.

Utilización de los elementos nutritivos por las células.

Las células de nuestro organismo toman de la sangre las sustancias nutritivas necesarias:

- 1.º **Para la reparación de su desgaste** (sostenimiento), lo cual efectúan los aminoácidos, que son esencialmente utilizados para sintetizar los proteidos del citoplasma; por eso se les llama **alimentos plásticos**.
- 2.º **Para su crecimiento y multiplicación** (sobre todo en los seres jóvenes). Se trata también de sintetizar materia viva y, por tanto, se utilizarán los alimentos plásticos.
- 3.º **Para su respiración** (oxidación de los alimentos); para esta finalidad se utilizan, sobre todo, los **glúcidos** y las **grasas**, que son oxidados liberando calor y también trabajo en el caso de la célula muscular en contracción. Por eso a las grasas y a los glúcidos se les llama **alimentos energéticos**.

La masa de los elementos nutritivos suministrados a nuestras células, durante las comidas, sobrepasa de ordinario sus necesidades. Por eso una parte del excedente alimenticio es puesto en reserva en ciertos órganos, o destruido.

La digestión en el intestino grueso.

En el intestino grueso aún sufren modificaciones los residuos alimenticios. Allí se continúa la acción química y mecánica. Hay glándulas entéricas semejantes a las del intestino delgado, y es notable la **gran abundancia de mucus** que se produce, especialmente en el recto. A esta obra concurren, sobre

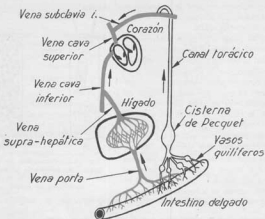


Fig. 14-4.—Las dos vías de penetración de los alimentos digeridos.

todo en el hombre y animales herbívoros, una multitud de innumerables bacterias, las cuales constituyen con el huésped una verdadera y propia simbiosis. Ellas actúan sobre la celulosa, el almidón, las grasas y las proteínas a la manera de las bacterias saprófitas, que en el exterior provocan la fermentación de las mismas sustancias.

De este modo, la celulosa de los alimentos vegetales, que los jugos del intestino no consiguen digerir, es descompuesta en parte y su contenido alimenticio puede ser utilizado. Como consecuencia de tal descomposición, provocada por las bacterias, llamada **digestión secundaria**, se desarrollan algunos ácidos orgánicos y gases intestinales, que dan olor característico a las heces.

Al estar la mucosa del intestino grueso desprovista de vellosidades, absorbe directamente las sustancias digeridas y de modo particular el agua; los residuos sólidos, constituidos en gran parte por celulosa, sustancias córneas, quitina, minerales, etc., acompañada de bacterias, se acumulan en el colon y al fin pasan al recto, que las expelle. (Se calcula que el número de bacterias eliminadas diariamente pasa de 30 millones.)

El tiempo necesario para recorrer los alimentos todo el tubo digestivo es muy variable de unas personas a otras. Como término medio se dan estos datos: **digestión estomacal**, 3 horas; **digestión en el intestino delgado**, 9 horas; **recorrido del intestino grueso**, 20 horas.

PRACTICAS

1.ª Digestión de los granos de almidón por la saliva.

Véase la práctica segunda de la lección 1. Para obtener saliva en cierta cantidad y sin espuma se rebate hacia abajo el labio inferior y se inclina la cabeza hacia adelante. Pronto empieza a fluir un chorrito de saliva algo viscosa. Se puede completar la práctica observando al microscopio los granos de almidón atacados por la saliva. Se ve cómo les corre, penetrando por todas las hendiduras.

2.ª Digestión de los albuminoides por la pepsina en medio ácido.

Material: Pepsina del comercio al 2 por 1.000, ácido clorhídrico al 2 por 1.000, tres tubos de ensayo, fibrina, lamparilla.

Práctica (fig. 14-5): Los tres tubos de ensayo se median, respectivamente, de pepsina, de HCl y de una mezcla en partes iguales de ambos. Se echan sendos copos de fibrina y se mantienen mediante pases por la lamparilla o al baño María, a unos 40°. Al cabo de diez a quince minutos se verá que la pepsina sola no ha modificado la fibrina; el clorhídrico le ha hinchado, y la mezcla le ha digerido por completo. Han resultado albumosas y pectonas, que no se coagulan por el calor, pero den las reacciones de los albuminoides. (Compruébese.)

3.ª Digestión del almidón con pancreatina.

Material: Pancreatina comercial (extracto de páncreas), bilis de buey, engrudo, tubos, baño maría.

Práctica (fig. 14-6): En un tubo de ensayo se pone engrudo de almidón, pancreatina y un poco de bilis. Se conserva a unos 37° al baño maría durante quince minutos. Se le añade agua yodada y no da coloración azul; se le calienta con Fehling y lo reduce. El almidón se ha convertido en glucosa.

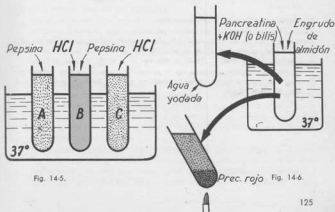


Fig. 14-5.

Fig. 14-6.

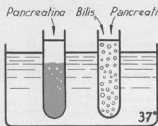


Fig. 14-7

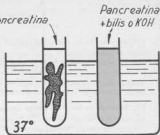


Fig. 14-8.

4.º Digestión de las grasas con pancreatina.

Material: Aceite, bilis, pancreatina, tubos, baño maría, fenolftaleína, disolución de sosa.

Práctica: Se pone agua y un poco de aceite en un tubo; se agita. El aceite se vuelve a reunir en seguida. Se añade un poco de bilis, se agita y queda una emulsión; la bilis emulsiona las grasas.

Ahora, en dos tubos, se pone agua, gotas de aceite, unas gotas de fenolftaleína y de sosa: adquiere coloración rosa. Al uno se le añade pancreatina; al otro, lo mismo, más unas gotas de bilis. Este se decolora; el primero apenas cambia, lo cual es debido a que en el segundo se ha descompuesto el aceite en ácidos grasos y la glicerina y los ácidos han neutralizado el medio básico. En otras palabras, las grasas han sido digeridas (fig. 14-7). La bilis, al emulsionar la grasa, ha dado rapidez al fenómeno.

5.º Digestión de los prótidos con pancreatina.

Material: Fibrina, pancreatina, bilis, baño maría, tubos.

Práctica: Se pone en dos tubos agua y fragmentos de fibrina con unas gotas de pancreatina; el primero se le añade un poco de bilis. Se colocan al baño maría durante una hora. En el primero, la fibrina es digerida; en el segundo, no (fig. 14-8).

De estas tres prácticas se deduce que la pancreatina o jugo pancreático contiene enzimas que atacan a las tres clases de alimentos: glúcidos, lípidos y prótidos, y que actúa en medio básico.

EL METABOLISMO

Generalidades.

El aparato digestivo transforma los alimentos y los pone en condiciones de penetrar en el torrente circulatorio. El aparato circulatorio distribuye esas sustancias por todas las células. Viene ahora la fase esencial de la nutrición: la asimilación o utilización de los principios alimenticios por las células del organismo; este fenómeno se llama **metabolismo**.

El **metabolismo** es, pues, la serie de transformaciones químicas que realizan las células para utilizar los alimentos. Consta, como dijimos en la lección 5, de dos procesos antagónicos y simultáneos: el **anabolismo** (sintetizar los materiales orgánicos, reparar las pérdidas de los mismos y acumular reservas), y el **catabolismo** (desintegrar sus propios materiales o las sustancias de reserva para obtener la energía necesaria para los procesos vitales).

En el catabolismo hay dos tipos de transformaciones: las **hidrolíticas**, en las que interviene el agua y numerosas enzimas; y las **oxidativas** o respiratorias, en las que interviene el oxígeno, acompañado también de enzimas.

Cada clase de alimentos sufre un proceso o ciclo de transformaciones que vamos a estudiar.

El ciclo metabólico de los glúcidos.

Los glúcidos son transformados a lo largo del tubo digestivo en glucosa, levulosa y galactosa, que penetran en la sangre por las vellosidades intestinales (fig. 14-2). Son llevadas al hígado, donde se almacenan, convertidas en **glucógeno**, depositado en forma de granos en las células hepáticas. También pueden almacenarse, aunque en menor cantidad, en los músculos, cartílagos, riñones, etc. (fig. 15-1).

A medida que el organismo lo necesita, el glucógeno es hidrolizado, y así transformado de nuevo en glucosa, gracias a una diástasa: la **glucogenasa**, y mediante la sangre es llevada a las células y tejidos, sobre todo al tejido muscular, que lo utiliza como fuente de energía. Estas transformaciones realizadas por el hígado en los dos sentidos, se llaman **función glucogénica** y **glucémica**, respectivamente.

La cantidad de glucosa que hay en la sangre, es decir, la glucemia, es siempre del 1 por 1.000. Existe un mecanismo muy complejo que regula automáticamente esta tasa. Intervienen, sobre todo, dos hormonas; la **adrenalina** de las cápsulas suprarrenales y la **insulina** del páncreas. Cualquier irregu-

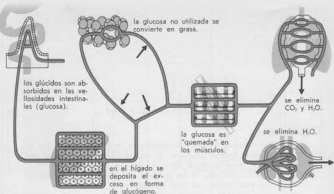
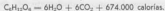


Fig. 15-1.—Ciclo metabólico de los glúcidos.

laridad en el juego de estas dos glándulas aumenta la cantidad de glucosa en la sangre, que es eliminada por orina, originando la **diabetes**.

En las células la glucosa es quemada, o sea, se combina con el oxígeno en la respiración mediante un complicado proceso de reacciones químicas que estudiaremos. Proporciona, además de energía, agua y CO₂, que son arrojados en la respiración. La reacción sumaria es la siguiente:



Cuando escasea el oxígeno se produce **ácido láctico**:



Este fenómeno se verifica en los músculos cuando su trabajo es muy intenso. El ácido láctico (sarcoláctico) es el principal causante de la fatiga y de las agujetas. Durante el reposo, la combustión respiratoria normal lo reduce a CO₂ y H₂O.

Los productos de desecho de los glúcidos se eliminan respectivamente: el agua, por la orina, y el CO₂, por los pulmones (fig. 15-1).

Parte de la glucosa asimilada por el organismo puede transformarse también en grasas, con lo que entra en el ciclo metabólico de éstas.

El ciclo metabólico de los glúcidos es completado por la función clorofílica de las plantas, donde se sintetizan a partir de CO₂ y del agua.

El ciclo metabólico de las grasas.

En la digestión, las grasas se descomponen en **glicerina** y **ácidos grasos**. Al penetrar en las células de las vellosidades intestinales se recomponen de nuevo, pasando a los capilares linfáticos; y a través de la sangre son depositadas en los adipoblastos del **panículo adiposo** (tocino de los cerdos, grasa

de las ballenas), del **tuétano** y del **mesenterio** (obesidad). Son las grasas de depósito. En este estado sirven también para dificultar la pérdida de calor del organismo en climas fríos, ya que son malas conductoras del calor. Estas grasas de depósito pueden provenir también de los hidratos de carbono. Así, un ganso alimentado con maíz rico en almidón, acumula este hidrato de carbono en forma de grasa (hasta dos kilos en un mes). Esta transformación supone un gran ahorro de espacio y de peso, ya que la capacidad energética de las grasas es dos y media veces superior.

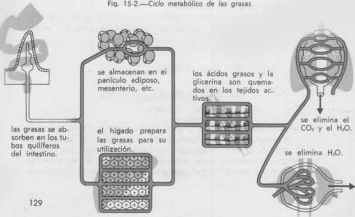
En la fase catabólica la mayor parte de las grasas sirven como combustible, y para esto son transformadas mediante lipasas endocelulares en ácidos grasos, más fácilmente oxidables, y en glicerina. Ambos son quemados, dando CO_2 y H_2O a través de una cadena de reacciones intermedias. Estos son eliminados por los pulmones y la orina (fig. 15-2).

Pero para que las grasas sean normalmente utilizadas en el organismo se precisa la presencia de los glúcidos. Si estos faltan, como en los casos de diabetes, quedan diversos ácidos en la sangre sin ser oxidados, provocando la **acidosis**. Al mismo tiempo se produce **acetona**, que es venenosa. Así se origina el **coma diabético** que precede a la muerte.

Ciclo metabólico de los prótidos.

Sabemos que los prótidos son descompuestos en el aparato digestivo sucesivamente en peptonas, polipéptidos y, por fin, en aminoácidos. Estos pasan a la sangre y después a las células, las cuales los asimilan; es decir, los utilizan para reconstruir y fabricar sus **proteínas específicas**, propias de cada especie animal y, en parte, para aumentar su número. Lo que llega en exceso se emplea como combustible y, por tanto, produce energía.

Fig. 15-2.—Ciclo metabólico de las grasas



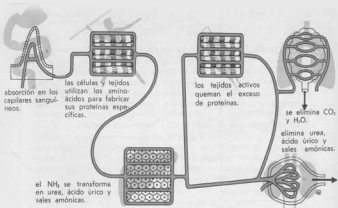


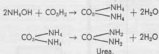
Fig. 15-3.—Ciclo metabólico de los prótidos.

El **proceso catabólico** comprende dos fases: una **hidrolítica** y otra **oxidativa**. En la primera fase los prótidos se desintegran por la acción de encimas hidrolíticas endocelulares, de modo similar a lo que sucede en la digestión. Así se descomponen en aminoácidos.

En una segunda fase se desintegran los aminoácidos por oxidación, dando finalmente CO_2 , H_2O y NH_3 , que son eliminados. Pero en la mayoría de los animales el NH_3 , que es tóxico, no se elimina como tal, sino que es transformado en un producto inocuo, la **urea**, o bien el **ácido úrico**, éste sobre todo en aves y reptiles. Estos dos productos se eliminan por la orina.

Formación de la urea y el ácido úrico.

La urea se forma en el hígado: el ácido carbónico de la sangre y el NH_3 forman carbonato amónico y después, por deshidratación, urea, que se elimina por la orina (fig. 15-3).



Pero ha de tenerse presente que la urea puede provenir, tanto de los aminoácidos procedentes de la desintegración de las proteínas del protoplasma celular como de los aminoácidos sobrantes de la alimentación; por lo cual, se distingue una urea de origen **exógeno** (que proviene de los alimentos ingeridos) y una urea de origen **endógeno** (que proviene del protoplasma celular).

De los **núcleo-proteidos** (constituyentes característicos de los núcleos celulares) se originan también, por descomposición, otras sustancias (bases purínicas), que a su vez forman **ácido úrico**, el cual se encuentra también en la sangre y se elimina por la orina.

En el hombre y en los mamíferos se da un trastorno patológico en el metabolismo de las purinas que origina el **artrismo**. Consiste en que la tasa de ácido úrico en la sangre sube de 30 a 60 mgr. por litro. El ácido úrico y los uratos que con él se originan, al formar una solución saturada, cristalizan en las articulaciones, músculos, riñón, vías urinarias, etc., y originan la gota, reuma, cálculos urinarios, nefritis, etc.

Se combate el artrismo por disolventes del ácido úrico (como la piperacina) y con una alimentación pobre en purinas (leche y verduras).

El metabolismo energético.

Ya hemos visto que una de las finalidades del alimento es proporcionar la energía que necesita el organismo para su actividad vital; y que los alimentos que principalmente suministran esta energía (alimentos energéticos) son los glúcidos y los lípidos. También hemos estudiado cómo suministran esta energía en forma de calor y en los procesos catabólicos de sus respectivos ciclos metabólicos.

Interesa ahora conocer cómo se mide la cantidad de calorías que necesita el organismo humano y qué dieta alimenticia es la más adecuada para suministrarle esas calorías: Calorimetría y Dietética.

Calorimetría.

Cuando se trata de calcular el número de calorías que necesita diariamente un hombre, se emplean dos procedimientos calorimétricos: la calorimetría directa y la calorimetría indirecta.

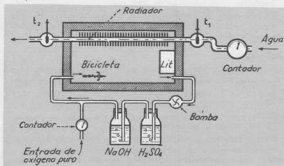


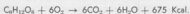
Fig. 15-4.—Cámara calorimétrica.

- a) **Calorimetría directa.**—Para medir directamente el calor desarrollado en el cuerpo humano se recurre a un gran calorímetro, una especie de cámara, de madera o vidrio, perfectamente aislada, en la cual un hombre puede vivir y trabajar durante un tiempo dado (fig. 15-4).

El calor perdido por el individuo es recogido por agua fría que circula por un radiador con aletas de cobre. El agua sube algo de temperatura, lo que permite calcular la cantidad de calor perdida por el individuo. El agua que proviene de la respiración y del sudor, y que es retenida con ácido sulfúrico, permite conocer la cantidad de calor que ha sido utilizado por la evaporación pulmonar y cutánea (un litro de agua absorbe, a 15 grados, 580 Kcal. para evaporarse).

En esta cámara hay posibilidad de permanecer en reposo o realizar un trabajo muscular (bicicleta) medido por un contador especial.

- b) **Calorimetría indirecta.**—Se base en la energía liberada por la oxidación de un alimento con un volumen dado de oxígeno. Por ejemplo, en la oxidación de una molécula-gramo de glucosa:



(Se emplean 22,4 litros por 6 = 134,4 litros de oxígeno, que producen 675 Kcal.) Para un litro de oxígeno consumido, la cantidad de energía liberada será:

$\frac{675 \text{ Kcal.}}{134,4} = 5 \text{ Kcal.}$ Esta cantidad define el **coeficiente**

térmico del oxígeno para los glúcidos cuando se consume un litro de oxígeno.

El coeficiente térmico del oxígeno, para la oxidación de los lípidos, es 4,7 Kcal.; para la oxidación de los prótidos, 4,5 Kcal., y para una alimentación mixta normal es de 4,83 Kcal.

De este modo, si queremos conocer las calorías producidas durante un tiempo dado por el organismo, basta que midamos el oxígeno consumido y lo multipliquemos por 4,83.

Metabolismo basal.

En los cálculos calorimétricos hay que partir siempre del **metabolismo basal**, o producción mínima de energía, debida a las oxidaciones necesarias:

- Para realizar la actividad muscular que no puede interrumpirse: corazón, músculos respiratorios, músculos lisos (estómago, intestino), tono muscular...
- Para la respiración de las células.
- Para la secreción glandular permanente: riñones, glándulas endócrinas, hígado, etc.

Es decir, que el metabolismo basal representa los trabajos fisiológicos "irreductibles" del individuo.

Metabolismo basal es el número de calorías producidas en veinticuatro horas por un individuo en reposo absoluto (tendido en una cama), en ayunas desde hace doce horas y a la temperatura de neutralidad térmica (18°).

Para un adulto de 70 kilogramos, este mínimo es de 1.500 Kcal. en veinticuatro horas; aproximadamente, una Kcal. por hora y por kilogramo.

La Dietética; generalidades.

La **Dietética es la ciencia de la nutrición** y estudia las necesidades nutritivas del cuerpo y la manera de satisfacerlas lo más racionalmente posible. Se ha discutido mucho sobre el valor práctico de la Dietética, alegando que el apetito es el guía más seguro para acertar en la elección de la calidad y cantidad de los alimentos.

Esto no es cierto ni para los niños, cosa evidente, ni para los adultos. Hay otros factores —costumbres, presentación, sabor, gula, comidas colectivas, pobreza, etc.— que impiden el libre juego de tal mecanismo.

La **Dietética tiene que basarse en principios científicos**, debidamente establecidos, que le permitan conocer con exactitud:

- Las verdaderas necesidades alimenticias del organismo, tanto en su aspecto energético como en el plástico.
- El valor nutritivo de cada clase de alimentos.
- Los principios o leyes que regulan el aprovechamiento de los alimentos por el organismo.

Con todos estos datos se puede precisar científicamente la **ración alimenticia** o cantidad de alimentos que un hombre debe tomar diariamente (veinticuatro horas), según las circunstancias en que se encuentre.

Las bases científicas de la Dietética.

Estas bases o leyes que regulan la Dietética se pueden reducir a tres:

1.ª Ley.—*La ración alimenticia debe proporcionar al organismo la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento.*

La máquina humana gasta energía:

- a) Para el metabolismo basal y para el trabajo que realizan los músculos estriados, según las ocupaciones de cada uno.
- b) Para mantener constante la temperatura del cuerpo, no obstante las variaciones de la temperatura exterior.

La mayor parte de la energía gastada por el organismo se manifiesta en forma de calor y se expresa en calorías.

Siempre que se realiza trabajo muscular aparecen manifestaciones de calor. Y es que la máquina humana para producir el trabajo equivalente a una caloría (1 Kcal. = 425 Kgm.) gasta 4 Kcal. Las tres restantes aparecen en forma de calor. Por tanto, su rendimiento mecánico es: $\frac{1}{4} = 0,25$.

Por tanto, la energía utilizada por la máquina humana proviene de:

- **los glúcidos** (cada gramo produce 4 Kcal.);
- **los lípidos** (cada gramo produce 9 Kcal.);
- **los prótidos** (cada gramo produce 4 Kcal.).

El organismo necesita un mínimo de cada una de las tres clases de alimentos. La experiencia demuestra que se precisa, al menos, diariamente:

- 60 gramos de prótidos, de ellos 30 de origen animal. Proporcionan, sobre todo, los aminoácidos necesarios para la vida.
- 40 gramos de lípidos: constituyen la principal fuente de calor.
- 40 gramos de glúcidos, utilizados, sobre todo, en la actividad de los músculos.

Estas tres cantidades mínimas suministran 760 Kcal. El resto, hasta el límite del metabolismo basal, o hasta las necesidades de cada persona según su actividad, se pueden suministrar con un suplemento de las tres clases de alimentos o de una sola.

2.ª Ley.—La ración alimenticia debe suministrar cada día al organismo todos los principios nutritivos, no energéticos, específicamente indispensables para la vida.

Además de los alimentos plásticos, incluidos en el apartado anterior, se precisan en la máquina humana diversas sustancias que regulen las reacciones celulares, base de toda la actividad vital. Estas sustancias son:

El agua: perdemos 2,5 litros diarios (1,5 por la orina, 0,5 en sudor y 0,5 en la transpiración pulmonar): hay que reponerla para mantener la proporción normal, que en el hombre es de un 65 por 100 de su peso.

Las sustancias minerales: azufre, calcio, sodio, cloro (sólo de ClNa eliminamos 12 gr. al día) y otras que se precisan en menor cantidad y que tienen carácter catalítico (hierro, yodo, manganeso).

Las vitaminas. Sin ellas se producen las llamadas enfermedades carenciales. Se encuentran en cantidad suficiente en los alimentos naturales (fig. 15-5). Tan peligroso como el carecer de vitaminas es el abusar de ellas, sobre todo cuando se las toma aisladas y en forma comercial.

Los alimentos de relleno, como la celulosa, presente en los vegetales, que apenas se digiere, pero que da volumen a los alimentos y favorece, con su acción mecánica, la actividad del intestino.

3.ª Ley.—En una ración alimenticia correcta debe haber una proporción conveniente entre los principios nutritivos indispensables: esto es, debe ser equilibrada.

Ninguno de los alimentos naturales (excepto la leche, que es un alimento completo) contiene por sí sólo los alimentos simples en las proporciones exigidas en los diversos tipos de raciones. Así, el pan es pobre en lípidos

y en vitaminas; los huevos y la carne no contienen glúcidos, etc. Por tanto, es necesario mezclar los alimentos naturales y formar las minutas teniendo en cuenta su composición; es decir, que la alimentación debe ser equilibrada. Un desequilibrio prolongado hace al organismo vulnerable y predispuesto a la tuberculosis, al cáncer, a la diabetes...

Pero no sólo se precisa una proporción adecuada entre los grupos fundamentales de alimentos, sino que es indispensable cierto equilibrio dentro de los componentes de cada grupo. He aquí algunos tipos de equilibrio que hay que tener presentes:

1.º Equilibrio entre los prótidos animales y vegetales:

$$\frac{\text{prótidos de origen animal}}{\text{prótidos de origen vegetal}} = 0,8 \text{ a } 1,2$$

2.º la razón: $\frac{\text{glúcidos} + \text{lípidos}}{\text{prótidos}}$ se llama **relación nutritiva** y es variable; para los jóvenes en período de crecimiento debe ser inferior a 4; para los adultos, de 4 a 8.

3.º Es también importante la relación $\frac{\text{Ca}}{\text{P}}$, que debe ser de 1 a 1,5 para el niño, y de 0,6 a 0,8 para el adulto.

Ración alimenticia: sus diferentes tipos.

El organismo sufre cada día una pérdida de energía en forma de trabajo y calor, y una pérdida de materia por la desasimilación y la respiración. La alimentación diaria o ración alimenticia debe reparar estas pérdidas.

La ración alimenticia debe variar con el **sexo**, con la **edad**, con la **actividad** y con el **clima** en que se desenvuelve el individuo. Suelen distinguirse tres tipos de raciones: ración de crecimiento, ración de conservación, ración de trabajo.

● **Ración de crecimiento.**—Los alimentos de la ración de crecimiento deben subvenir a la conservación y sobre todo al crecimiento del organismo. Esta ración se caracteriza por su riqueza:

- en **prótidos**, formadores de la materia viva; el crecimiento exige por kilogramo y por día dos o tres veces más cantidad de prótidos que para la conservación de un adulto (2 a 3 gramos por cada gramo de peso).
- en **lípidos**, que proporcionan calor: la pérdida de calor es proporcionalmente mayor que para el adulto; así, un niño de pecho pierde, teniendo en cuenta las proporciones, 2,2 veces más calor que un adulto.

— en sales de calcio y fósforo y en vitaminas A, B₂ y D, que aseguran el crecimiento y la osificación.

- **Ración de conservación.**—Es la ración que asegura el equilibrio de un adulto en reposo relativo, es decir, que no efectúa ningún trabajo muscular diferente del de trasladarse de un punto a otro de la habitación en que se encuentra. Esta ración debe suministrar 2.500 Calorías, aproximadamente, para un hombre de 65 kilogramos.

Los principios nutritivos o alimentos que precisa esta ración son:

Alimentos simples:	Peso para un adulto de 65 K.	Kcal.
Agua	2.500 gr.	
Sales minerales	20 gr.	
Prótidos	70 gr.	280
Lípidos	50 gr.	450
Glúcidos	450 gr.	1.800
Total de calorías		2.530

Vitaminas:

A + Provit. A	0,002 gr.
B ₁ + B ₂	0,003 gr.
C... ..	0,07 gr.
D... ..	0,00002 gr.

- **Ración de trabajo.**—Esta ración debe asegurar la conservación del adulto y suministrar la energía necesaria para la producción de un trabajo. Si el trabajo es de tipo medio, como el de un mecánico o de un carpintero, que exige un gasto de energía correspondiente a más de 3.000 Calorías, se aumenta la ración con un suplemento de glúcidos (azúcar, pan, pastas, patatas, arroz, etc., y lípidos).

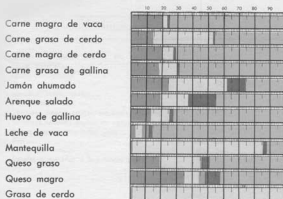
Si se trata de intensos trabajos musculares (leñadores, cavadores, herberos, ciclistas, cuyas necesidades se elevan a seis y ocho mil Calorías) hay que añadir un suplemento de glúcidos, de lípidos y de prótidos.

- **Ración del anciano.**—El anciano será sobrio y comerá poca carne para no fatigar el hígado y los riñones. Comerá principalmente productos lácteos y frutas.

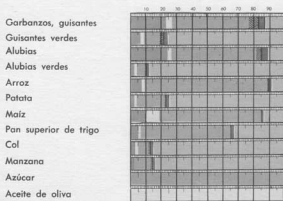
Resumen.

En el cuadro siguiente pueden verse las cantidades equilibradas de los diversos alimentos naturales que pueden constituir la ración alimenticia:

ALIMENTOS ANIMALES



ALIMENTOS VEGETALES



Composición de los alimentos más corrientes.

ALIMENTOS NATURALES	Adulto	Adulto	Adolescente
	en reposo	con trabajo media	15 o 20 años
	Peso en gramos	Complemento en gramos	
Carnes o pescados, huevos, etc.	80 - 100		50
Leche completa... ..	200		
Leche descremada	200		200
Queso	30 - 50	25	50
Manteca, aceite, grasa	30 - 50		20
Almendras, nueces	30 - 50		20
Verduras frescas crudas: ensalada, rábanos, etc.	100 - 150		
Verduras cocidas: espinacas, tomates, coles, etc.	500 - 800	100	200
Frutos frescos: manzanas, uvas... ..	100 - 200		
Pan	400 - 600	50	50
Pastas alimenticias	30 - 50		25
Papas o castañas o legumbres secas... ..	30 - 60	300	100
Azúcar	10 - 20		
Confituras	25	25	25

EL APARATO RESPIRATORIO Y LA RESPIRACIÓN

Diferentes tipos de respiración.

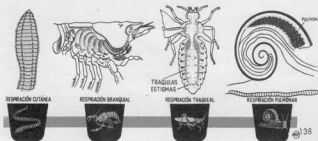
Ya hemos dicho que los alimentos que toman los seres vivos tienen dos finalidades esenciales: una finalidad plástica: formar las células del organismo y reponer las pérdidas materiales que éstos experimentan; y una finalidad energética: suministrar la energía precisa para la actividad vital.

Pero los alimentos energéticos necesitan el concurso del oxígeno, en una u otra forma, para que se desintegren y liberen la energía potencial que contienen. Este oxígeno se lo proporciona la respiración, y este tipo de respiración se llama aerobia. (Hay otro tipo de respiración, llamada anaerobia, en la que no se precisa absorber oxígeno, pero tiene mucha menos importancia.)

Como lo esencial de la respiración —suministrar energía— se realiza en las células del organismo, se dan distintos mecanismos para que el oxígeno llegue hasta ellas; lo que origina también diversos tipos de respiración (figura 16-1).

- Respiración cutánea:** el oxígeno del medio penetra en el organismo por difusión a través de la piel: lombrices, anfibios.
- Respiración traqueal:** el oxígeno penetra desde fuera a través de unos tubitos o tráqueas que se ramifican por el cuerpo: insectos.
- Respiración branquial:** es propia de los animales acuáticos (crustáceos, peces, anfibios). El oxígeno disuelto en el agua penetra en la sangre a través de unas laminitas finas muy vascularizadas (branquias).

Fig. 16-1.—Diversos tipos de respiración en los Invertebrados.



- d) **Respiración pulmonar:** mediante unos órganos esponjosos y muy vascularizados (los pulmones), el oxígeno penetra en la sangre y pasa a todas las células del organismo. Es propia de los vertebrados terrestres y algunos moluscos.

Como se ve en todos los tipos más perfeccionados de respiración, se precisa del complemento de un aparato circulatorio que transporte el oxígeno desde el punto de penetración en el organismo hasta todas las células del mismo.

Partes de que consta el aparato respiratorio en el hombre.

El aparato respiratorio en el hombre es de tipo pulmonar y consta de dos partes: **las vías respiratorias** y **los pulmones** (fig. 16-2).

1.º Las vías respiratorias o vías de entrada del aire.

Están formadas por las **fosas nasales**, la **faringe**, la **laringe**, la **tráquea**, los **bronquios** y los **bronquiolos** (fig. 16-2).

- **Las fosas nasales.** Son dos cavidades situadas en el interior de la nariz. Comunican con el exterior por los orificios nasales, y con la faringe, por dos aberturas, las coanas nasales. Están separadas una de otra por el tabique nasal, formado por el hueso —**vómer**— y por un cartilago. La parte externa está limitada por los huesos llamados **cornetes**, de superficie ondulada.

Todo el interior está tapizado por una membrana llamada **pituitaria**, en la que se distinguen dos zonas: la inferior (**pituitaria roja**, está muy vascularizada y tiene abundantes glándulas mucosas, así como pelos o vibrisas a la entrada de las ventanas de la nariz. Su misión es **filtrar, calentar y humedecer** el aire.

La superior (**pituitaria amarilla**) contiene el sentido del olfato.

- **La faringe.** Es la cavidad que sigue a las fosas nasales. Comunica con la laringe a través de un orificio que se tapa con la epiglotis (fig. 16-2). Su función es la misma que la anterior.

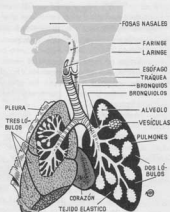


Fig. 16-2.—Aparato respiratorio del hombre.

- La **laringe** es el órgano productor de la voz. En la respiración es un simple tubo que se estrecha notablemente en la **glotis**. Realiza idéntica función que los órganos anteriores.
- La **tráquea**.—Es un tubo convexo por delante y aplanado por detrás, de 12 cm. de largo y 2 cm. de ancho que desciende a lo largo del cuello por delante del esófago (fig. 16-2).



Fig. 16-3.—La tráquea y el esófago.

Está formada por 15 ó 20 semianillos cartilagosos superpuestos y unidos entre sí por una túnica de tejido conjuntivo fibroso, elástico; las extremidades libres de los semianillos están unidas por un haz de fibras musculares lisas (fig. 16-3). Está constantemente abierta.

La interrupción de los anillos cartilagosos en la parte posterior permite la dilatación del esófago en el momento del paso del bolo alimenticio (fig. 16-3).

La tráquea está tapizada por dentro por una mucosa de epitelio vibrátil y provista de numerosas glándulas mucosas.

El movimiento de las pestañas vibrátiles conduce hacia la faringe el mucus y el polvo que a aquél se adhiere.

- **Bronquios**.—En la extremidad inferior, la tráquea se bifurca en dos gruesos tubos llamados **bronquios**, cuya estructura es, al principio, la misma que la de la tráquea, pero con los anillos cartilagosos completos; luego se ramifican repetidas veces, formando tubos cada vez más delgados, llamados **bronquiolos** (fig. 16-2). Sus extremos se inflan a modo de vejigas y constituyen los **alvéolos pulmonares**. La superficie interior de éstos presenta numerosas bolsitas llamadas **vesículas pulmonares** (figura 16-2).

A los alvéolos pulmonares, llenos de aire, deben los pulmones su aspecto esponjoso y su gran ligereza (densidad 0/3); de aquí que se les llame *livianos*.

Las paredes de los alvéolos están constituidas por un único estrato de células epiteliales, sostenidas por una delicada membrana de tejido conjuntivo elástico, con algunas fibras musculares lisas (fig. 16-5) que permiten los cambios gaseosos de la respiración en un ambiente siempre húmedo y tibio. Se calcula que las vesículas pulmonares son unos 400 millones, con una superficie total de 200 m², lo cual permite una superficie de contacto con el aire enormemente mayor que el que tiene el cuerpo a través de la piel.

2.º Los pulmones.

Son dos masas esponjosas y elásticas de color rosa en el niño y gris en el

adulto, situadas en la **caja torácica**. Su peso varía entre 900 gr. en la mujer y 1.200 gr. en el hombre. Están formados por tejido conjuntivo elástico. El pulmón derecho es el más desarrollado y presenta tres lóbulos, limitados por dos surcos, mientras que el pulmón izquierdo sólo tiene dos lóbulos (figura 16-4).

Los bronquios y los vasos sanguíneos penetran en cada pulmón por una zona deprimida llamada **hilio**.

El espacio libre entre los dos pulmones se llama **mediastino** y está ocupado en la región inferior por el corazón, en la región superior por la tráquea, el esófago y algunos vasos sanguíneos.

Cada pulmón está completamente revestido, excepto en el hilio, por una membrana serosa, llamada **pleura**, formada por dos hojas, una adherida al pulmón y otra a las paredes interiores del tórax y al diafragma (fig. 16-4), de este modo cada pulmón está protegido por un doble saco, cerrado por todas partes y privado de aire.

Entre las dos hojas de la pleura existe una pequeña cantidad de líquido que lubrica y permite resbalar una sobre otra durante los movimientos respiratorios (*líquido pleural*, cuya infección constituye la *pleuresía*).

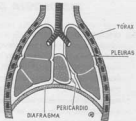


Fig. 16-4.—La caja torácica y los pulmones en esquema.



Fig. 16-5.—Alveolo rodeado de capilares.

En conclusión, en cada uno de los pulmones existen tres árboles con las mismas ramificaciones: el árbol bronquial, el árbol arterial y el árbol venoso.

El volumen de sangre que contienen en cada instante los dos pulmones es de unos dos litros, de los cuales uno está extendido en los capilares de los alveolos pulmonares, sobre una superficie de 200 m².

Paralelamente a los bronquios penetran en los pulmones sendas ramas de las arterias y venas pulmonares, que también se ramifican repetidamente hasta formar las arteriolas y vénulas que forman los capilares sanguíneos. Estos forman una tupida red alrededor de cada alveolo pulmonar. Sus paredes son sumamente finas y tienen una sola capa de células endoteliales (fig. 16-5).

FISIOLOGIA DE LA RESPIRACION

La respiración pulmonar.

Como los pulmones son dos órganos interiores se precisa un mecanismo para hacer entrar el aire que lleva el oxígeno; es un acto puramente mecánico y constituye la *ventilación pulmonar*.

Después se precisa que el oxígeno pase a la sangre y que el CO_2 que ésta transporta pase al aire. Este *intercambio de gases* es un fenómeno físico.

Por último ha de realizarse lo esencial de la respiración: que el oxígeno llegue a las células y que éstas lo utilicen para producir energía.

El fenómeno completo de la respiración comprende pues, tres fases:

- 1.ª La ventilación pulmonar.
- 2.ª El intercambio de gases.
- 3.ª La respiración en las células y tejidos.

La ventilación pulmonar.—Cómo se realiza.

Es un fenómeno mecánico que consiste en la entrada y salida del aire en los pulmones. Se realiza mediante movimientos rítmicos de la caja torácica, llamados movimientos respiratorios, que son dos:

la **inspiración** o entrada del aire y la **expiración** o salida.

Tales movimientos se deben a la contracción de los músculos respiratorios, es decir, el **diafragma** y los **intercostales**, por medio de los cuales los pulmones son dilatados y comprimidos como fuelles. Por consiguiente, durante los movimientos, los pulmones son pasivos, siguen la dilatación y estrechamiento de la caja torácica, a la cual están "pegados" por las pleuras y el líquido pleural.

Esta relación se puede aclarar con el experimento indicado en la figura 17-1. Una campana de vidrio, que figura las paredes laterales de la caja torácica, está cerrada por su base con una lámina de caucho (diafragma) y su abertura superior está obturada con un tapón, atravesado por un tubo (tráquea), cuya extremidad inferior, bifurcada (bronquios), lleva dos vejigas (pulmones).

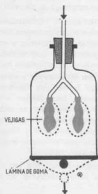


Fig. 17-1.

Cuando se tira de la lámina de caucho, la presión disminuye en la campana, por lo que el aire exterior penetra en las vejigas, que se inflan (inspiración). Cuando se suelta la lámina de caucho, el volumen de la campana disminuye y la presión de su aire aumenta, por lo que las vejigas se desinflan expulsando el aire (expiración).

Mecanismo de la inspiración y la espiración.

Para la **inspiración** los **músculos intercostales** externos se contraen, llevando hacia arriba y hacia afuera las costillas, mientras el **diafragma** disminuye su convexidad y se baja; por lo que las vísceras abdominales son comprimidas y el abdomen se hace más saliente (fig. 17-2). Así, la cavidad torácica se amplía, alejándose la pleura parietal, a la cual sigue la visceral, y el pulmón se dilata; por el vacío que se forma en el árbol bronquial, el aire exterior penetra hasta las vesículas pulmonares.

Después de una breve pausa, para efectuar la **espiración**, los músculos intercostales externos y el diafragma se relajan; con lo cual el diafragma sube, las costillas se bajan y el volumen de la caja torácica disminuye; por tanto, los pulmones son comprimidos y expulsan el aire al exterior.

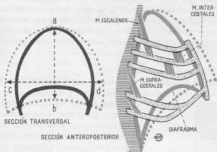


Fig. 17-2.—Variaciones del volumen de la caja torácica en la inspiración (punteado) y la espiración.

Los movimientos respiratorios difieren con el sexo: en el hombre predomina la respiración diafragmática con más amplios cambios de posición del diafragma y de las costillas inferiores; en la mujer predomina la respiración torácica con mayores cambios de posición de las costillas superiores.

El ritmo respiratorio varía según la edad y el ejercicio físico:

Los recién nacidos efectúan unas 45 inspiraciones por minuto; 26, a los cinco años; los jóvenes, 20, y el hombre, 16 a 18.

En cada inspiración normal se introducen en los pulmones 0,5 litros de aire (aire normal), y si se efectúan 16 inspiraciones por minuto son 23.000 inspiraciones por día y 11.000 litros, esto es, 11 m³ de aire diarios.

Con los ejercicios físicos el ritmo se acelera notablemente, mientras que disminuye en el reposo y especialmente en el sueño; es decir, está en relación con la necesidad de un mayor o menor consumo de oxígeno.

Cuando los músculos de la inspiración se paralizan (poliomielitis), los movimientos respiratorios son mantenidos mediante un "pulmón de acero", que consiste en un recinto rígido que envuelve la parte torácico-abdominal del individuo; en aquél se produce una depresión neumática al ritmo de la respiración normal (16 por minuto): la caja torácica se dilata por efecto de la depresión, los pulmones se dilatan también y el aire exterior penetra en la tráquea; luego se comprimen cuando la depresión cesa de actuar y expulsa el aire espirado.

Ventilación forzada.

En la **inspiración forzada**, la caja torácica se dilata al máximo merced a la intervención de **músculos suplementarios**, como los pectorales, los serratos, recto y oblicuo del abdomen, etc. Para realizarla se echa la cabeza hacia atrás y se elevan los brazos y los hombros.

La **espiración forzada** es un fenómeno activo debido a la acción de músculos espiradores que bajan las costillas más de lo normal. Los músculos abdominales intervienen también, pues se contraen, comprimiendo las vísceras hacia arriba, lo cual hace subir más el diafragma en la caja torácica.

Como en la ventilación normal, los pulmones siguen pasivamente los movimientos de la caja torácica, pero el volumen del aire inspirado y luego espirado es aquí mucho mayor.

La capacidad pulmonar.

Mediante un **espirómetro** se pueden medir los volúmenes de aire puestos en movimiento en las ventilaciones normal y forzada.

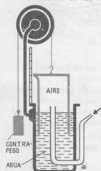


Fig. 17-3.

Un **espirómetro** (fig. 17-3) es una campana para recoger gases que, sumergiéndose en una cuba de agua, es mantenida en equilibrio por un contrapeso. El sujeto de experimentación introduce el aire en la campana mediante un tubo de goma. Hay un índice que se mueve a lo largo de una escala graduada y permite medir las variaciones del volumen de aire que hay en la campana.

Con el espirómetro sólo se miden los volúmenes de aire espirado, ya que el individuo inspira antes de soplar a través del tubo de goma.

Los datos que suministra el espirómetro son:

- 1.º En la respiración normal se inspira o se espira 0,5 litros de aire; es el **aire normal**. Varía algo, naturalmente, con la edad y con la capacidad pulmonar total de cada persona (fig. 17-4).

Fig. 17-4. — Las cantidades de aire que admite nuestro "fuelle".



- 2.º Después de una inspiración forzada se introduce en el espirómetro, efectuando una espiración normal, dos litros de aire. Luego han penetrado **1,5 litros** más que antes; se le llama **aire complementario**.
- 3.º Si se realiza una inspiración normal, seguida de una espiración forzada, se expulsa dos litros de aire. Además del aire corriente se ha arrojado **1,5 litros** de aire, llamado **aire de reserva**.
- 4.º Cuando la inspiración es forzada y la espiración también, se expulsa: $0,5 + 1,5 + 1,5 = 3,5$ litros de aire, que constituye la **capacidad vital**, es decir, la cantidad de aire renovable de que disponemos.

Aunque realicemos una espiración forzada queda aún en los pulmones **1,5 litros** de aire, llamado **aire residual**, que no se puede arrojar. Por tanto, la capacidad total de los pulmones es de unos cinco litros.

La capacidad vital varía con la talla de la caja torácica y la fuerza de los músculos respiratorios. Una gimnasia respiratoria conveniente, puede elevar la capacidad vital de los adultos hasta seis y siete litros.

Regulación de la respiración.

La regulación de la respiración se realiza por vía nerviosa y por vía química. Los movimientos respiratorios son movimientos reflejos regulados automáticamente por el sistema nervioso; la prueba es que se respira lo mismo durante el sueño; sin embargo, la voluntad puede intervenir.

- a) Para suprimirlos durante un tiempo muy corto: uno o dos minutos en los individuos muy ejercitados.
- b) Para modificar la amplitud y el ritmo, como es el caso de la ventilación forzada que ordinariamente es voluntaria.

El centro nervioso de los reflejos respiratorios está situado en el suelo del cuarto ventrículo (bulbo raquídeo) y sabemos que una destrucción (el dar la puntilla por ejemplo), del centro respiratorio provoca la detención de la respiración.

La regulación química se realiza por la acción del CO_2 contenido en la sangre. Actúa también a través del bulbo. Al aumentar su concentración por una mayor actividad muscular o paralización momentánea de la respiración, ésta se acelera. Se demuestra experimentalmente con perros, a los que se les ha cruzado la circulación sanguínea.

Procesos químicos: el intercambio de gases en los pulmones.

Del aire que penetra en los pulmones se toma parte del **oxígeno** que contiene, el cual, combinado con la hemoglobina de los glóbulos rojos de la

sangre, se transporta hasta las células. Por otra parte, el **CO₂** que éstas producen, es conducido mediante la sangre a los pulmones, donde pasa al aire que hay en los alvéolos y es expulsado al exterior (fig. 17-5).

Veamos con detalle estos fenómenos:

Analizando el aire inspirado y el aire espirado, se ve que el aire que inspiramos contiene en volumen cerca del 21 % de oxígeno, 79 % de nitrógeno, 0,03 % de CO₂ y una cantidad de agua que depende del estado higrométrico de la atmósfera; mientras que el aire

espirado contiene 16,4 % de oxígeno, el nitrógeno permanece invariable, 3,8 % de CO₂ y está saturado de vapor de agua.

Haciendo lo mismo con la sangre que llega a los pulmones por la arteria pulmonar, se ve que es muy distinta de aquélla que vuelve al corazón por las cuatro venas pulmonares. La primera es sangre venosa, que en 100 cm³ de sangre contiene 12 cm³ de O₂, 48 cm³ de CO₂ y 1 cm³ de N₂. Mientras que la segunda es sangre arterial, que en 100 cm³ de sangre contiene 20 cm³ de O₂, 40 cm³ de CO₂ y 1 cm³ de N₂.

Luego en los pulmones la sangre se enriquece en oxígeno, tomado del aire inspirado, mientras que se empobrece en CO₂, expulsado por el aire espirado.

El mecanismo de estos cambios químicos.

En los pulmones los fenómenos se realizan así:

sangre que llega a los pulmones de todo el cuerpo, trae poco oxígeno (baja tensión o presión); viene en parte disuelto en el plasma y, sobre la forma de **oxihemoglobina** en los hematíes.

Mucho anhídrido carbónico (CO₂) (tensión o presión grande); una cantidad de este último está disuelto en el plasma, pero la mayor

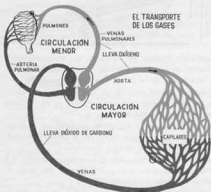


Fig. 17-5.—El transporte de los gases de la respiración.

parte está combinado con los carbonatos alcalinos en forma de **bicarbonato de potasio** (hematíes) y de **bicarbonato de sodio** (plasma); también algo está en forma de carbohemoglobina (fig. 17-6).

En los alvéolos la tensión de oxígeno del aire respirado es más elevada que en la sangre, mientras que la tensión del CO_2 es menor. Así, en milímetros de mercurio:

Aire alveolar: tensión de $\text{O}_2 = 106$ mm.; tensión de $\text{CO}_2 = 40$ mm.

Sangre venosa: tensión de $\text{O}_2 = 40$ mm.; tensión de $\text{CO}_2 = 46$ mm.

Estas diferencias de tensión son la principal causa de la penetración del O en los capilares pulmonares y de la salida del CO_2 a través de las paredes alveolares (fig. 17-6).

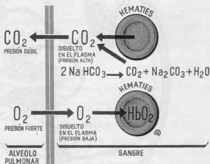


Fig. 17-6.—Intercambio de gases en los pulmones a través de las paredes de los alvéolos.

Pero hay también otra causa de naturaleza química: las **variaciones del pH** que intervienen, sobre todo, en la combinación del O con la hemoglobina:

La reacción en este caso es $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{O}_2\text{Hb}$
 hemoglobina + oxígeno oxihemoglobina

Esta reacción se desplaza a la izquierda si hay acidez, es decir, si el pH disminuye, y a la derecha si el medio se vuelve alcalino.

Pero al salir a los alvéolos el CO_2 disuelto en el plasma, provoca la disociación de los bicarbonatos alcalinos de la sangre, según la reacción siguiente:



reacción que se desplaza a la derecha, con lo que disminuye la acidez, y el oxígeno que ha penetrado a través de los capilares pulmonares y que se ha disuelto en el plasma, se combina con la hemoglobina originando la oxihemoglobina de color rojo y vivo. Este fenómeno se llama hematosis.

A estos cambios de oxígeno y de CO_2 hay que añadir una vaporización de agua en los alvéolos pulmonares a expensas del plasma sanguíneo (medio

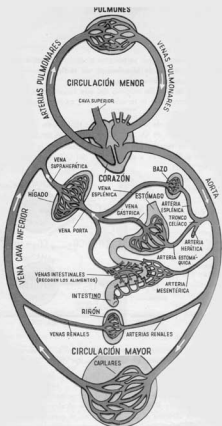


Fig. 17-7.—Esquema de la circulación en el hombre.

litro cada 24 horas). Esta transpiración pulmonar enfría la sangre en $0,5^{\circ}$ durante su paso por los pulmones.

La sangre que sale de los pulmones es rica en oxígeno y pobre en CO_2 ; tiene un color rojo vivo; vuelve al corazón por las venas pulmonares y luego, por la arteria aorta, es distribuida a todos los tejidos (fig. 17-7).

Respiración en las células y tejidos: su mecanismo.

Hasta el último siglo se consideraba la respiración como un fenómeno estrictamente pulmonar. Pero hoy se sabe que las células respiran, como lo prueba la siguiente experiencia (fig. 17-8).

Un trozo de tejido fresco (músculo o hígado) se coloca en una probeta llena de aire e invertida sobre un recipiente que contenga mercurio. Encima de éste lleva agua de cal.

Algunas horas más tarde el nivel del mercurio se ha elevado en la probeta y el agua de cal se ha enturbiado. Ha desaparecido el oxígeno, consumido por el tejido, mientras que se ha desprendido CO_2 , que ha enturbiado el agua de cal.

En las células y tejidos se realiza la verdadera respiración, cuyo proceso es antagónico al que se verifica en los pulmones; la sangre les cede oxígeno y se carga de CO_2 , convirtiéndose de arterial en venosa.

El desarrollo del fenómeno es análogo al de los pulmones, pero en sentido inverso. Allí las presiones del oxígeno y del anhídrido carbónico, expresadas en mm. de mercurio, son:

En los tejidos:	0 mm. para el O_2 ; y 50 mm. para el CO_2 .
En la sangre:	100 mm. para el O_2 ; y 40 mm. para el CO_2 .

Por consiguiente, como los tejidos no contienen oxígeno (presión nula), el que está disuelto en el plasma atraviesa la delgada pared de los capilares y penetra por ósmosis en ellos. Por otra parte, al aumentar el CO_2 del plasma la reacción (1) se desplaza a la izquierda, aumenta la acidez y, como consecuencia, se acelera la disociación de la oxihemoglobina, y el oxígeno así liberado pasa igualmente a los tejidos.

El CO_2 de los tejidos, al pasar al plasma, forma bicarbonatos con el carbonato de sodio y potasio que hay allí.

Una pequeña cantidad de CO_2 se fija en forma de carbohemoglobina.

Como la sangre roja ha perdido su oxígeno y se ha enriquecido en CO_2 , se ha convertido en sangre venosa que, recogida por las venas, va a parar a la aurícula derecha del corazón, completándose así la circulación mayor (figura 17-7).

Pasa al ventrículo derecho y por la arteria pulmonar, hacia los pulmones, para purificarse. Luego volverá al corazón por las cuatro venas pulmonares (circulación menor) (fig. 17-7).

El sistema de transporte del O mediante la hemoglobina supone una enorme economía para el organismo. Si tuviera que ir disuelto en el plasma se preciarían en el cuerpo humano unos 200 litros de sangre o plasma.

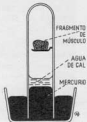


Fig. 17-8.

En resumen, los intercambios gaseosos se verifican en los pulmones y en las células y están regidos por factores químicos (pH), físicos (tensión o presión de los gases) y también enzimáticos, como veremos a continuación.

La explicación actual de la respiración celular.

La explicación del fenómeno de la combustión celular ha variado por completo en los últimos años. Es un fenómeno sumamente complejo del que vamos a dar una idea elemental:

Hasta ahora se venía diciendo que la respiración era una combustión similar a las combustiones ordinarias, aunque muy lenta y a baja temperatura.

El oxígeno se combinaba directamente con el C dando CO_2 y produciendo energía, en forma de calor principalmente. Se admitía que la combustión, por ejemplo, de la glucosa, el principal de los alimentos termógenos, se realizaba según la siguiente reacción:



Pero actualmente se ha comprobado que el proceso de la respiración celular es muchísimo más complicado y que la absorción del O y la producción del CO_2 y del calor, son tan sólo los extremos de una larga cadena de reacciones (tal vez 50 o más) que se verifican en las mitocondrias de las células, bajo la influencia de diversos enzimas. Trataremos de dar una idea elemental de este proceso.

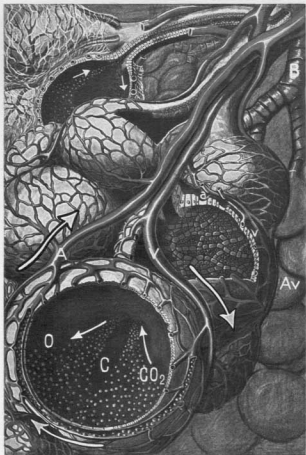
Los alimentos que se incorporan a las células (SH_2), sobre todo los termógenos, son atacados por las dehidrasas —enzimas que liberan al hidrógeno—, el cual es absorbido por diversas sustancias llamadas aceptoras (A), tales como vitaminas, ciertas sustancias orgánicas y, en último término, el oxígeno. El esquema de la reacción es:



Cada aceptor lo pasa a otro en una larga cadena de reacciones, hasta que, al fin, interviene el O. Como resultado de las mismas se producen ácidos orgánicos de fórmula $\text{R} - \text{COOH}$, como el ácido pirúvico, $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{COOH}$, y otros. Entonces las carboxilasas (enzimas parecidas a las anteriores) rompen el carboxilo (COOH) y liberan el CO_2 .

La energía liberada en la reacción (1) no se desprende en forma de calor, sino que es absorbida y almacenada por unos compuestos fosforados derivados de los ácidos adenosinfosfóricos: el **ADP** (adenosindifosfato) y el **ATP** (adenosintrifosfato). Este último, al formarse, almacena gran cantidad de energía química, apta para ser aprovechada por la célula en sus procesos vitales (metabolismo, secreciones, contracciones musculares, etc.). La que no se aprovecha en estos procesos se transforma, finalmente, en calor.

En resumen: la respiración celular consiste en una lenta deshidrogenación de las sustancias alimenticias asimiladas. Como resultado se produce agua,



Vista interior del pulmón y sección de las vesículas pulmonares. B, bronquios; A, arterias; V, venas; Av, vesículas pulmonares; C, vesícula pulmonar seccionada señalando la entrada del oxígeno (O₂) y la salida del anhídrido carbónico (CO₂).

CO₂ y energía. Esta es absorbida en forma química por el **ATP**, única fuente de energía aprovechable por las células, para sus procesos vitales.

- Como se ve, hay combustión, pero el combustible es el H y no el C.
- El CO₂ no se forma con el O de la respiración, sino que procede de la degradación de cuerpos orgánicos de tipo ácido.
- La energía de la combustión no se libera primariamente en forma de calor, sino que es almacenada en forma química por el **ATP**.
- Todo el proceso está dirigido y activado por los enzimas respiratorios.

De todos modos, la respiración es una combustión que conduce, finalmente, a los mismos productos que la combustión viva y libera la misma cantidad de energía que, en gran parte, se manifiesta en forma de calor.

La producción del calor animal.

Las reacciones que se producen en la respiración celular son reacciones exotérmicas. La energía que en ellas se libera es la que permite la vida de las células y es, en particular, el origen de las contracciones musculares y del calor animal. Es decir, que el calor animal, o calor que se origina en los organismos, está producido por las reacciones de la respiración celular.

Pero no en todos los órganos es igual la cantidad de calor producido.

Los órganos que trabajan más, liberan una cantidad mayor, como se manifiesta por su temperatura, medida con una **sonda termoelectrónica**.

Entre todos los tejidos, los mayores productores de calor son los músculos, y después las glándulas, especialmente el hígado, cuya temperatura llega normalmente a 38° y aún más (fig. 17-9).

También se observa que las dos mitades del corazón no tienen igual temperatura.

La temperatura externa del hombre sano experimenta ligeras variaciones diarias, relacionadas por su actividad nerviosa. Tiene la mínima de 36,4° a las cuatro de la mañana, luego sube gradualmente para alcanzar la máxima de 37,4° hacia las cuatro de la tarde. En los trabajadores nocturnos, las horas de la máxima y mínima están invertidas. Ordinariamente, la temperatura del cuerpo se suele medir con el termómetro clínico aplicado a la cavidad axilar.

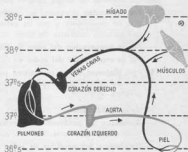


Fig. 17-9.—Temperatura media de distintos órganos del cuerpo humano.

Homotermia y heterotermia.

Los mamíferos y las aves poseen una temperatura propia sensiblemente constante, que en los primeros está comprendida, según la especie, entre los 35° y los 40°, y en los segundos entre los 39° (Kiwi) y 45° (pájaros pequeños). Por estos caracteres se les llama animales **homotermos** o de temperatura constante. Esta propiedad es el resultado de un equilibrio, en el cual el calor que pierde el organismo en cada momento es compensado por el calor que él mismo produce.

Los otros vertebrados, es decir, los reptiles, anfibios y peces, así como todos los invertebrados, poseen una temperatura que varía con la del medio exterior, entre límites bastantes extensos.

Su temperatura es de uno a cuatro grados superior a la del ambiente en los reptiles y en los peces, de medio grado en los anfibios y apenas una fracción de grado en los invertebrados. Por eso se les llama animales **heterotermos** o de temperatura variable.

La mayor parte de estos animales viven por eso en regiones cálidas o templadas, en donde la temperatura exterior oscila, por regla general, dentro de los límites que permite la vida. Sin embargo, muchos de ellos deben reducir toda actividad y caen en el **letargo invernal**.

La regulación de la temperatura.

La regulación térmica puede efectuarse luchando contra el enfriamiento.

- Los animales de sangre caliente pierden calor:
 - **Por conducción** al ponerse en contacto la **piel** con el aire, sobre todo si está en movimiento, y por las **extremidades**, en contacto con el suelo, que es buen conductor del calor.
 - **Por la evaporación del agua** en los pulmones (unos 400 gr.).
 - **Por la evaporación del sudor** en cantidad variable.
- Pero **disponen de un mecanismo automático** para equilibrar la producción del calor y las pérdidas del mismo. Así pueden mantener su temperatura constante.

1.º Cuando hace frío:

- **Aumentan la producción del calor** en las células, incrementando la intensidad respiratoria, tiritando, aumentando el apetito, etc.
- **Disminuyen las pérdidas de calor**, aislando la piel del medio exterior mediante un plumaje más espeso, erizando los pelos o plumas, encojiéndose, aumentando el tejido adiposo y construyendo los capilares de la piel, quedándose ésta pálida; o con prendas de abrigo, si se trata del hombre.

2.º Cuando hace calor:

- **Disminuyen la producción de calor** con una actividad física menor, con la disminución del apetito, no moviéndose en las horas de calor (sestar).

— **Aumentan la pérdida de calor:**

- Perdiendo la lana, las plumas, el ropaje de invierno. En el caso del hombre, aligerando la ropa, tomando baños...
- Provocando la vasodilatación de la piel.
- Si las reacciones anteriores no bastan, incrementando la cantidad de sudor (cada litro absorbe, al evaporarse, 580 kilocalorías).

La temperatura en la que no actúa este mecanismo se llama temperatura de **neutralidad térmica**. A esa temperatura sentimos una sensación de bienestar, que buscamos instintivamente.

Para el hombre "vestido" es de unos 18°. Para el hombre desnudo sería de 26° al aire y 36° en el agua.

La laringe; su constitución.

La laringe está constituida por cuatro cartílagos, unidos entre sí por membranas fibrosas y móviles. Estos cartílagos son (fig. 17-10):

- **El tiroides:** es el mayor; se nota al exterior y se le llama bocado de Adán o nuez.
- **El cricoides:** está en la parte inferior y tiene forma de anillo.
- **Los dos aritenoides:** son triangulares y se hallan lateralmente detrás del tiroides.

Todos estos cartílagos están unidos por diversos músculos.

En el interior de la laringe, en su iniciación superior, hay una lengüeta llamada **epiglotis**, que se rebate sobre el orificio de entrada para impedir el paso del bolo alimenticio.

A la altura del cricoides, la mucosa del revestimiento forma, lateralmente, **dos pares de repliegues** dirigidos de delante hacia atrás; el de arriba forma las **cuerdas vocales falsas**, de forma laminar, las cuales no toman parte en la emisión de los sonidos; el de abajo constituye las **cuerdas vocales verdaderas**, más gruesas y más salientes que las primeras. Entre las cuerdas superiores y las inferiores queda un par de cavidades, llamadas **ventrículos de Morgagni**. La fisura longitudinal existente entre las cuerdas vocales verdaderas se llama **glotis**.

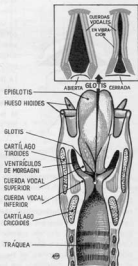


Fig. 17-10.—La laringe.

La fisura longitudinal existente entre las cuerdas vocales verdaderas se llama **glotis**.

La fonación.

La producción de sonidos en la laringe tiene algún parecido con los que se producen en un instrumento músico de lengüeta; aunque aquí no es el aire el que hace vibrar la lengüeta, sino la lengüeta la que hace vibrar al aire. Es decir, que las cuerdas vocales vibran por influencia nerviosa y al salir el aire le hacen vibrar, originándose el sonido, que se refuerza en los ventrículos de Morgagni, en la faringe, boca y fosas nasales.

Los sonidos que resultan directamente de la vibración de las cuerdas vocales son los sonidos puros que corresponden a las cinco vocales del idioma español.

Se diferencian unas de otras por el **sitio de la cavidad bucal** en que se articulan o modifican. (Ver el triángulo de Orchel, fig. 17-11).

Si al pronunciar una vocal ponemos un obstáculo en los labios, dientes, lengua, etc., tendremos las **consonantes**.

Las consonantes se dividen en lingüales (l), dentales (d, t), labiales (b, m), nasales (n), guturales (g), según la zona percutida por el aire.

La unión de un sonido vocal con una consonante, constituye una sílaba; la unión de varias sílabas, una palabra. De esta asociación o articulación de sonidos con ruidos resulta el lenguaje articulado, propio del hombre.

La **intensidad** de los sonidos, depende de la amplitud de las vibraciones y de la cantidad de aire.

El **tono o altura** depende de la longitud y de la tensión de las cuerdas vocales. Las mujeres y los niños, que tienen cuerdas más cortas, producen sonidos agudos; mientras que los hombres, que tienen cuerdas más largas, producen voces graves. En la misma persona, la altura del sonido varía con la contracción de todos los múscu-

los de la laringe, particularmente de los que forman las cuerdas vocales cuya tensión hace acortar o elargar la glotis.

El **timbre** depende de la forma y disposición de todos los órganos que refuerzan la voz: faringe, cavidad bucal y nasal...

La emisión de la voz en el canto requiere un intenso cambio de aire en los pulmones con el fin de ejercer mayor presión sobre las cuerdas vocales. Cuando éstas vibran en toda su extensión y los sonidos vienen reforzados por la cavidad pulmonar, se tiene la voz de pecho, cuando vibra solamente el margen de las cuerdas y los sonidos vienen reforzados en la cavidad bucal y en las fosas nasales, se tiene la voz de cabeza.



Fig. 17-11.—Triángulo de Orchel.

PRACTICAS

1.º Hacer un modelo de la respiración pulmonar.

Material: Un frasco desfondado y un recipiente con agua, un tapón de goma atravesado por un tubo de cristal, con un globito de goma de paredes finas.

Práctica: En vez del modelo de la figura 17-1, se puede utilizar el de la 17-12 que es más sencillo. Se introduce en el agua hasta mediar su profundidad en forma que el nivel sea igual dentro que fuera y la vejiga esté sin aire. Al subir el frasco se produce el vacío en su interior, y la vejiga se hincha; al bajar, se vacía. De modo similar se llenan y vacían los pulmones. La vejiga se puede sustituir por unos pulmones de conejo; el tubo se introduce en la tráquea.

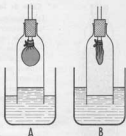


Fig. 17-12.

2.º El aire espirado contiene más CO_2 que el inspirado.

Material: Válvula de Müller (se monta con dos matraces, como se ve en la figura 17-13), agua de cal.

Práctica: Se introduce el agua de cal en los frascos y se parafinan bien los corchos.

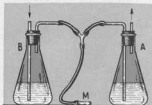


Fig. 17-13.

Se respira unas 25 ó 30 veces por la embocadura de la goma. El aire entra por B burbujeando y sale por A, a través del agua de cal les dos veces. El líquido de A se vuelve blanco; el de B apenas cambia. El CO_2 , con el hidróxido de cal, forma CO_2Ca , que al ser insoluble blanquea el agua.

3.º Los tejidos respiran.

Hágase la experiencia correspondiente a la figura 17-8.

4.º Comprobación de la respiración cutánea.

Se coloca sobre la palma de la mano un vidrio de reloj humedecido interiormente de agua de cal y con los bordes impregnados de vaselina, para asegurar el ajuste. Al cabo de unos minutos blanquean sus gotitas. Es debido al desprendimiento de CO_2 a través de los poros de la piel.

5.º La ósmosis de los gases en los pulmones.

Material: Frasco de boca ancha y trozo de vejiga de cerdo, recipiente profundo, agua de seltz, cartulina, agua de cal.

Práctica: Se tapa el frasco con la vejiga húmeda, sujetándola bien. Se introduce en el recipiente, a cuyo interior se lanza un buen chorro de agua de seltz (anhídrido carbónico); se tapa con la cartulina y se deja unos veinte minutos. Se vierte después en el frasco el agua de cal y se agita estando obturado; el agua blanquea. Lo que prueba que a través de la membrana ha entrado el CO_2 . De modo análogo se verifica el intercambio gaseoso en los pulmones.



Fig. 17-4.

6.º Calor de la respiración.

La temperatura de nuestro cuerpo es la mejor prueba de que la respiración produce calor.

Se puede hacer también la prueba de la germinación de semillas. En un termo se introducen garbanzos o judías húmedas, que inician su germinación (fig. 17-14). Se coloca un termómetro y se tapona con algodón como indica la figura. Como las semillas, al germinar, respiran muy activamente, se verá que al cabo de quince o más horas habrá subido la temperatura varios grados.

7.º La temperatura en el cuerpo humano.

Hágase, en papel milimetrado, la gráfica de la temperatura de varios sujetos de experimentación, tomándosela cada hora con termómetros clínicos. Véase las horas del día en que es máxima. Compruébese la influencia de la digestión, de un ejercicio físico, etc.

EL APARATO CIRCULATORIO Y EL LINFÁTICO

Constitución general.

El aparato circulatorio sanguíneo y el linfático tienen como **finalidad** distribuir por todo el cuerpo, por medio de la sangre y la linfa, los **alimentos** absorbidos en el intestino y el **oxígeno** que se absorbe en los pulmones.

Y al mismo tiempo, retirar las sustancias de desecho que se originan en las células y tejidos.

El aparato circulatorio sanguíneo está formado por:

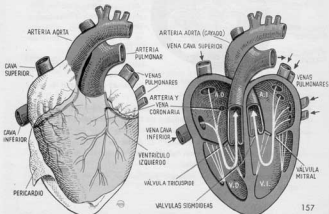
- 1.º Un órgano central: el **corazón**.
- 2.º Un sistema de canales o tubos (vasos sanguíneos) que se llaman:
 - arterias**, si llevan la sangre del corazón a todo el cuerpo.
 - venas**, si de los diversos órganos la vuelven al corazón;
 - capilares**, si unen las últimas ramificaciones de las arterias con las primeras raíces de las venas, haciendo que el sistema vasal sea cerrado.

El corazón: morfología y estructura.

El corazón es un músculo hueco, de forma cónica, grande como un puño, que pesa 250 a 300 gramos, y que está suspendido por sus vasos en la parte anterior de la **cavidad torácica**, entre los dos pulmones.

Fig. 18-1.—El corazón por fuera.

Fig. 18-2.—Sección del corazón.



Esté colocado con la punta roma hacia abajo, inclinada hacia la izquierda y apoyado en el diafragma. Lo rodea una membrana, llamada **pericardio**. En su superficie se observa un surco longitudinal, que pasa por la derecha de la punta del corazón, y un surco transversal. En estos surcos están alojadas las arterias y venas que nutren el corazón (fig. 18-1).

Las cavidades del corazón.

Un tabique horizontal y otro vertical divide al corazón en cuatro cavidades: dos superiores, o **aurículas**, y dos inferiores, o **ventrículos** (fig. 18-2).

Cada aurícula comunica con el ventrículo, que está debajo, mediante un agujero abierto en el tabique horizontal. Estos orificios tienen unos repliegues membranosos y aplanados en forma de láminas, que penden en el ventrículo, comparables a las puertas de una esclusa: son las **válvulas auriculoventriculares** (fig. 18-3).

La de la derecha se llama **tricúspide**, por estar constituida por tres membranas unidas mediante pequeñas cuerdas, llamadas fibras tendinosas, a los pilares, que son pronunciados salientes musculares de la pared del ventrículo.

La del ventrículo izquierdo es la **válvula mitral**, semejante a la anterior, pero con sólo dos membranas, que recuerdan, en conjunto, una mitra.

Estas válvulas permiten a la sangre pasar de las aurículas a los ventrículos (fig. 18-2), pero impiden la corriente inversa, ya que cuando los ventrículos se contraen, la sangre empuja las válvulas, juntándose sus membranas y cerrando el orificio.

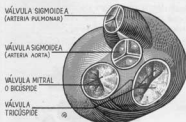


Fig. 18-3.—Válvulas del corazón (cerradas).

gruesa. En ella se distinguen tres capas:

- El **pericardio**, la exterior. Es una serosa de color blanco y con dos hojas: entre ellas hay una pequeña cantidad de líquido **pericárdico** (fig. 18-1).
- El **miocardio**, que es gruesa y muscular. Está formada por fibras musculares estriadas, cortas, ramificadas, las cuales se entrelazan en varias direcciones, constituyendo una red. El miocardio es más grueso en los ventrículos que en las aurículas.
- El **endocardio**, que es un endotelio pavimentoso que tapiza el interior de las cavidades.

Estructura de las paredes del corazón.

La pared del corazón es muy

- También se distingue el **tejido nodal**, variedad del tejido muscular que une las fibras musculares de las aurículas con las de los ventrículos. Está localizado en dos puntos de las aurículas y tiene muy estrecha conexión con los nervios que regulan el movimiento del corazón.

Las arterias.

Son los vasos que llevan la sangre en sentido centrifugo, es decir, los vasos que salen del corazón. Son dos:

- la **arteria aorta**, que sale del ventrículo izquierdo, y
- la **arteria pulmonar**, que sale del derecho (fig. 18-2).

El orificio de salida de cada una de estas arterias está provisto de tres bolsas en forma de nido de golondrina; forman dos válvulas similares (**sigmoides**) que dejan pasar la sangre que sale del corazón, pero impiden su retorno a los ventrículos (figs. 18-3 y 18-6).

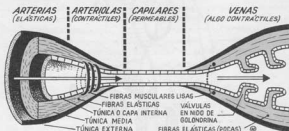


Fig. 18-4.—Sección esquemática de arterias y venas.

Estructura de sus paredes.

Lo mismo que en el corazón, se distinguen tres túnicas (fig. 18-4):

- a) La **túnica interna o endotelio**, continuación del endocardio, formada por células epiteliales aplastadas.
- b) La **túnica media** es bastante gruesa; está formada por fibras estriadas y lisas. En las grandes arterias predominan las fibras estriadas; por eso son elásticas. En las pequeñas predominan las fibras lisas circulares; por eso son contráctiles y están vacías en los cadáveres.
- c) La **túnica externa** es delgada, fibrosa y está recorrida por nervios y vasos sanguíneos.

A medida que las arterias se ramifican y disminuyen de calibre, las paredes se van adelgazando.

Principales arterias.

La **arteria aorta**, que sale del ventrículo izquierdo, sube formando la **aorta ascendente**, se encorva hacia la izquierda y forma el **cayado de la aorta**. Después desciende a lo largo de la columna vertebral, hasta la pelvis (**aorta descendente**); allí se bifurca en dos arterias ilíacas que van a cada uno de los miembros inferiores.

- De la aorta ascendente salen inmediatamente (fig. 18-5):
 - Las **coronarias** derecha e izquierda, que rodean al corazón como una corona.

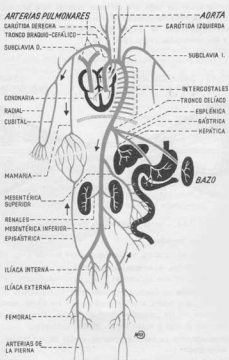


Fig. 18-5.—El sistema arterial en el hombre.

- Del cayado de la aorta salen:
 - El **tronco-braquio-cefálico**: se divide en **carótida derecha**, que riega la parte derecha de la cabeza, y **subclavia derecha**, que penetra en el miembro superior derecho: allí se denomina **humeral** y se divide en la **radial** y **cubital**.
 - La **carótida izquierda**: riega la parte izquierda de la cabeza.
 - La **subclavia izquierda**: va al brazo izquierdo.
- De la aorta descendente salen:
 - Las **intercostales**: riegan las paredes del tórax.
 - El **tronco celiaco**, que origina tres ramas: la arteria **gástrica** riega el estómago; la **hepática**, que va al hígado, y la **esplénica**, al bazo.
 - La **mesentérica superior**: va al intestino delgado.
 - Las **renales**: van a los riñones.
 - La **mesentérica inferior**: se ramifica en el intestino delgado y grueso.
 - Las **ilíacas** interna y externa: ésta va a la pierna.
 - La **femoral**: recorre el muslo y se bifurca en la rodilla, formando: la **tibial** y la **perónea**: éstas, al dividirse, originan las arterias de los pies.

Cada ilíaca externa y la subclavia del mismo lado se ponen en comunicación mediante dos arterias: las **mamarias**, que descienden de los hombros, y las **epigástricas**, que suben de las ingles (fig. 18-5).

La **arteria pulmonar**, que sale del ventrículo derecho y se divide en dos ramas, una para cada pulmón.

Capilares.

Las últimas ramificaciones de las arterias se resuelven dentro de cada órgano en una finísima red de capilares de calibre no superior a una centésima de milímetro, en donde los glóbulos, para poder pasar, deben deformarse algo, estirándose.

Las paredes de los capilares están reducidas al solo endotelio, un simple estrato de células laminares, adaptado para los cambios osmóticos entre la sangre y los tejidos.

La cantidad de capilares en los órganos del cuerpo humano es tal que puestos en línea superarían los 100.000 Km.

Venas: su estructura.

Las venas son los vasos que conducen la sangre en sentido centrípeto, es decir, hacia el corazón.

En la **pared de una vena se distinguen las tres túnicas** vistas en las arterias (fig. 18-4). Pero la túnica media está poco desarrollada y formada casi exclusivamente por fibras lisas. Por eso son poco elásticas y no tienen pulsaciones, y la sangre corre en ellas de un modo continuo. La rotura de las venas es menos grave que la de una arteria, ya que los bordes libres se juntan y permiten al coágulo interrumpir la salida de la sangre.

Las venas son **ligeramente contráctiles** y extensibles; por eso la sangre se acumula en ellas en su totalidad después de la muerte.

Son muy numerosas las venas que corren por la superficie del cuerpo y que se aprecian a través de la piel por su color azulado. En muchas venas, especialmente en aquellas que van desde los pies al corazón en sentido opuesto a la gravedad, existen válvulas constituidas por dos repliegues del endotelio; tienen forma de **cazoleta** o de nido de golondrina (fig. 18-6), con la cavidad hacia arriba; al paso de la sangre, los bordes son impulsados contra las paredes, dejando libre la luz del vaso; pero si la sangre retrocede, los bordes se distienden bajo su peso y obstruyen completamente el paso.

Estas válvulas faltan en las venas de la cabeza, de los pulmones, de los riñones y en la vena porta.

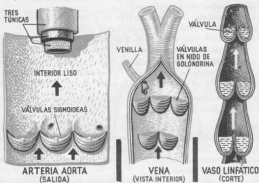


Fig. 18-6.—Estructura de arterias y venas.

Principales venas.

En la aurícula derecha desembocan (figs. 18-2 y 18-7):

- La **vena cava superior**, que recoge la sangre que viene de la cabeza y de los miembros superiores.
- La **vena cava inferior**, que recibe la sangre procedente del tronco y de los miembros inferiores; tiene junto a la aurícula una válvula en forma de cazoleta, llamada **válvula de Eustaquio**, para impedir el reflujó de la sangre durante la sístole de la aurícula.
- La **vena coronaria**: recoge la sangre de las paredes del corazón y termina con la **válvula de Tebesio**, que impide el reflujó de la sangre.

A su vez, cada una de estas venas está formada (fig. 18-7):

La **cava superior**, por los **truncos braquiocéfálicos** derecho e izquierdo,

formados a su vez de las **yugulares** (vienen de la cabeza) y la **subclavia** (viene del brazo). También se le une la vena **acigos**, procedente del vientre y de las paredes del tórax.

La **cava inferior** se forma por las **ilíacas internas** (del bajo vientre); **ilíacas externas** (de las piernas), las **renales** (de los riñones) y la **suprahepática** (del hígado). En el hígado entra la **vena porta**, formada por la **esplénica** (bazo), **gástrica** (estómago) y **mesentérica** (intestino). La vena porta tiene la particularidad de presentar capilares en sus dos extremos.

A este sistema venoso profundo calcado sobre la red arterial y que comprende frecuentemente dos venas por cada arteria, se añade una red venosa superficial que forma las elevaciones azuladas que se ven bajo la piel. La capacidad total del sistema venoso es doble que la del sistema arterial.

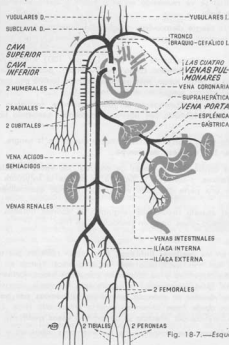


Fig. 18-7.—Esquema del sistema venoso.

La linfa y el sistema linfático.

El plasma sanguíneo trasuda a través de las delicadas paredes de los capilares sanguíneos y se difunde en los intersticios de los tejidos entre célula y célula, llevándoles el alimento y recibiendo los desechos. Todas las células se hallan así inmersas en un líquido o plasma **intersticial**, en el que viven como los microorganismos que están en el agua, de la cual absorben el alimento.

Se comprende que el plasma intersticial, como procede de la sangre, tenga composición similar. Únicamente carecerá de glóbulos rojos y plaquetas, ya que estos elementos de la sangre, por carecer de movimientos propios (células muertas), y por su tamaño, no pueden salir de los vasos sanguíneos. Este plasma intersticial se va reuniendo en unos tubos o vasos especiales, y entonces se llama **linfa**.

La linfa es, pues, *la sangre desprovista de glóbulos rojos y plaquetas, es decir, un líquido incoloro opalescente formado por plasma sanguíneo y leucocitos.*

Sin embargo, tiene proporcionalmente más agua (95 por 100), menos prótidos, sobre todo menos fibrinógeno (ocho veces menos), poca glucosa y más desechos (urea) y, desde luego, más glóbulos blancos (8.000 por mm^3) que los que lleva el plasma sanguíneo en la sangre.

Como la linfa es pobre en fibrinógeno, coagula lentamente, formando un coágulo blando que esté formado por fibrina y leucocitos, quedando libre el suero.

La cantidad de linfa en el cuerpo es mucho mayor que la de la sangre.

Su peso viene a ser 1/4 del peso del cuerpo.

El sistema linfático consta de dos clases de órganos: los **vasos linfáticos** y los **ganglios linfáticos**, y contiene la **linfa**, a la cual se le incorpora en los vasos quilíferos una parte del quilo absorbido, formado esencialmente de grasas.

En oposición con el aparato circulatorio sanguíneo, el aparato linfático no forma un circuito cerrado, pues tiene un principio y un fin.

Los vasos linfáticos.

La linfa se recoge en los **capilares linfáticos**. Estos están cerrados por uno de los extremos y son más numerosos que los sanguíneos. Nacen en los intersticios del tejido conjuntivo y se reúnen en pequeños vasos, formando las **venas linfáticas**. Estas tienen igual estructura que las venas normales, llevando numerosas válvulas en nido de golondrina, **dispuestas por pares** en el interior. Vistas desde fuera presentan aspecto arrosariado (figs. 18-8 y 18-9). Los vasos linfáticos del intestino se denominan **vasos quilíferos**.

Todos los vasos linfáticos que provienen de los miembros inferiores y del

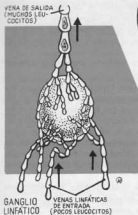


Fig. 18-8.—Esquema de un ganglio linfático.

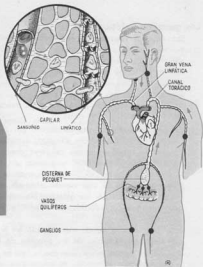


Fig. 18-9.—La circulación linfática. El plasma y los leucocitos que escapan de los capilares sanguíneos van a las venas linfáticas (círculo).

abdomen se reúnen en una dilatación llamada **cisterna de Pecquet** (fig. 18-9), situada en la parte alta del mismo abdomen.

De allí nace el **canal torácico**, que es un gran vaso (25 cm. de largo) que sube adosado a la columna vertebral y conduce la linfa a la vena **subclavía izquierda**. Antes de su desembocadura recibe los vasos linfáticos que provienen de la parte izquierda del tórax, de la **cabeza** y del **brazo izquierdo**. El canal torácico lleva la grasa recogida en la absorción intestinal, su linfa toma el color de la leche por la presencia de numerosas gotitas de grasa emulsionada.

La otra vena es la **gran vena linfática**, de 1 a 2 cm. de longitud, la cual conduce la linfa de la parte derecha del cuerpo a la vena subclavía derecha. De este modo, la linfa vuelve a formar parte de la sangre, de la cual se deriva, y al mismo tiempo le suministra la grasa y le abastece de leucocitos.

En resumen, los vasos linfáticos son: los **capilares linfáticos** que al reunirse forman las **venas linfáticas**; éstas se agrupan en dos **troncos linfáticos**: el canal torácico y la gran vena linfática.

Los ganglios linfáticos.

Son **nódulos rosados de consistencia blanda**, de forma varia, frecuentemente globular u ovoide, cuyo tamaño varia desde el de una cabeza de alfiler a una aceituna, estando en relación con la magnitud de los vasos, con los cuales se relacionan. Se forman en la confluencia de los vasos linfáticos; son más numerosos en las axilas, en el cuello y en la ingle. En el cuerpo humano hay unos 400 a 500.

En cada uno de ellos penetran varios vasos linfáticos aferentes y sale un solo vaso eferente (fig. 18-8).

Un **ganglio linfático** está constituido por tejido conjuntivo fibroso que encierra numerosas cavidades sinuosas, llamadas por eso **senos**. Dentro de los senos hay pequeñas masas celulares denominadas **foliculos**, cuyas células se multiplican activamente, originando así **linfocitos**, que son vertidos en la linfa al pasar por el ganglio. Cuando la linfa aferente transporta bacterias procedentes de una herida infectada, aquéllas son fagocitadas en los ganglios linfáticos por los glóbulos blancos. Al tener que fabricar el ganglio gran cantidad de linfocitos, se inflama, y el abultamiento aparece al exterior (linfagitis).

Por ejemplo, una herida mal cuidada en el brazo produce frecuentemente una hinchazón dolorosa de los ganglios de la axila.

Como enfermedades relacionadas con la linfa se pueden citar:

- **La adenitis** o inflamación de los ganglios linfáticos. Es frecuente en los niños de constitución débil.
- **Edema e hidropesía**. Cuando en los tejidos se acumula una cantidad de linfa superior a la normal se produce una hinchazón de la parte interesada, o sea, un **edema**. La acumulación enorme del líquido en las membranas serosas es una enfermedad llamada **hidropesía**.

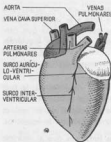


Fig. 18-10.—Corazón de carnero.

PRACTICAS

1.º Estudio del corazón de carnero.

Materia: Corazón de carnero obtenido en un matadero o carnicería, bisturí, pinzas.

Práctica: Se le separa el pericardio y las masas grasas y se observa por fuera: su forma, los surcos auriculo-ventriculares e interventriculares con la arteria y vena coronarias, las venas que llegan a las aurículas, las dos arterias que salen en su parte superior... (Figura 18-10).

Para examinarlo interiormente se abren dos ventanas en la parte anterolateral de cada ventrículo. Se observan el grosor de las paredes, los pilares, los tendones de las válvulas mitral y tricúspide, las válvulas sigmoideas (triple en la aorta y doble en la arteria pulmonar).

Se pueden abrir también las aurículas y ver la entrada de las venas (tres en la aurícula derecha, cuatro en la izquierda). Fijarse en la diferencia entre las arterias y venas que salen del corazón (conviene que éste las traiga cortadas a cierta distancia). Las arterias se contraen por predominar en ellas las fibras elásticas, y tienden a tomar forma acintada. Las venas se conservan cilíndricas.

2.ª Observación del aparato circulatorio en un cangrejo (invertebrado).

Material: Cangrejos cloroformizados, tijeras, pinzas.

Práctica: Se levanta y corta la cubierta dorsal del cangrejo (fig. 18-11), y aparece el corazón, que es dorsal. Está envuelto en un saco membranoso muy fino: el pericardio. Se le quita con unas pinzas finas y se observa el corazón, que puede seguir latiendo si la anestesia no ha sido muy fuerte. Tiene seis **ostiolos** o aberturas valvulares, dos superiores, dos laterales y dos ventrales, por donde entra la sangre del pericardio, que hace de aurícula, a la cavidad del corazón, que hace de ventrículo. De éste salen varias arterias; las principales son: hacia adelante, la oftálmica y las antenales; hacia atrás, las abdominales superior e inferior, con numerosas ramificaciones. (Debajo del corazón y lateralmente se aprecian los órganos sexuales y los conductos correspondientes.)

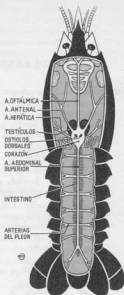


Fig. 18-11.—La circulación en el cangrejo.

LA CIRCULACION SANGUINEA Y LINFATICA

La circulación de la sangre.

La sangre no está quieta, como creían los antiguos, sino que está circulando constantemente por todo el cuerpo.

El corazón es la bomba aspirante-impelente que le pone en movimiento; sale por las arterias, recorre los capilares y vuelve por las venas.

Se dice que la circulación en el hombre es doble y completa. **Doble**, porque la sangre recorre dos circuitos (fig. 19-1):

La circulación mayor, saliendo del corazón por la **aorta**, recorriendo alguna parte del cuerpo, **pasando por los capilares a las venas**, volviendo de nuevo al corazón por la **aurícula derecha** y pasando al ventrículo derecho.

La circulación menor, saliendo del ventrículo derecho por la **arteria pulmonar**, pasando por los capilares de los pulmones y volviendo al corazón por las cuatro venas pulmonares de la **aurícula izquierda**.

Como se ve, la mitad derecha del corazón contiene tan sólo **sangre venosa** con abundante anhídrido carbónico, y la mitad izquierda, tan sólo **sangre arterial** (rica en oxígeno), sin que haya mezcla de una y otra. La circulación de este tipo se denomina **completa**.

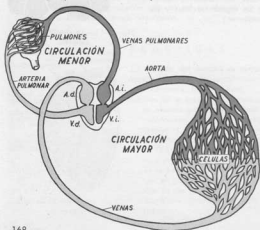


Fig. 19-1.—La circulación en el hombre es doble y completa.

La circulación menor fue descubierta en 1593 por el español **Miguel Servet**; y la circulación mayor (fig. 19-1) fue descubierta en el caballo por el español **Francisco Reina** en 1552 muchos años antes del nacimiento del inglés Harvey al que suele atribuirse su descubrimiento, quien se enteró en Italia de los descubrimientos españoles, limitándose a comprobarlos y describirlos en 1628.

Fisiología del corazón.

El corazón funciona como una bomba aspirante e impelente (principalmente impelente).

Tiene dos movimientos:

- Uno de contracción, llamado **sístole**: sirve para lanzar la sangre a las arterias.
- Otro de dilatación o **diástole**, para aspirarla.

Pero la sístole y la diástole no se verifican a la vez en todo el corazón. Se distinguen tres fases (fig. 19-2).

- 1.ª **La sístole auricular** o contracción simultánea de las dos aurículas. La sangre pasa a los ventrículos.
- 2.ª **Sístole ventricular** o contracción simultánea de los ventrículos. La sangre es lanzada a las arterias aorta y pulmonar.
- 3.ª **Diástole general**, durante la cual las cuatro cavidades están dilatadas y la sangre entra en las aurículas.

Esta revolución cardíaca dura en el hombre 0,85 segundos; luego hay 70 revoluciones por minuto (ritmo cardíaco).

El **ritmo cardíaco** varía:

- a) **Con la edad**: así es más rápido en el niño y en el anciano (130 a la edad de un año, 90 a los cinco años, 70 de diez a cincuenta años, 80 a los noventa años).
- b) **Con el sexo**: es más elevado en la mujer.
- c) **Con el ejercicio**: las emociones, la fiebre, etc., aceleran el ritmo cardíaco.



Fig. 19-2

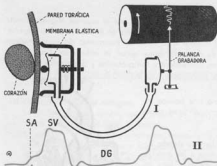


Fig. 19-3. — Cardiógrafo y cardiograma.

SA: sistole auricular.
SV: sistole ventricular.
DG: Diástole general.

Para analizar todas estas fases se utilizan los **cardiógrafos** y **sondas cardiográficas**, que registran todos los detalles de una revolución cardiaca trazando las curvas correspondientes o **cardiogramas** (figs. 19-3 y 19-4).

Análisis de un cardiograma.

A la sistole auricular corresponde una curva sencilla. Las aurículas se contraen, comprimen ligeramente la sangre y la lanzan a los ventrículos (figuras 19-3 y 19-4) al abrirse las válvulas mitral y tricúspide.

En cambio, la curva de la sistole ventricular es más compleja (fig. 19-4); en ella se distingue una parte ascendente, AB; una zona uniforme, BC, y una porción descendente, CD, que tiene un rebote, *d*.

Al principio de la sistole ventricular la presión sanguínea se eleva (AB) y las válvulas mitral y tricúspide se cierran, pero la sangre no sale de los ventrículos aunque es comprimida. Exteriormente los ventrículos se redondean, se aplican más fuertemente (fig. 19-3) sobre la pared torácica, entre la quinta y sexta costillas. Estos choques repetidos son los **latidos** del corazón.

La compresión de la sangre en los ventrículos es debida a que las válvulas sigmoideas del principio de la aorta y de la arteria pulmonar están cerradas, siendo la presión de la sangre en ellas superior a la que existe en los ventrículos. Pero como la presión ventricular continúa (fig. 19-4, AB), llega a ser superior a la de la sangre en las arterias, y entonces las válvulas sigmoideas se abren y la sangre es expulsada. Mientras tanto, la presión en los ventrículos se mantiene constante (BC) por seguir la contracción de los mismos.

Al cesar la sistole ventricular, la presión baja bruscamente (CD) en los ventrículos; la sangre de la aorta y de la arteria pulmonar tiende a retroceder, llena las válvulas sigmoideas, que se juntan enérgicamente, lo que se traduce en la curva por el rebote *d*.

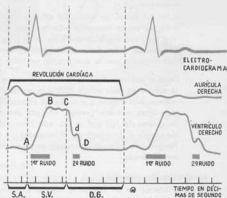


Fig. 19-4.—Cardiogramas de una aurícula y un ventrículo obtenidos con sondas. Electrocardiograma.

Mientras dura la sístole ventricular, las aurículas están en diástole y aspiran la sangre de las venas cavas y pulmonares; luego viene la diástole general, en la que pasa la sangre de las aurículas a los ventrículos. Como se ve, el corazón nunca está vacío.

La duración de estas fases de la revolución cardíaca en el hombre es: sístole auricular — 0,1 seg.; sístole ventricular — 0,3 seg.; diástole general — 0,4 segundos.

Signos externos de la contracción cardíaca.

a) **Los ruidos del corazón.**—Aplicando el oído contra el pecho en la región cardíaca, o también valiéndose del **estetoscopio**, se perciben distintamente dos ruidos. Uno grave, prolongado (**primer ruido**), producido por la sístole ventricular y el cierre de las válvulas mitral y tricúspide (fig. 19-4). Le sigue un corto silencio; luego se oye el **segundo ruido, breve, seco**, debido al cierre de las válvulas sigmoideas que están al principio de las arterias aorta y pulmonar. Este segundo ruido es seguido de un silencio largo (diástole general).

De la alteración de estos ruidos, el médico deduce los defectos de la circulación y las eventuales deficiencias de la actividad cardíaca.

b) **Electrocardiografía.**—Cuando se contrae el músculo cardíaco produce, como cualquier otro músculo, una corriente eléctrica o corriente de acción; la parte contraída se hace negativa respecto a la que no lo está.

Al principio de la revolución cardíaca (sístole auricular) las aurículas son negativas respecto a los ventrículos. La corriente se invierte luego (sístole ventricular).

Estas corrientes de acción se difunden a través de todo el organismo y se las puede recoger mediante dos electrodos aplicados a los puños. Son registrados gráficamente en un aparato, llamado **electrocardiógrafo**. Las gráficas obtenidas o **electrocardiogramas** permiten descubrir trastornos cardíacos que la auscultación no hubiera podido revelar.

- c) **Trabajo del corazón.**—La fuerza con que el ventrículo izquierdo expulsa la sangre en cada sístole podría levantar 180 gramos a la altura de tres metros. Y el trabajo que realiza el corazón es **considerable**: cada contracción lanza, a fuerte presión, en cada una de las dos arterias, una onda sanguínea de 100 cm³, o sea, seis litros por minuto, más de 8.000 litros de sangre al día (cerca de 10 toneladas), y esto todos los días de la vida. Ningún otro músculo del cuerpo es capaz de suministrar trabajo de modo tan sostenido.

La circulación arterial.

La circulación en las arterias es debida a los impulsos del corazón. La masa de sangre que sale en cada sístole —de 65 a 100 gramos— empuja a la que se halla ya en las arterias. Pero éstas no son conductores pasivos, sino que intervienen en la circulación merced a su elasticidad y a su vasomotoricidad.

Por eso la circulación es **continua** y no intermitente, como sería si sólo se moviese por los impulsos del corazón.

Velocidad de la sangre en las arterias.

Con aparatos especiales ha podido medirse la velocidad de la sangre en los distintos puntos del circuito sanguíneo.

En los mamíferos es de 50 cm. por segundo en la aorta; 30 a 40, en las gruesas arterias. Disminuye en las pequeñas arterias, y en los capilares sólo es de 0,5 a 1 mm. por segundo.

La disminución de velocidad es debida al aumento de la capacidad del sistema arterial, que crece a medida que se aleja del corazón; pues, en efecto, cuando un tronco arterial se divide, la suma de los calibres de estas ramificaciones es mayor que la del tronco inicial.

La elasticidad arterial que empuja a la sangre y el aumento de capacidad del sistema arterial economizan el trabajo del corazón. Por eso, cuando las arterias pierden su elasticidad, o disminuyen su calibre, al depositarse sales en la capa media e interna (arterioesclerosis), el corazón debe cumplir un trabajo más considerable. Además aumenta la presión en las arterias y pueden romperse fácilmente. Si la rotura sobreviene en el cerebro da lugar a la apoplejía.

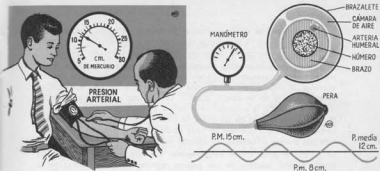


Fig. 19-5.—Medida de la presión arterial. Esquema del estigmománometro y gráfica de la presión.

La presión arterial y su medida.

La sangre está comprimida en las arterias, ejerciendo cierta presión sobre sus paredes.

El origen de esta presión está: a) en el ritmo y en la potencia de las contracciones cardíacas; b) en la reacción de las arterias sobre su contenido, ya que se dilatan, pero son elásticas y tienden a recuperar su calibre primitivo, por lo que comprimen la sangre.

La presión arterial en el hombre se mide en el brazo, mediante un brazaletes con aire comprimido que rodea al brazo por donde pasa la arteria humeral (figura 19-5). Cuando el pulso, controlado en la muñeca, cesa, la arteria está aplastada contra el húmero y la presión del brazaletes es igual a la presión arterial máxima.

La lectura de esta presión se efectúa en un manómetro, conectado con el tubo por donde se inyecta el aire. En la práctica médica, se utilizan aparatos perfeccionados que permiten medir las presiones máximas, media y mínima, correspondientes a la sístole y diástole de cada revolución cardíaca. La presión normal en la arteria humeral del hombre oscila entre 14 cm. de mercurio (máx.) y 8 cm. de mercurio (mín.). Crece con la edad y las emociones.

Cuando se mide la presión de la sangre arterial en arterias cada vez más alejadas del corazón, se observa una disminución de la presión media. En el origen de los capilares sólo es de 2 cm. de mercurio; esta disminución de presión es debida al roce de la sangre contra la pared de los vasos.

El pulso.

Es una manifestación de las oscilaciones rápidas de la presión arterial. Aplicando la yema de los dedos sobre la arteria radial, al nivel de la muñeca,

detrás del pulgar, se siente un choque periódico o **pulsación** que se repite 70 veces por minuto. A cada golpe observado, la pared elástica de la arteria se distiende, golpeando los dedos por efecto de una dilatación pasajera.

El pulso es, pues, la sucesión de golpes que se notan en las arterias al pasar las ondas de presión que vienen del corazón, a lo largo de las paredes arteriales. A cada sístole corresponde una onda que no hay que confundir con el paso de la sangre; aquéllas circulan con una velocidad mucho mayor (9 m/seg.); la velocidad de la sangre es 0,5 m/seg. (fig. 19-6).

El pulso indica el paso de las ondas de presión máxima producida por cada borbotón de sangre que sale en cada sístole. Otros lo explican como resultado del choque al cerrarse las válvulas sigmóideas.

Se registra el pulso con el **esfigmógrafo**, que está, en principio, formado por un resorte, solidario de una palanca registradora, que al comprimir la arteria radial es rechazado en cada pulsación.

La inscripción se efectúa sobre una placa móvil ahumada.

Tanto el pulso como las oscilaciones de la presión arterial son el eco fiel de las contracciones ventriculares.

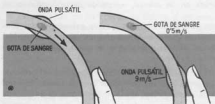


Fig. 19-6.—La onda pulsátil avanza mucho más rápidamente que la sangre.

Circulación en los capilares.

Si se examina al microscopio la lengua o la membrana interdigital de una rana, se ve a los hematíes arrastrados por el flujo sanguíneo, y cuando el diámetro de los vasos es de 2 a 5 μ , sólo pueden pasar uno a uno, estirándose. A pesar del aspecto torrencioso de esta circulación, ampliada por el microscopio, la sangre circula con una velocidad pequeña (0,5 a 0,8 milímetros/segundo) y a débil presión (20 a 40 mm. de mercurio).

La circulación en los capilares es debida al empuje de las nuevas oleadas de sangre que van llegando y a su gran motoricidad, pues se contraen y se dilatan activamente; su calibre se puede duplicar o triplicar, y también pueden cerrarse completamente; en un músculo en reposo, sólo una parte de los capilares está abierta a la circulación de la sangre.

La variación del calibre de los capilares es debida a la acción de las células conjuntivas contráctiles que les rodean de trecho en trecho.

Circulación en las venas.

Si se comprime una vena superficial del antebrazo fuertemente con el dedo, se hincha y sobresale hacia la muñeca, mientras que se hunde hacia el codo. Por tanto, la sangre circula en las venas de los órganos hacia el corazón.

La velocidad de la sangre aumenta desde los capilares hacia las venas porque la capacidad del sistema venoso disminuye hacia el corazón. Sin embargo, esta velocidad permanece, en general, la mitad que en la arteria correspondiente, por ser el número de venas doble que el de arterias.

La sangre circula en las venas impelida por la que le sigue, procedente de los capilares. Este empuje es muy pequeño; la presión de la sangre cerca del corazón sólo es de 0,1 a 6 milímetros de mercurio.

La circulación venosa está favorecida:

- por las **contracciones** de las venas;
- por la **gravedad**, si son venas a un nivel superior al del corazón;
- por las **contracciones musculares** de los ejercicios físicos, la marcha, la carrera, la natación. Estas contracciones musculares comprimen las venas, las frotan e impulsan la sangre (fig. 19-7);
- por los **movimientos respiratorios**, pues se comprimen las grandes venas torácicas;
- y, sobre todo, **está favorecida**, en la parte inferior del cuerpo, por las **válvulas en nido de golondrina**, que impiden todo retroceso a la sangre.

Las **varices** son dilataciones de trozos venosos, en los cuales la sangre se estanca; el efecto de las válvulas en nido de golondrina no se realiza por no poder juntarse.



Fig. 19-7

Desplazamiento de la linfa.

En el caso de la linfa no se puede hablar de circulación, por no recorrer aquella ningún circuito cerrado. Tan solo se desplaza a lo largo de las venas linfáticas, hasta que de nuevo entra en el torrente circulatorio (fig. 18-9).

La linfa penetra en los vasos linfáticos debido a la presión que produce en los espacios intersticiales la llegada continua de plasma sanguíneo. Y al vacío que se produce en los vasos linfáticos al vaciarse éstos en las venas sanguíneas en las que desemboca. Por otra parte, cualquier contracción de los vasos quilíferos hace avanzar la linfa, sin que pueda retroceder por causa de las válvulas internas de los mismos (fig. 18-6).

En general, el desplazamiento de la linfa de los capilares linfáticos a las venas linfáticas y de éstas a los troncos linfáticos está provocado por las mismas causas que las que hacen circular la sangre en las venas.

Regulación de la circulación sanguínea.

El frío, el miedo, etc., ponen pálida la piel porque las arteriolas se contraen y disminuyen la circulación de la sangre. Al revés, el calor provoca el enrojecimiento de la piel al dilatarse las arterias y aumentar la circulación.

Esto prueba que la circulación sanguínea, sobre todo en las arteriolas y capilares sanguíneos, no es uniforme.

En efecto, los órganos consumen más o menos alimentos y oxígeno según el trabajo que realizan o la situación en que se encuentran. Lo que exige determinados mecanismos que regulen el flujo de sangre a los mismos.

Estos mecanismos son de tres tipos:

la vasomotoricidad

la influencia de las hormonas

la acción química de algunas sustancias.

a) La **vasomotoricidad** son los movimientos de contracción (vasoconstricción) y dilatación (vasodilatación), que tienen las arteriolas y capilares producidas por las fibras lisas circulares de sus paredes. Son movimientos reflejos del sistema neurovegetativo. Intervienen fibras nerviosas del sistema simpático que provocan la vasoconstricción y fibras del parasimpático que originan la vasodilatación. Así un músculo contraído, es decir, en posición de trabajo, recibe cinco veces más sangre que si estuviera en reposo; las glándulas enrojecen cuando segregan, etc.

La vasomotoricidad puede provocarse también por simple acción psíquica: por ejemplo, al enrojecerse de vergüenza.

b) La **influencia hormonal**: intervienen la pitresina de la hipófisis que es constrictora;

la adrenalina de las cápsulas suprarrenales, que acelera la circulación y aumenta el flujo de sangre a los órganos;

la insulina del páncreas que favorece la oxidación de la glucosa.

c) La **acción química** de algunas sustancias, como el ácido láctico de los músculos que provoca un reflejo vasodilatador.

PRACTICAS

1.º Obtención de la fibrina de la sangre.

La sangre fresca de conejo, gallina, etc., se agita en un recipiente con una varilla de madera bien áspera. Sobre la varilla se deposita la fibrina. Se lava para quitarle los glóbulos rojos y después se seca, se desprende en escamas, que se conservan en glicerina. La sangre desfibrinada no se coagula; en vez de plasma tiene suero.

2.º Hemólisis de la sangre.

(Véase práctica 3, cap. 11.)

3.º Producción artificial de sangre venosa y arterial.

Material: Solución de hemoglobina (práctica anterior), tubos, sulfhidrato amónico.

Práctica: Se pone hasta la mitad disolución de hemoglobina en dos tubos; queda el líquido rojo. Se añade al uno unas gotas de sulfhidrato, sin agitar; al cabo de unos minutos la sangre se pone azulado-violeta (sangre venosa). Se agita con fuerza el tubo y se vuelve roja (se ha oxidado de nuevo con el oxígeno del aire del tubo). Se puede repetir el fenómeno las veces que se quiera.

4.º Ejercicios de tomar el pulso y percibir los latidos del corazón.

Búscase el pulso en la arteria radial y cuéntese el número de pulsaciones por minuto. Hágense unas 30 flexiones de piernas y vuélvase a contar. Habrá aumentado el número. Apréciense los latidos en el quinto espacio intercostal. Se verá que el número por minuto es idéntico. Compruébese simultáneamente los dos fenómenos en una persona: se verá que no se producen al mismo tiempo.

5.º Observación de la circulación mediante el microscopio.

Material: Renacuajos, ranas, microscopio, cloroformo, éter, plancha de corcho, alfileres.

Práctica: Para ver la circulación en la cola del renacuajo, véase práctica 2.ª, cap. 11.

Se apreciarán también células estrelladas con melanina (cromatóforos).

En la rana se puede observar en la membrana interdigital o en la lengua. En ambos casos se la anestesia levemente con cloroformo o con etil urétano. Se le sujeta sobre una planchita de corcho con unas ventanillas, como se ve en la figura 19-8. Obser-



Fig. 19-8

vando los vasos gruesos se ve la sangre, como un torrente, circulando a gran velocidad; en los vasos menores se nota una corriente intensa de hematíes por el centro y otra más lenta junto a las paredes, donde marcha el plasma y los leucocitos. Nótese la diferencia entre arterias y vénulas. En aquéllas hay pulsaciones; además, las arterias se van bifurcando, las venas se van reuniendo.

También se puede observar la circulación en los bordes de la uña, de uno de los dedos de nuestra mano, echando una gota de aceite de cedro o de glicerina para transparentar la piel y mirando con el microscopio de poco aumento. Debe estar el dedo fuertemente iluminado. Se le superpone un trozo de cobre.

A P E N D I C E

EL APARATO EXCRETOR

Aunque no se incluye en el Cuestionario Oficial, consideramos indispensable tratar, aunque brevemente, este tema por formar parte de las Funciones de Nutrición que se han desarrollado con detalle.

Desasimilación y excreción.

El protoplasma, al asimilar los alimentos, produce nuevas sustancias, en su mayor parte de naturaleza proteica, que reponen las pérdidas sufridas. Al mismo tiempo, las sustancias preexistentes están sometidas, en parte, a un lento proceso de desintegración, por el cual se transforman en sustancias más simples, con desarrollo de energía química, energía térmica y formación de productos de desecho.

En esta labor destructiva participan el oxígeno, las vitaminas y numerosas diastasas.

Las sustancias de desecho que hay que eliminar son:

- el **agua** y el **CO₂** procedentes de la combustión de la glucosa y de las grasas; éste y parte de aquélla son eliminados por los pulmones;
- la **urea**, **ácido úrico** y **sales amoniacales** y diversos pigmentos procedentes de los aminoácidos y las proteínas;
- las **sales minerales** que provienen del interior de las células y del cemento que las une.

Estas sustancias se llaman **de excreción**, para distinguirlas de otras que las células son capaces de elaborar y que siendo útiles para el organismo, no son arrojadas al exterior y se llaman **sustancias de secreción**.

La **excreción** es, pues, la separación y eliminación de los residuos que el organismo produce en su actividad.

Las sustancias que se eliminan en la excreción (además del **CO₂** y **H₂O**) se arrojan a través del **aparato urinario**, **las glándulas sudoríparas**, **el hígado** y **los pulmones**.

El aparato urinario: los riñones.

El aparato urinario comprende los siguientes órganos:

- 1.º Dos órganos glandulares: **los riñones**.
- 2.º Dos conductores excretorios: **los uréteres**.
- 3.º Un depósito: **la vejiga**.
- 4.º Un canal que comunica con el exterior: **la uretra**.

Los **riñones son dos glándulas tubulosas** en forma de judía, y de color rojo oscuro, que pesan 125 a 150 gramos cada uno.

Están situados en la región posterior de la cavidad abdominal, inmediatamente debajo del diafragma, a uno y otro lado de la columna vertebral. El riñón derecho está situado un poco más bajo que el riñón izquierdo (fig. 19-9).

Cada uno de ellos está envuelto y mantenido en su lugar por una cápsula de tejido conjuntivo adiposo, y lleva en su borde superior un órgano que no interviene en la eliminación urinaria: son las **glándulas suprarrenales**, en forma de capucha.

El borde interno de cada riñón es cóncavo y presenta una depresión o **hilio del riñón**; que permite la entrada de la **arteria renal** y la salida de la **vena renal** y del **uréter** (fig. 19-9).

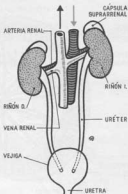


Fig. 19-9.—El aparato urinario.

Si le damos un corte longitudinal, un riñón presenta de fuera a dentro, además de la cápsula envolvente, las zonas siguientes (fig. 19-10):

- 1.ª **La zona cortical**, negruzca, de aspecto granuloso, con numerosos elementos puntiformes: son los **corpúsculos de Malpigio**.
- 2.ª **La zona medular**, de color rojo oscuro, estriada, de estructura radial. Contiene de 12 a 15 conos o **pirámides de Malpigio**, cuyos vértices, dirigidos hacia el hilio, están atravesados cada uno por 10 a 20 pequeños orificios o **poros urinarios**.
- 3.ª **La pelvis renal**, cavidad en forma de embudo donde vierten los posos uriníferos y comienza el uréter.

Los uréteres y la vejiga.

Son dos tubos de cinco milímetros de diámetro y 25 cm. a 30 centímetros de largo, que van desde la pelvis renal a la vejiga, en donde desembocan oblicuamente por la parte inferior de su cara posterior; su pared contráctil contiene fibras circulares y longitudinales.

La vejiga es un depósito de forma esférica situado en el fondo del abdomen, delante del intestino recto y detrás del pubis. Sus paredes contienen una túnica de fibras musculares lisas que tiene la propiedad de adaptar su tonicidad al grado de distensión, de tal modo que carece de fuerza elástica y no ejerce sobre la orina presión alguna; es decir, las paredes de la vejiga gozan de la misma propiedad que las paredes del estómago. Además están revestidas interiormente de un epitelio impermeable a la orina.

De la vejiga parte un conducto, la **uretra**, cuyo orificio en la base está cerra-

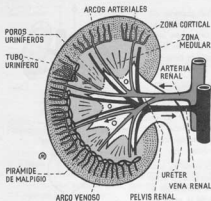


Fig. 19-10.—Sección del riñón con la arborización de las venas y arterias renales.

do por dos músculos anulares, es decir, dos esfínteres, de los cuales uno es de fibras lisas y el otro de fibras estriadas.

Estructura microscópica de los riñones.

El interior de un riñón está formado por numerosos tubos uríniferos enredados y sumergidos en tejido conjuntivo.

En cada tubo urínifero se distingue:

1. Una cápsula algo aplastada (**cápsula de Bowman**), situada en la zona cortical. En su interior hay una red de capilares arteriales, llamada **glomérulo de Malpigio**. La cápsula y el glomérulo juntos constituyen los **corpúsculos de Malpigio**, que dan un aspecto granuloso a la zona cortical (figs. 19-10 y 19-11).
2. **Un tubo largo, sinuoso**, continuado después por un tubo en U que penetra en la sustancia medular. Su rama descendente es estrecha (10 a 15 μ), mientras que la rama ascendente es ancha (25 a 30 μ) (figura 19-11).
3. **Un tubo colector recto** que desemboca en la papila renal y a donde van a parar los tubos uríniferos en U (fig. 19-11).

Los numerosos tubos colectores que vienen a desembocar en las pirámides de Malpigio dan a la zona medular un aspecto estriado visible a simple vista.

Los tubos uríniferos son en los riñones del hombre de dos a cuatro millones, y tienen una longitud total de 22 kilómetros, aproximadamente.

La pared del tubo urínifero, está formada por una sola capa de células epite-

liales que en las partes anchas, como al comienzo y en la rama ascendente del tubo en U, son grandes células secretoras muy activas y, por tanto, con abundantes mitocondrias. El tubo está rodeado de numerosos capilares sanguíneos.

Circulación en el riñón.

Desde su entrada en el riñón, la arteria renal se divide en ramas, que pasan entre las pirámides y forman **arcos arteriales** en el límite de las zonas cortical y medular (fig. 19-10).

De estos arcos salen arterias radiadas que atraviesan la zona cortical, emitiendo arteriolas cortas, que penetran en las cápsulas de Bowman, formando el glomérulo de Malpigio, **pequeño pelotón de capilares únicamente arteriales** (fig. 19-11).

La arteria que sale del glomérulo, se resuelve de nuevo en capilares arteriales y venosos alrededor del inicio de cada tubo urinífero y de los tubos en forma de U.

Lo esencial de esta vascularización es la existencia de dos redes capilares (la del glomérulo y la de los tubos), que producen dos zonas de intercambio entre la sangre y el tubo urinífero.

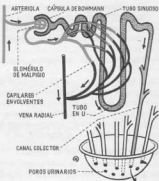


Fig. 19-11.—Esquema de un tubo urinífero.

La secreción urinaria.

La orina se forma en dos etapas que corresponden a las dos redes de capilares sanguíneos de los tubos uriníferos.

- 1.ª **En la primera etapa** hay filtración del plasma sanguíneo en el glomérulo de Malpigio.

Los productos que allí se filtran son: el agua, las sales minerales, la urea, el ácido úrico y la glucosa, que penetran en la cápsula de Bowman.

- 2.ª **En la segunda etapa**, al nivel del tubo rodeado de capilares y rama ascendente del tubo en U (fig. 19-11), parte del agua y de las sustancias contenidas en la orina inicial son introducidas de nuevo en la sangre, en especial toda la glucosa y parte del cloruro sódico. Es decir, que el glomérulo filtra la orina y el tubo urinífero la concentra.

La orina: su composición.

Es un producto de la actividad de los riñones. Se presenta como un líquido límpido, de color amarillo de ámbar, salado-amargo y de olor especial. Es ácida en el hombre y en los carnívoros, pero alcalina en los herbívoros. Expulsamos de 1.200 a 1.500 gramos de orina en veinticuatro horas. Esta cantidad es variable, y disminuye principalmente cuando se suda mucho, pues estas dos excreciones varían en sentido inverso una de otra. De aquí que es útil en ciertos casos, para eliminar sustancias tóxicas contenidas en la sangre, provocar una copiosa secreción de sudor y, por tanto, no fatigar los riñones.

La orina consta de varias sustancias:

- **Agua** en su mayor parte. Disuelve los demás componentes.
- **Sales minerales:** Cabe citar los cloruros de sodio y de potasio, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos.
- **Sales orgánicas,** como el oxalato de calcio.
- **Urea y ácido úrico** (o bien uratos), proceden de la desintegración de las proteínas.
- **Pigmentos,** como la urobilina, que le da el color y procede de la bilirrubina de la bilis.

De urea se eliminan unos 25 gramos al día. De ácido úrico un gramo diario, pero puede aumentar notablemente como consecuencia de una alimentación a base de carne, y entonces puede depositarse en cristales o concreciones y dar lugar a fuertes dolores, principalmente en las articulaciones (artritis, gota), o bien constituir, juntamente con fosfatos y oxalatos, los **cálculos urinarios** o piedras que se depositan en la vejiga.

Productos anormales en la orina.

En casos patológicos la orina puede contener glucosa o albúmina.

La glucosa se encuentra cuando el hígado funciona mal, o bien cuando por deficiente producción de insulina por parte del páncreas, se acumula en exceso en la sangre, de la cual pasa a la orina: se tiene entonces la **diabetes o glucosuria**.

La presencia de **albúmina** en la orina es síntoma principal de la nefritis, debida a la inflamación de los tubos uriníferos.

En la orina también se pueden encontrar medicamentos absorbidos por el individuo. Así, en la orina de los enfermos tratados con penicilina, se ha podido recuperar un tercio de la dosis administrada.

Evacuación de la orina.

La orina se produce sin cesar y se acumula en la pelvis renal. De allí pasa gota a gota a la vejiga.

Cuando se acumulan de 500 a 600 cm³ de orina en la vejiga, las fibras musculares de su pared se contraen y algunas gotas de orina penetran en el origen de la uretra, produciéndose así la necesidad de orinar.

Los músculos anulares que cierran la uretra pueden relajarse por acto voluntario. Entonces se contrae la vejiga, ayudada por los músculos de la pared abdominal, y expulsa la orina al exterior. Este acto constituye la micción.

Glándulas sudoríparas y el sudor.

Una parte de los residuos que resultan de las oxidaciones de las sustancias nutritivas, es eliminada por las glándulas sudoríparas que producen el sudor. Cada una consta de un tubo de pared epitelial de dos milímetros de longitud, arrollado en su extremo inicial (el glomérulo) situado en la dermis y rodeado de capilares; atraviesa la epidermis siguiendo un curso en hélice y viene a desembocar en un poro de la superficie (fig. 19-12).

Se calcula en más de dos millones el número de glándulas sudoríparas: abundan especialmente en la frente, en las axilas, en la planta de los pies, en la palma de la mano, en donde se cuentan unas 300 por cm^2 .

El sudor es un líquido incoloro, transparente, ligeramente ácido, de olor vario y característico, según las diversas partes del cuerpo que lo segregan, de sabor salado.

Su constitución es muy afín a la de la orina, y como ella, es rico en agua, en la cual están disueltos la urea, los ácidos grasos y las sales minerales, especialmente el cloruro sódico, sulfatos y fosfatos; es decir, es una orina diluida. Por eso la función de las glándulas sudoríparas es complementaria de la efectuada por los riñones.

La cantidad de sudor es de 500 a 600 gramos por día. Esta cantidad varía además según diversas condiciones, como la temperatura exterior, ingestión de bebidas, ejercicio físico, etc.

El sudor que baña la epidermis se evapora a expensas del calor suministrado por el cuerpo, por lo que su emisión va acompañada de notable pérdida de calor; en efecto, después de sudar, el cuerpo se siente fresco. **La sudación es un fenómeno reflejo**, determinado por la excitación de los nervios sensitivos de la piel por el calor.

El papel del sudor es doble: contribuye a la excreción y es un buen regulador térmico.

También el hígado y los pulmones contribuyen a la excreción.

Por el **hígado** se eliminan diversos productos que forman la bilis utilizada en parte para la digestión intestinal.

Por los **pulmones** se elimina el CO_2 y el vapor de agua.



Fig. 19-12.—Glándula sudorípara.

LA REPRODUCCION

La reproducción en general.

La reproducción de los individuos pluricelulares se realiza generalmente por un grupo de células especiales que constituyen los órganos reproductores. Ej.: Los estambres y carpelos de una flor. El resto del organismo pierde totalmente la facultad reproductiva.

Esos órganos reproductores originan determinadas células - gérmenes que son las que dan origen al nuevo ser.

Existen dos tipos de células - gérmenes:

- **los gametos** o células sexuales. Son células haploides y normalmente sólo pueden originar un nuevo ser cuando se fusionan por parejas.
- **las esporas** o células asexuales. Pueden ser haploides o diploides y originan directamente nuevos individuos.

Pero también se da el caso en muchas plantas y en los animales inferiores que un grupo cualquiera de células puede regenerar al individuo completo. Ej.: el esqueje de geranio; un brazo de la estrella de mar (figura 20-1).

Por tanto, los organismos pluricelulares tienen dos maneras de multiplicarse.

por **reproducción sexual o anfigonia**
por **reproducción asexual o monogonia**
y en la reproducción asexual se dan, a su vez, dos variantes:

reproducción por esporas (fig. 20-1).
y **reproducción por un grupo cualquiera de células** que regenera al individuo completo: se llama **multiplicación vegetativa** (fig. 20-1).



Fig. 20-1



Fig. 20-2.—Multiplicación por gemación en los vegetales: 1, estolones; 2, rizomas; 3, bulbos; 4, tubérculos.

La reproducción asexual.

Como hemos dicho, presenta dos variantes:

1. **Multiplicación vegetativa.** Es más propia de los vegetales. Entre los animales sólo se da en algunos protozoos y en metazoos inferiores. En todos los casos un fragmento más o menos grande procedente de un individuo, se destaca del mismo y origina un nuevo ser, al multiplicarse sus células.

Tanto en las plantas como en los animales se puede realizar de dos formas (fig. 20-1):

- por **gemación**: si el nuevo individuo procede de una "yema", es decir, de un pequeño grupo de células indiferenciadas que se destacan y originan el nuevo ser,
- y por **escisión**: si se separa un trozo notable de un individuo (raíz, tallo, hojas) y regenera las partes que le faltan; o bien si es animal, se parte en varios trozos.

a) Son casos de gemación en los vegetales superiores (fig. 20-2):

- los **estolones**: yemas de tallos rastreros que producen raíces. Ej.: el fresa.
- los **rizomas**: tallos subterráneos cuyas yemas dan nuevas plantas. Ej.: el lirio, gramíneas.
- los **bulbos**: yemas subterráneas de gran volumen. Ej.: cebolla, ajo...
- los **tubérculos**: yemas de tallos subterráneos de reserva que originan nuevas plantas. Ej.: la patata.

Y son ejemplos de escisión fig. 20-1):

- los **esquejes**: Ej.: el geranio
- el **acodo**: Ej.: la vid
- el **injerto**: Ej.: el manzano.

En los vegetales inferiores la multiplicación vegetativa se da en los **propágulos** o porciones de la planta que se destacan espontáneamente y se desarrollan con independencia.

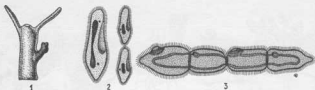


Fig. 20-3.—Casos de gemación y escisión en los animales inferiores: 1, gemación en la hidra de agua dulce; 2, escisión en el paramecio; 3, escisión repetida en un gusano.

b) En los animales es frecuente la gemación en los pólipos (forman colonias), hidras de agua dulce, etc., y la escisión se da en los gusanos, estrellas de mar, protozoos, etc. (fig. 20-3).

2. **Multiplicación por esporas.** Las esporas son células especiales que se protegen con una doble o triple membrana, lo cual les permite la vida latente cuando las condiciones ambientales son adversas para su vitalidad.

Se originan por gemación en determinadas células del vegetal o bien en el interior de ciertos órganos llamados esporangios. De ahí que puedan ser exógenas o endógenas (figura 20-4). Cuando tienen humedad y temperatura adecuadas germinan y producen directamente un individuo.

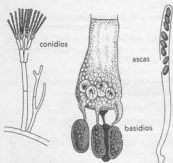


Fig. 20-4.—Tres tipos de esporas

Este tipo de reproducción es común en los vegetales inferiores: algas, hongos, líquenes, musgos y helechos, así como en las bacterias. Con frecuencia alterna con la multiplicación sexual.

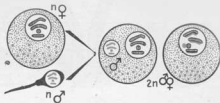
La reproducción sexual en los animales.

De los dos tipos de reproducción que hemos visto, la única que se da en los animales superiores es la reproducción sexual.

La **reproducción sexual** es aquella en que intervienen dos células llamadas gametos, procedentes de dos seres sexualmente distintos. De su **unión** o **conjugación** resulta una **célula-huevo** o cigoto (fig. 20-5), el cual, por multiplicaciones sucesivas, origina el nuevo ser.

En los animales las células reproductoras o gametos se llaman **espermatozoide** ♂ el masculino y **óvulo** ♀ el femenino,

Fig. 20-5.—Los dos gametos: femenino y masculino. De su unión o conjugación resulta la célula-huevo.



Generalmente no tienen igual tamaño: el espermatozoide es menor y se mueve mediante un flagello o con cilios vibrátiles. El óvulo es inmóvil y de mayor tamaño debido a las sustancias de reserva de que está cargado (figura 20-5).

La reproducción es **isogámica** si los dos gametos son de igual tamaño, y **heterogámica** en caso contrario; es lo más frecuente, tanto en los animales como en las plantas.

Los gametos se originan en unos órganos especiales, llamados **gónadas o glándulas sexuales**, mediante un proceso de divisiones celulares.

Las gónadas y los gametos.

Se llaman gónadas a los órganos que producen los gametos en los animales. En las plantas se llaman gametangios.

En los animales las gónadas son al mismo tiempo glándulas de secreción interna, segregando las hormonas sexuales.

Las gónadas de los machos se denominan **testículos** y las de las hembras, **ovarios**.

Unos y otros van unidos a otros órganos y a diversos conductos por los que circulan los gametos en el cumplimiento de su misión reproductora. El conjunto, constituye el aparato reproductor.

El aparato reproductor masculino consta de los testículos y los conductos deferentes que desembocan en la uretra. A ellos se unen las glándulas llama-

das vesículas seminales y la próstata (figura 20-6).

Los testículos son las glándulas que producen los espermatozoides o gametos masculinos.

La forma típica del gameto masculino es, en toda la escala vegetal y animal, la de un cuerpo piriforme con uno o varios flagelos.

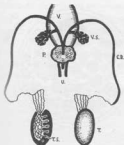


Fig. 20-6.—Las gónadas masculinas. T, testículos; CD, conducto deferente; V.S., vesícula seminal; P, próstata; U, uretra; V, vejiga de la orina.

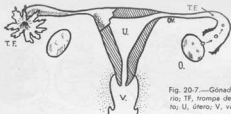


Fig. 20-7.—Gónadas femeninas. O, ovario; TF, trompa de Falopio; OV, oviducto; U, útero; V, vagina.

En los animales son monoflagelados y su constitución celular está muy modificada, siendo difícil distinguir en ellos los órganos protoplasmáticos típicos de una célula.

Generalmente constan de tres partes: cabeza, segmento intermedio y cola (figura 20-8).

En la cabeza está el núcleo de la célula con los n cromosomas, formando una masa compacta. En el segmento intermedio se encuentra el citoplasma con sus centrosomas y condrioma; la cola es un flagelo que parte de un centrosoma y tiene finalidad locomotriz.

El aparato sexual femenino está formado por los ovarios, que son órganos aislados; las trompas de Falopio, los oviductos; el útero o matriz y la vagina (figura 20-7).

Cada ovario produce periódicamente un óvulo, cuyo desarrollo se verifica en una masa de tejido llamado folículo. Al romperse sus paredes, el óvulo es expulsado y cae en la trompa de Falopio, de donde pasa al útero a través del oviducto.

El gameto femenino u óvulo es siempre en los animales de forma redondeada (fig. 28-8). Tiene gran tamaño, a veces gigantesco, debido a la acumulación de sustancias de reserva que alimentarán al futuro embrión. Su núcleo suele llamarse mancha germinativa, y su citoplasma se llama vitelo, distinguiéndose el vitelo germinativo o blastoplasma, que es el citoplasma propiamente dicho; y el vitelo nutritivo o deutoplasma, acumulación de sustancias de reserva.

Si estas sustancias son muy abundantes, el óvulo adquiere gran tamaño: los óvulos de rana son como perdigones gruesos; los de las aves constituyen la yema de sus huevos y llegan a tener hasta 75 milímetros de diámetro, como en el caso del avestruz.

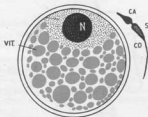


Fig. 20-8.—Óvulo y espermatozoide típicos de los animales. N, núcleo; VIT, vitelo nutritivo; CA, cabeza; S, segmento intermedio; CO, cola.

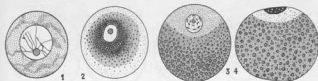


Fig. 20-9.—Distintas clases de óvulos. 1, alecito; 2, centrolecito; 3, nerolecito; 4, telolecito.

Según la cantidad y distribución del deutoplasma, hay distintas clases de óvulos (fig. 20-9):

- Alecitos:** apenas tienen deutoplasma. Es el caso de los óvulos de los equinodermos, algunos insectos y todos los mamíferos placentarios, entre ellos el humano (diámetro, 0,2 mm.).
- Centrolecitos:** Tienen mucho deutoplasma acumulado en el centro, en torno al núcleo. El blastoplasma le rodea por fuera. Es frecuente en los artrópodos.
- Heterolecitos:** Tienen abundante vitelo nutritivo acumulado en un extremo o polo. En el otro se encuentra el blastoplasma y el núcleo. Es propio de los anfibios y algunos invertebrados.
- Telolecitos:** Son como los anteriores, pero con una enorme cantidad de deutoplasma. El resto del óvulo forma un pequeño casquete polar o mancha germinativa. Son telolecitos los huevos de las aves y peces.

En todos los casos, el óvulo suele estar protegido por una o varias envolturas: membrana vitelina, corión, etc.

gametogénesis: características de las células sexuales.

En un organismo, las células sexuales constituyen el **germen** y son fundamentalmente distintas de las restantes del organismo que forman el **soma**.

Las células del soma se multiplican por mitosis típicas de modo que su número de cromosomas permanece constante.

Las células del germen experimentan **mitosis heterotípicas**, en las que su número de cromosomas se reduce a la mitad (fig. 20-10). De este modo, al unirse los dos gametos, reúnen otra vez el número de cromosomas propio de cada especie.

El **origen y formación** de los gametos tanto de los espermatozoides como de los óvulos, son procesos similares. En ellos suelen distinguirse tres fases o períodos: el de **proliferación**, el de **crecimiento** y el de **maduración** (ver lámina).

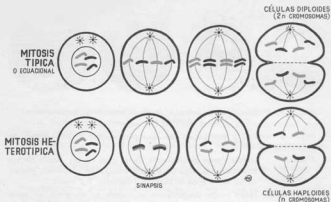


Fig. 20-10.—Las dos clases de mitosis.

- **Espermatogénesis.** Los espermatozoides se forman en las gónadas masculinas o **testículos** a partir de una capa de células que constituyen el epitelio glandular. Las células que resultan se llaman **espermatogonias**. Las espermatogonias que se obtienen a la segunda división, **crecen de tamaño** y se denominan **espermatoцитos de primer orden**. Estos sufren un fenómeno llamado **sinapsis**, por el cual sus **cromosomas se fusionan de dos en dos** (fig. 20-10). Inmediatamente se inicia la primera división meiótica en la cual el número de cromosomas se reducen a la mitad.

Las células que resultan se llaman espermatoцитos de segundo orden y son haploides. Repítase una multiplicación normal y las células resultantes son las **espermátidas**, que previa una disminución de citoplasma y la aparición de un flagelo locomotor, se convierten en **espermatozoides**.

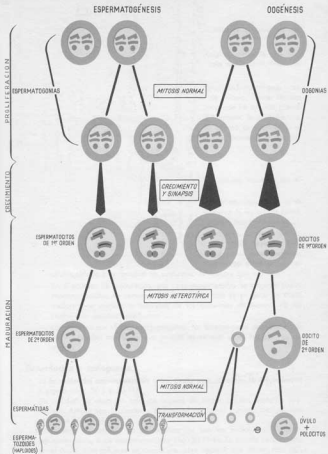
En resumen: Cada espermatoцитo de primer orden, después de dos divisiones, una de las cuales es heterotípica, origina cuatro espermatozoides.

- **Oogénesis.** El proceso de la formación de los óvulos es muy semejante (ver lámina).

Las **oogonias** proceden del epitelio germinal del ovario y originan **oocitos de primer orden**. Estos experimentan un gran aumento de tamaño y se desprenden del ovario. Se forman en unas masas de tejido llamados **folículos**.

Sufren entonces la primera división meiótica originando dos células haploides, una de las cuales queda atrofiada y se le llama **corpúsculo polar** o **polocito**.

La célula mayor se vuelve a dividir en dos, también de distinto tamaño.



Origen y formación de los gametos. Las primeras gonias resultan directamente de la multiplicación de las células del epitelio glandular.

La mayor, previa una ligera transformación, constituye el **óvulo** ya maduro y apto para la fecundación.

En resumen, cada oocito de primer orden origina, mediante dos divisiones, una de las cuales es heterotípica, un **solo óvulo fértil**. Los otros tres degeneran y desaparecen.

En la mujer se produce un óvulo maduro aproximadamente cada mes. Es expulsado del ovario y cae en la trompa de Falopio, donde termina su maduración, llegando por el oviducto al útero que ha tomado previamente una estructura esponjosa debido a una hormona, la progesterona. Si el óvulo no es fecundado, el revestimiento uterino se desintegra, se rompen numerosos capilares y se produce una hemorragia, llamada **menstruación**.

Características de las células sexuales.

Se pueden considerar como características de las células sexuales, las siguientes:

- Los gametos son células haploides: Su número de cromosomas es n ; es decir, la mitad de los que tienen las células normales. Si las células humanas tienen 46 cromosomas, los gametos de la especie humana tendrán 23.
- Los gametos son células de forma y tamaño especiales. La forma del espermatozoide no se parece en nada a la de una célula corriente; tiene una cabeza voluminosa y una larga cola, con cuya ayuda puede moverse. El óvulo es esférico y adquiere un tamaño desusado entre las demás células, debido a la cantidad de sustancias de reserva que acumula.
- En el proceso de maduración, por cada espermatocito se originan cuatro espermatozoides; en cambio, por cada oocito sólo se produce un óvulo maduro que acapara la totalidad de las sustancias de reserva de los cuatro que debieran producirse.
- Los gametos son células independientes: No forman parte de ningún tejido, no pueden multiplicarse y su vida es efímera si no cumplen su cometido.

Fecundación o cariogamia.

Es la **unión del espermatozoide** y del **óvulo** para constituir la **célula-huevo** o **zigoto** (figs. 20-5 y 20-11).

En realidad, se unen tan sólo los núcleos de ambas células, llamados pronúcleos. Ambos son haploides y al juntarse reúnen el número total de cromosomas (diplois).

Al ponerse en contacto los espermatozoides con los óvulos, éstos atraen, por quimiotaxis, a los espermatozoides (fig. 20-11-1). En cuanto penetra uno en el óvulo, éste refuerza su membrana, para impedir que entren más (2), aunque de ordinario entran varios, uno sólo fecunda al óvulo.

El núcleo y el centrosoma, lo único que ha penetrado, se fusionan con el núcleo del óvulo y forman el huso acromático (3 y 4), iniciándose en seguida la formación del embrión.

El momento preciso de la fecundación es variable. En unos casos se realiza cuando el óvulo ha terminado su maduración; en otros, antes; sobre todo a lo largo de la última fase de la misma, como sucede en la especie humana.

De ordinario, los dos núcleos gaméticos se aproximan inmediatamente, se fusionan y forman una vesícula nuclear única con los cromosomas paternos y maternos mezclados. Pero hay otros casos en que la fusión sólo se verifica después de varias mitosis de la célula-huevo.

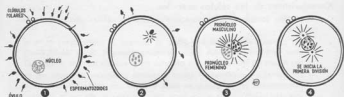


Fig. 20-11.—Fases de la fecundación: 1, los espermatozoides son atraídos por el óvulo penetrando uno; 2, los demás son repelidos; 3, fusión de los núcleos; 4, primera división de la célula huevo.

Lo importante en la cariogamia es que los dos gametos contribuyen a la formación del cigoto con iguales cantidades de cromatina y de cromosomas.

Y como en éstos es donde se encuentran los genes portadores de los caracteres hereditarios, reciben igual influencia de ambos progenitores, no obstante las dimensiones tan diferentes de los gametos paternos y maternos. Este hecho se denomina ley de Van Beneden, su descubridor. La materia o sustancia hereditaria en donde se concentran todos los caracteres de la herencia está constituida por la cromatina y se denomina idioplasma.

El desarrollo embrionario.

Es el proceso que sigue a la fecundación hasta constituir el nuevo ser.

Pueden distinguirse en este proceso tres fases:

- Segmentación del huevo.
- Formación de las hojas blastodérmicas.
- Constitución de los esbozos organógenos y diferenciación histológica.

a) **Segmentación del huevo.**

Una vez realizada la fecundación, se inicia inmediatamente una multiplicación rapidísima de la célula-huevo en proporción geométrica.

Esta multiplicación o segmentación es total u holoblástica y las células resultantes son parecidas en tamaño cuando se trata de huevos alecitos o heterolecitos; es superficial si son centrolecitos, y es parcial y afecta sólo al disco germinativo cuando los huevos son telolecitos.

En general, se distinguen estas dos fases iniciales (figura 20-12):

- Después de unas cuantas divisiones se forma una masa de células de aspecto de mora (fase de **mórula**).
- Se origina una cavidad en el centro y las células forman una vesícula (fase de **blástula**).

b) **Formación de las hojas blastodérmicas.**

— La blástula sufre una invaginación y forma a modo de un saco de dobles paredes, llamadas **ectodermo** y **endodermo**. La cavidad comunica al exterior por un orificio: el **blastóporo**, y constituye la iniciación del tubo digestivo (fase de **gástrula**).

- Por una multiplicación rápida de algunas zonas del **endodermo** se origina el **mesodermo**, constituyendo dos cavidades, que se unen más tarde y forman el **celoma** o cavidad general del cuerpo.

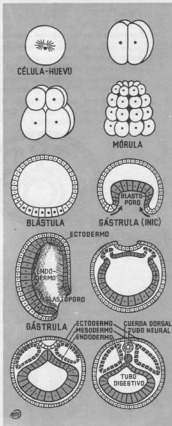


Fig. 20-12.—Las primeras fases del desarrollo embrionario.

De estas tres hojas blastodérmicas: **ectodermo**, **mesodermo** y **endodermo**, se derivan todos los aparatos del organismo.

No en todos los animales se forman las tres hojas blastodérmicas. Los metazoos inferiores (celentéreos y esponjas) no pasan de la fase de gástrula. No se forma en ellos ni el mesodermo propiamente dicho, sino una especie de jalea, denominada mesoglea, ni celoma. Con estos animales se forma el grupo de los Celentéreos, y con el resto, el de los Celomados, por el celoma que les caracteriza.

c) **Constitución de los esbozos organógenos y diferenciación histológica.**

A partir de las hojas blastodérmicas se originan diversas masas celulares destinadas a producir los distintos tejidos y órganos del cuerpo a base de plegamientos y proliferaciones (fig. 20-13).

Del **ectodermo** procede la epidermis, el sistema nervioso central, los sentidos y los extremos del tubo digestivo.

Del **endodermo** resulta la porción central del tubo digestivo, con todas sus glándulas anejas y el notocardo o cuerda dorsal. En él se apoya el tubo neural o sistema nervioso central, que se diferencia en seguida de la epidermis.

Del **mesodermo** vienen el tejido conjuntivo, muscular y esquelético, la sangre y el aparato excretor, incluidas las gónadas, el corazón y los pulmones.

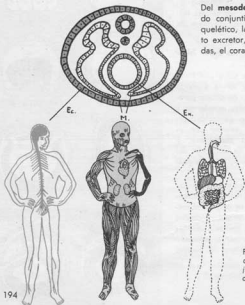


Fig. 20-13.—Procedencia de los diversos tejidos y órganos del cuerpo humano.

Lo característico de los embriones es que tienen una organización muy semejante, dentro de cada grupo general de animales (por ejemplo, los vertebrados). Y que viene a ser la correspondiente a la clase inferior del grupo. Es decir, que tienen rasgos muy primitivos que después desaparecen al desarrollarse enteramente.

Concretamente, en el grupo de los vertebrados, los embriones de los mamíferos, aves, reptiles y anfibios tienen hendiduras branquiales y un corazón con una aurícula y un ventrículo, organización que corresponde a los peces, la clase más inferior del grupo.

Este principio generalmente suele enunciarse diciendo que la ontogenia (desarrollo del embrión) es una repetición abreviada de la filogenia (evolución a lo largo de las épocas geológicas del Phylum o grupo).

Desarrollo del embrión en los mamíferos.

En la mayoría de los mamíferos, y lo mismo sucede en la especie humana, el desarrollo del nuevo ser o embrión que resulta de la segmentación del huevo, se realiza en una cavidad de la madre, llamada **útero o matriz**. El embrión está protegido por dos cubiertas, llamadas **amnios y alantoides** (fig. 20-14).

El amnios se origina del ectodermo y tiene la forma de un saco lleno de líquido, en cuyo interior flota el embrión. El alantoides se suelda a las paredes del útero materno y forma una especie de disco, llamado **placenta**. Este órgano es doble: hay una **placenta uterina**, vascularizada por numerosos vasos sanguíneos de la madre. Y una **placenta fetal**, cuyas numerosas ramificaciones vasculares penetran entre los vasos de la primera y toman por ósmosis de la sangre de la madre, los alimentos y el oxígeno necesarios. La comunicación entre la placenta y el embrión (cuando tiene más de tres meses se llama **feto**) se realiza a través del **cordón umbilical** (fig. 20-14).

El desarrollo intrauterino o gestación, dura en la especie humana nueve meses, terminando con la expulsión del feto en el parto. Entonces el cordón umbilical se corta y se seca, dejando una cicatriz, llamada ombligo.



Fig. 20-14.—Situación del embrión en el útero materno y su alimentación a través de la placenta.

GENÉTICA - LEYES DE MENDEL**La herencia biológica y la Genética.**

Todos los seres vivos, animales y vegetales, tienen la propiedad de transmitir a sus descendientes una serie de caracteres biológicos que les hacen semejantes a ellos.

Este conjunto de caracteres biológicos transmisibles a los descendientes es lo que se llama **herencia biológica**.

La Genética es la ciencia que estudia los fenómenos de la herencia biológica y las leyes que lo regulan. Es una ciencia biológica moderna, de la que se esperan muchas maravillas en un inmediato porvenir.

Caracteres transmisibles por herencia.

Pueden ser de tres clases:

- 1.º **Caracteres específicos**, es decir, propios de la especie biológica a que pertenece el individuo. Lo que hace que los hijos sean de la misma especie que los padres, o sea, que los hijos de los perros sean perros; los de los gatos, gatos, etc.
- 2.º **Caracteres particulares**, ya sea raciales, ya sea de un grupo más restringido de individuos, o bien exclusivo de los progenitores. Son los más interesantes en Genética.
- 3.º **Caracteres nuevos**, es decir, caracteres que han aparecido espontáneamente por primera vez en un individuo y que se transmiten por herencia. En Biología estas modificaciones se llaman mutaciones. Artificialmente se obtienen ya mutaciones importantes, que pueden originar razas nuevas, de patos por ejemplo. Pero aún no se conoce el modo de controlarlas.

Los factores hereditarios: los genes.

El único lazo material entre padres e hijos está constituido por los gametos. Son, por tanto, los gametos los portadores de la herencia.

Pero la célula-huevo que de ellos resulta es una célula ordinaria. Los caracteres que transporta están sólo en potencia o esbozo, y se llaman **factores hereditarios** o **factores genéticos**.

Se pensó que tales factores eran meramente hipotéticos, pues no aparecían en las células. Pero actualmente se sabe que tienen un soporte material de naturaleza química y que esas partículas residen en los cromosomas: se les llama **genes**.

Los **genes** son, pues, los factores hereditarios; esto es, los que dirigen el desarrollo celular de los nuevos seres, determinando la aparición de sus caracteres morfológicos y funcionales, actuando probablemente a través de enzimas.

Los genes residen en los cromosomas y están formados por ácido desoxirribonucleico (**ADN**) unido a proteínas. Posiblemente son trozos de la molécula inmensamente larga de ADN.

Genotipo y fenotipo.

Se denomina **genotipo** al conjunto de genes que recibe un ser de sus progenitores: es decir, a su patrimonio hereditario completo contenido en las dotaciones cromosómicas paterna y materna. El genotipo no cambia a lo largo de la vida. Si no se puede decir que cada individuo conserva los mismos genes en la niñez que en la edad madura, sí al menos posee copias exactas de los mismos que dan al organismo una norma de reacción permanente y fija a lo largo de la vida.

El **fenotipo** es el conjunto de caracteres que se manifiestan en un individuo. Es el resultado de la influencia mutua entre el genotipo y las circunstancias ambientales por las que va pasando el organismo a lo largo de la vida. El fenotipo es diferente según la edad de la persona y los ambientes en que se desarrolle su vida. La educación, por ejemplo, no influye nada en el genotipo, pero puede influir mucho en el fenotipo.

Además, la actuación de los genes es muy variable: hay genes recesivos enteramente anulados por los dominantes; hay genes temperamentales que sólo actúan en determinadas circunstancias; hay genes perezosos que no aparecen hasta cierta época de la vida, etc. Todo esto influye naturalmente en el fenotipo de una persona.

Variaciones de los genes: mutaciones.

Los genes no son completamente estables; experimentan ciertas variaciones en su constitución atómica, que se traducen en una modificación de los caracteres heredados. Estas modificaciones se llaman **mutaciones** y son transmisibles por herencia. Las mutaciones pueden ser espontáneas o provocadas artificialmente por el hombre. Ellas son las que explican la evolución de los organismos.

Hay muchos tipos de mutaciones: puede haber cambios en las partes constitutivas del gen, o faltar parte del mismo o duplicarse o repetirse los juegos de cromosomas, etc.

Se calcula que una célula sexual sobre 100.000 es portadora de una mutación para un gen determinado. Como en las células de la especie humana hay de 10.000 a 20.000 genes, resulta que casi un 10 % o más de las células sexuales llevan alguna mutación.

A las distintas mutaciones de un gen se les denomina **alelomorfos** o **alelos**. También se denomina así a los pares de caracteres **antagónicos**, es decir,

que no pueden darse juntos. Por ej.: en los guisantes, el color verde y amarillo; en los conejillos de Indias, tener el pelo largo o corto, etc.; variantes que son debidas precisamente a la mutación de un gen.

Las mutaciones tienen grandísima importancia genética; a ellas son debidas, sin duda, las características de los animales domésticos y plantas cultivadas, que las diferencian de especies afines silvestres.

Especie y raza: hibridación.

Cuando designamos a los animales, designamos a una especie; esto es, a un grupo de animales o plantas muy semejante entre sí. Así, cuando hablamos del perro designamos a un conjunto de animales parecidos a los perros: esto es, a la especie perro.

No obstante ser muy discutido el concepto especie, diremos que:

- **Especie** es un conjunto de seres parecidos entre sí, que provienen de un tronco común y que son capaces de reproducirse entre ellos indefinidamente.
- **Raza** es un conjunto de individuos de la misma especie, pero que se diferencian por algunos caracteres poco importantes y que son transmisibles por herencia.

Así, dentro de la especie perro hay muchas razas: perro lobo, lebre, galgo, etc. (fig. 21-1).



Fig. 21-1.—Distintas razas de perros.

- **Hibridación** es la reproducción entre individuos de razas distintas o especies distintas; esto último pocas veces es factible. Los descendientes que resultan se llaman híbridos o mestizos.

Desde el punto de vista genético, los individuos de distinta especie suelen tener diferente número de cromosomas en sus células y sus genes son muy distintos. Asimismo, sus proteínas específicas son diferentes y normalmente no hay posibilidad de conjugar y reunir en una célula dotaciones cromosómicas tan diversas: es decir, que la reproducción entre sí no es viable, y si en algún caso lo es, como en el cruce de asno y yegua, el producto (la mula) es infecundo.

Además, la Sistemática actual, desde el punto de vista genético, exige una revisión a fondo, sobre todo en los escalones inferiores: especie y género.

Genéticamente, los individuos que pertenecen a distinta raza tienen el mismo número de cromosomas, pero se diferencian en que los genes homólogos de sus dotaciones cromosómicas son distintos debido a mutaciones. Si hay individuos en los que los alelos de cada par de genes homólogos son completamente iguales, tales individuos son de raza pura, y sus descendientes tienen siempre idéntico fenotipo; es decir, son prácticamente iguales.

Lo normal es que los genes alelos de cada par de cromosomas homólogos sean distintos; el individuo entonces es un híbrido o mestizo. Si sólo difieren en un gen, se denominan monohíbridos; si en dos, dihíbridos, etc.

Los individuos de raza pura se llaman también homocigóticos, y los mestizos, heterocigóticos.

El mendelismo. leyes de Mendel.

El mendelismo es el conjunto de principios y leyes que explican la transmisión de los caracteres biológicos por herencia.

Fueron descubiertos por el agustino moravo Gregorio Mendel, hacia 1866. Durante catorce años experimentó en la huerta del convento, principalmente con guisantes. Sus trabajos y teorías pasaron inadvertidos hasta principios del siglo XX, en que los botánicos Vries, Correns, etc., las pusieron de relieve.

- Para estudiar las leyes de Mendel se cruzan individuos de dos razas puras que difieren en uno o en varios pares de caracteres: por ej.: conejillos de Indias blancos y negros; guisantes de semilla lisa, con otros de rugosa; plantas de flores blancas y plantas de flores rojas...

Los individuos de distintos caracteres que se cruzan forman la generación parental, P. (figs. 21-2 y 21-3).

Los hijos se denominan híbridos y forman la primera generación filial F_1 .

Los hijos de estos últimos forman la segunda generación filial F_2 .

Si los padres (P) sólo difieren en un carácter, los hijos (F_1) se denominan monohíbridos. Si difieren en dos, dihíbridos, etc.

- Las leyes de Mendel suelen reducirse a tres: ley de la uniformidad; ley de la disyunción de los genes antagónicos; ley de la independencia de los genes y su combinación al azar.

1.ª Ley de Mendel: Ley de la uniformidad.

Si se cruzan razas puras, los híbridos de la primera generación filial (F_1) todos son idénticos (tienen igual fenotipo y genotipo).

De ordinario tienen el fenotipo de uno de los progenitores (carácter dominante). El carácter que desaparece, aunque sea momentáneamente, se llama recesivo. Entonces los individuos resultantes se denominan **híbridos unilaterales**.

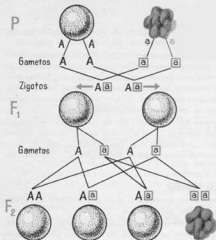


Fig. 21-2.—Cruce de guisantes lisos y rugosos. En la primera generación F_1 todos son idénticos (1.ª ley de Mendel) y lisos (fenotipo unilateral). En la segunda generación F_2 el 75 por 100 son lisos (carácter dominante) y el 25 por 100 son rugosos (carácter recesivo). Los de generación F_1 son híbridos: los genes alelos (Aa) son distintos. En la generación F_2 hay híbridos (Aa) y razas puras (AA y aa).

A veces, cuando los dos caracteres antagónicos tienen la misma potencia, presentan un **fenotipo intermedio**, los híbridos resultantes son **híbridos intermedios**.

Ejemplos: Se cruzan guisantes de semilla lisa con guisantes de semilla rugosa. Resultan todos con semilla lisa (carácter dominante). El carácter rugoso es el recesivo (fig. 21-2).

Si se cruzan cobayas de color blanco con otras de color negro nacen cobayas negras; es el carácter dominante.

En todos estos casos en que hay dominancia los híbridos son **unilaterales**.

En cambio, se cruzan dondiegos de flores blancas con otros de flores rojas; todas las plantas de la generación F_1 tienen flores color rosa (intermedio).

En este caso no hay dominancia, sino equipotencia entre los genes alelomorfos, resultando **híbridos intermedios**.

2.ª Ley de la disyunción de los genes antagónicos o alelomorfos.

Los genes o factores hereditarios antagónicos (carácter liso y rugoso, color blanco y rojo) no se transmiten nunca juntos, sino separados.

Ejemplos: En la segunda generación F_2 , en el caso de los guisantes, los hay lisos y rugosos en la proporción 3 : 1 (75 por 100 del carácter dominante y 25 por 100 del recesivo); de ese 75 por 100, el 25 es raza pura, y el 50 son híbridos (fig. 21-2). En el caso del dondiego, hay flores rojas, flores rosa y flores blancas en proporción 1 : 2 : 1 (fig. 21-3). (Todo esto prueba que los genes antagónicos se han separado.)

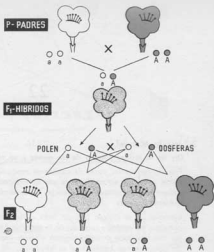


Fig. 21-3.—Cruce de dandeliones de flores blancas con otros de flores rojas. Los híbridos de la primera generación F_1 , son intermedios (no hay dominancia). En la F_2 aparecen de nuevo razas puras (aa) y (AA); los genes alelos se han separado (segunda ley).

Estudio de un caso de monohibridismo intermedio.

El hecho.—Se polinizan flores de dandeliego rojas con polen de otras blancas (razas puras). Se siembran las semillas resultantes y las plantas que de ellas brotan todas tienen las flores de color rosa. Se polinizan entre sí, y en la siguiente generación salen flores rojas, rosas y blancas en la proporción 1 : 2 : 1.

Las rojas polinizadas entre sí dan siempre plantas de flores rojas; lo mismo sucede con las blancas. Las de color rosa se comportan como las de la primera generación de este color (fig. 21-3).

Su explicación.—Llamemos A al gen "color rojo" y a al gen "color blanco" (figura 21-3). Las plantas P de flores rojas tienen en sus anterozoides y sus oosferas el gen A, y las de blancas, el a.

Al cruzarse sólo pueden dar la combinación Aa. Por tanto, todos los híbridos serán iguales (primera ley de Mendel).

Los híbridos (F_1) producen granos de polen o anterozoides con el gen A y otros con el gen a; oosferas, con A, y otras, con a (segunda ley). Entre estas cuatro clases de elementos pueden darse las combinaciones siguientes: AA (rojo), aA (rosa) y Aa (rosa) y aa (blanca). Por tanto, saldrán los tres colores en la proporción 1 : 2 : 1. Las plantas de flores rojas tienen sólo el gen A; son, pues, raza pura, o sea homocigóticas. Lo mismo sucede a las de color blanco. Las de color rosa tienen los genes A y a: son heterocigóticas o híbridas y se comportan como las F_1 .

3.ª ley de Mendel.

Ley de la independencia de los genes y su combinación al azar.

Cuando hay varios pares de caracteres asociados (liso y amarillo por un lado, verde y rugoso por otro), cada gen es independiente y se disocia de su compañero al transmitirse por herencia, combinándose con los demás de todas las maneras posibles.

Ejemplo: Si se cruzan por un lado guisantes de semillas amarillas y lisas, por otro, de verdes y rugosas, en la segunda generación F_2 aparecen ya guisantes con fenotipos amarillo-rugosos y verde-lisos, lo que prueba que los pares de genes se han separado y se han unido de otra forma; eso demuestra que son independientes. (Hay excepciones en que determinados genes van ligados.)

Como en este caso las variedades de guisantes indicadas difieren entre sí por dos pares de caracteres, los productos resultantes serán dihíbridos.

En el caso que acabamos de citar los resultados son los siguientes (fig. 22-1). En la generación F_1 todos los guisantes son amarillo-lisos. En la F_2 hay amarillo-lisos, amarillo-rugosos, verdes-lisos y verde-rugosos en la proporción de 9 : 3 : 3 : 1.

Explicación.—Llamemos A al gen que da el carácter "amarillo"; L, al "liso"; v, al "verde", y r, al "rugoso". Los guisantes de la primera generación filial F_1 tendrán el genotipo ALvr, y como A y L son dominantes, serán todos amarillo-lisos (primera ley).

Al formarse los gametos en las plantas de esta generación se separarán los genes antagónicos (segunda ley); por tanto, habrá anterozoides con factor liso y otro con factor rugoso, y oosferas de ambos tipos.

Pero en virtud de la tercera ley, el gen "liso" no va ligado al "amarillo", ni el "rugoso" al "verde"; por tanto, en los anterozoides y oosferas se darán cuatro clases de gametos masculinos y otros tantos femeninos. AL, Ar, vL y vr, y al combinarse entre sí de todas las maneras posibles darán las 16 combinaciones que se ven en el grabado, llamado cuadrado de Punnett.

En él vemos que hay cuatro fenotipos diferentes: amarillo-liso, amarillo-rugoso y verde-liso (fenotipos nuevos), y verde-rugoso.

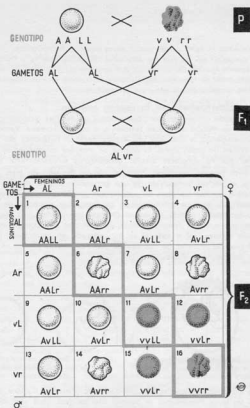


Fig. 22-1.—Cruzamiento de guisantes amarillo-lisos (AL) y verde-rugosos. (vr).

También se aprecia que hay nueve genotipos distintos: los señalados con los números siguientes: 1, (2-5), (3-9), (4-13, 7-10), 6, (8-14), 11, (12-15) y 16.

Los números 1, 6, 11 y 16 son razas puras u homocigóticos; son los de la línea diagonal.

Los números (2-5), (3-9), (8-14) y (12-15) son monohíbridos (heterocigóticos en un par de caracteres).

Los números (4-13) y (7-10) son dihíbridos.

Destaquemos la aparición de cuatro **razas puras** u homocigóticas (las de la línea diagonal) en las que las dotaciones de genes paterna y materna son enteramente iguales. De las cuatro, dos son nuevas.

Y la presencia de híbridos con relación a un carácter o monohíbridos, variedad que tampoco existía entre sus progenitores.

La herencia mendeliana en la especie humana.

Se ha podido comprobar, por observaciones en familias determinadas, que las leyes de Mendel se aplican también a la especie humana. Resulta difícil una investigación, y más aún una experimentación tratándose del hombre, por razones de orden moral. El empleo de métodos estadísticos es también ineficaz por no conocerse árboles genealógicos suficientemente extensos.

Hay otros factores negativos, como el número limitado de hijos en cada familia, el tiempo transcurrido de una generación a otra, etc. Da mejores resultados, aunque los casos de estudio son también muy limitados, la observación en gemelos monozigóticos, es decir, que proceden de un solo óvulo fecundado, partido en dos al dividirse por primera vez (fig. 22-2). Llevan, por tanto, el mismo genotipo. En este caso son dos gemelos enteramente iguales, sobre todo si se han educado en condiciones idénticas. En el caso de proceder de dos óvulos, gemelos heterocigóticos, se parecen como dos hermanos cualesquiera (fig. 22-3).



Fig. 22-2.—Gemelos monozigóticos. Proceden de un solo óvulo, tienen el mismo sexo y son muy semejantes.

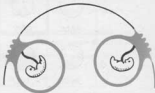


Fig. 22-3.—Gemelos heterocigóticos. Proceden de dos óvulos que se desarrollaron simultáneamente.

Entre los caracteres que se han estudiado en la especie humana y que siguen las leyes mendelianas se pueden citar muchos: unos son normales y otros patológicos. Generalmente, éstos son recesivos sobre sus homólogos normales. Suelen permanecer latentes y aparecen tan sólo en los casos de encontrarse en los dos cónyuges, por tener parentesco próximo. De ahí la nocividad de los matrimonios consanguíneos. Por ejemplo, se ha comprobado que el 23 por 100 de los sordomudos proceden de esta clase de matrimonios.

Son caracteres dominantes:

- ojos castaños u oscuros sobre ojos azules;
- cabellos negros sobre cabellos rubios;

pelo rizado sobre pelo liso;
labios gruesos sobre labios delgados;
pigmentación normal de la piel sobre albinismo, etc.

En el caso del color de la piel, es difícil predecir por no haber dominancia y por existir genes diversos que influyen en la intensidad. Generalmente los hijos de matrimonio entre blanco y negro dan mulatos en la primera generación. En la siguiente las tonalidades varían, y aunque raramente, pueden aparecer el blanco y negro primitivos.

Se da el caso también de existir genes **letales**; es decir, que determinan la muerte del embrión o del recién nacido. Estos genes son siempre recesivos y sólo actúan como letales cuando están repetidos en la dotación cromosómica paterna y materna; tal es el caso de la hemofilia en las mujeres, que estudiaremos más tarde.

Teoría cromosómica de la herencia.

Las leyes mendelianas explican la transmisión de los caracteres hereditarios y tienen vigencia casi general. Hay excepciones que también admiten explicación satisfactoria, partiendo siempre de esta ley general que expresa la teoría cromosómica de la herencia:

Los caracteres hereditarios residen en los cromosomas, y dentro de los cromosomas, en partículas determinadas llamadas genes, localizados a lo largo de ellos. Las células haploides contienen un lote completo de genes, y las diploides, dos lotes emparejados.

Los recientes adelantos de Bioquímica han confirmado esta teoría, descubriendo la naturaleza de los genes, que no son sino porciones, distintas unas de otras, de las largas moléculas del ácido ADN, el famoso ácido nucleico portador de la vida. Y se ha llegado ya a descifrar el mecanismo mediante el cual los genes transmiten sus instrucciones de una célula a otra, para que al fin resulten los caracteres propios de cada organismo.

Una febril actividad reina en todos los laboratorios de Bioquímica de los países más adelantados, que han penetrado ya en lo más intrincado del misterio de la vida. Pero ya no trabajan a ciegas, sino siguiendo una pista segura que ha tomado su punto de partida de la teoría cromosómica de la herencia, lo cual ya no es en realidad teoría, sino hecho real y comprobado. La teoría cromosómica de la herencia, o sea, la localización de los factores hereditarios en los cromosomas, se ve también confirmada por dos excepciones a la segunda y tercera ley de Mendel, y que se llaman, respectivamente, *ligamento entre los genes o linkage* y *entrecruzamiento cromosómico o crossing over*.

La tercera ley de Mendel dice que los caracteres hereditarios que aparecen juntos en una generación son independientes y se disocian al transmitirse; pero se dan casos en que no se separan, sino que se transmiten ligados, como se comprueba con la mosca *Drosóphila*.

Esto se explica admitiendo que los genes de los caracteres hereditarios, en vez de estar localizados en dos cromosomas homólogos, lo están en el mismo cromosoma. Entonces, en la separación de cromátidas que se produce en la meiosis no se separan, por estar en el mismo cromosoma, lo que hace que se transmitan juntos o *ligados*.

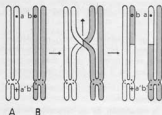


Fig. 22-4.—Esquema de un entrecruzamiento cromosómico. Los cromosomas A y B, cada uno con sus dos cromátidas, pueden entrecruzarse en la meiosis y cambiar un trozo de cromátida. Los genes a y b han cambiado de cromosoma.

Pero a su vez estos caracteres ligados también pueden separarse, como lo ha comprobado Morgan con las experiencias en la citada mosca. La explicación que se ha dado a este hecho es que los cromosomas, al realizarse la mitosis reduccional, se *entrecruzan* y cambian entre sí trozos de cromátidas; lo que hace que los genes que antes estaban en el mismo cromosoma ahora estén en distinto y, por tanto, no vayan ya ligados (fig. 22-4).

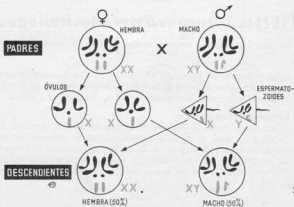
La herencia del sexo.

Si los cromosomas de los gametos son los portadores de los caracteres biológicos que se transmiten a los descendientes, cabe pensar también que serán los causantes de uno de los caracteres más esenciales: el **sexo**.

En efecto, se ha comprobado con multitud de observaciones en caracoles, en la mosca del vinagre (*Drosóphila*) y en otros muchos animales, lo siguiente:

1. Al contar los pares de cromosomas de las células (siempre tienen como número básico n , y como número normal, $2n$), se ve que existen en ellas un par de cromosomas especiales llamados **heterocromosomas** (los demás se llaman autosomas), que son distintos en las células masculinas y femeninas; es decir, pertenecientes a un macho y a una hembra. Por ejemplo, es frecuente que las células de las hembras lleven un par de heterocromosomas rectos, llamados XX, mientras que en las de los machos, uno de los heterocromosomas de la pareja tiene forma de bastón; se designan con las letras XY (fig. 23-1).
2. En el proceso de maduración de los gametos hay una fase en que el número de cromosomas se reduce a la mitad (mitosis reductora). Entonces los dos heterocromosomas se van uno a cada célula.

Fig. 23-1.—Gráfico de la determinación del sexo.



Por tanto, todos los óvulos tendrán un heterocromosoma X; en cambio, en los espermatozoides la mitad llevarán el heterocromosoma X, y la otra mitad, el Y.

3. Al verificarse la fecundación podrán darse las combinaciones que se indican en la figura, es decir:

Ovulo con X + espermatozoide con X = cigoto con XX (hembra).

Ovulo con X + espermatozoide con Y = cigoto con XY (macho).

Las mismas probabilidades hay de que se produzca una pareja que otra. Por tanto, habrá en las generaciones, aproximadamente, el mismo número de machos que de hembras, como se observa en la práctica.

Además de esta forma de presentarse los heterocromosomas (dos iguales, XX, en las células femeninas, y dos desiguales, XY, en las masculinas), llamado tipo *Ligaeus* por el caracol en que se estudió primeramente, hay otra forma en que el heterocromosoma Y ha desaparecido (tipo *Profenor*); pero el mecanismo que explica el sexo es enteramente igual.

La especie humana pertenece al tipo *Ligaeus*, y el heterocromosoma Y es muy pequeño. El que un niño resulte chico o chica se explica enteramente igual que en el caso que hemos descrito.

Los cromosomas en la especie humana.

Desde principios de siglo se venía intentando determinar el número de cromosomas de las células humanas. En 1921, Painter fijó su número en 48. Hasta 1956 se admitió este número como indiscutible. Una determinación más precisa ha fijado su número en 46, de los cuales 44 son autosomas y dos los cromosomas sexuales, iguales en la mujer (XX) y distintos en el hombre (XY) (fig. 23-2). Los cromosomas han sido clasificados y designado cada uno con una letra.



Fig. 23-2.—La dotación cromosómica humana: 22 pares de autosomas y la pareja de heterocromosomas.

Se ha encontrado en algún caso 47 cromosomas. Este cromosoma excedente provoca una grave enfermedad, llamada mongolismo, especie de idiotez que se caracteriza por ojos oblicuos, cara aplastada, retraso físico y mental.

La herencia ligada al sexo.

Al estudiar en la especie humana la herencia de diversas afecciones fáciles de observar, como el **daltonismo** (imposibilidad de distinguir los colores complementarios, rojo y verde), la **hemofilia** (no se coagula la sangre y no se pueden cortar las hemorragias), la ceguera nocturna, la ichtiosis histrix (enfermedad de la piel en que se producen escamas espinosas), etc., se

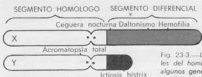


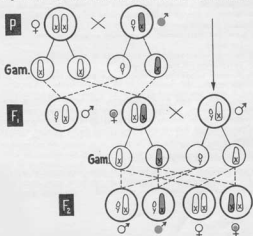
Fig. 23-3.—Los dos cromosomas sexuales del hombre con la localización de algunos genes productores de afecciones hereditarias.

ha visto que no se cumplen leyes de Mendel, sino que se transmiten de una manera enteramente distinta.

En el caso del daltonismo y de la hemofilia, la enfermedad afecta sólo a los varones y nunca (salvo rara excepción) a las mujeres. En cambio, los hijos varones de los daltónicos y hemofílicos son sanos y no tienen normalmente tarados entre sus descendientes. Lo que prueba que la enfermedad se transmite por las mujeres y se manifiesta sólo en los hombres, o sea, se transmite del abuelo al nieto por intermedio de la madre. En estos casos se dice que la herencia está ligada al sexo.

¿Cómo se explica este fenómeno por la teoría de los genes? Admitiendo

Fig. 23-4.—Transmisión del daltonismo: caso en que la madre es sana y el padre es daltónico. En la primera generación, F_1 , los hijos varones son sanos; las hijas llevan uno de los cromosomas X tarado; no se manifiesta la enfermedad, pero son "conductoras". Si se casan con un hombre sano, transmitirán ese cromosoma X tarado a sus hijos, que resultarán daltónicos, y a sus hijas, que resultarán "conductoras". En color, cromosoma X con el gen causante del daltonismo, varones tarados y hembras portadoras.



que el gen o genes que transmiten estas enfermedades se hallan en los heterocromosomas; en el caso del daltonismo y hemofilia, en el heterocromosoma X. Veamos la explicación (figs. 23-3 y 23-4).

Para que el hombre sea daltónico basta que su único cromosoma X lleve el gen de la enfermedad; para la mujer será necesario que lo lleven los dos cromosomas XX.

Los hijos varones de un daltónico y de una mujer normal reciben el cromosoma X de su madre; por tanto, no tienen la enfermedad. En cambio, las hijas reciben uno de los dos cromosomas X de su padre, luego llevan la enfermedad, aunque no se manifieste, por ser recesiva. Pero cuando sean madres, a la mitad de sus hijos les transmitirán el cromosoma afectado y serán enfermos aunque el padre sea sano. La madre ha sido, pues, "conductora".

Los hijos varones de padre daltónico y madre "conductora" reciben el cromosoma X de su madre. Como la mitad de éstos está tarada, la mitad de los hijos varones serán daltónicos (pero por su madre, no por su padre, que fenotípicamente es el enfermo). De las hijas, la mitad reciben la enfermedad del padre y de la madre a la vez; serán daltónicas: la otra mitad, sólo del padre, serán "conductoras".

En la hemofilia, el mecanismo de la transmisión de la enfermedad es enteramente igual. Únicamente que no puede darse el caso de hijas hemofílicas por serlo su padre y ser "conductora" su madre; en tales casos teóricos, el cigoto no es viable por ser el gen letal.

Al hablar de anomalías hereditarias, tampoco hay que olvidar que los genes responsables de la herencia mendeliana sólo tienen un papel de catalizadores. La materia plástica de donde proceden los caracteres del organismo en formación es el citoplasma.

En la realidad intervienen varios elementos en el modelado de un organismo:

- 1.º Los genes.
- 2.º La situación topográfica de las células en el organismo.
- 3.º La influencia del medio ambiente.
- 4.º El medio histológico y humoral, que provoca reacciones modificativas de importancia.

Se dan casos en que en el citoplasma hay también factores hereditarios como en el núcleo, pero los casos encontrados son muy raros. En cambio, la influencia de los factores del núcleo es decisiva y contribuye a modificar los caracteres que determinan la variabilidad de las especies animales y vegetales.

La herencia de los grupos sanguíneos.

La transmisión por herencia de los grupos sanguíneos sigue las leyes de Mendel y su conocimiento es importante en Medicina legal, pues permite en determinados casos averiguar la paternidad o maternidad puesta en duda.

Como hemos dicho anteriormente, hay cuatro grupos sanguíneos fundamentales: El **AB, A, B y O**.

Estos grupos están determinados por la presencia de los **aglutinógenos A y B** en los hematíes y por las **aglutininas α y β** en el plasma.

Desde el punto de vista genético, los aglutinógenos A y B están controlados por una pareja de alelos (designados con la letra L en honor de su descubridor, Landsteiner), L^A y L^B . En el grupo O aparece un tercer alelo, el I , que es recesivo respecto de los otros.

Así, pues, tendremos el siguiente cuadro:

Grupo AB:	aglutinógenos, A y B;	aglutininas, ninguna;	genes, $L^A L^B$
Grupo A:	" A "	" β "	$L^A L^A$ o bien $L^A I$
Grupo B:	" B "	" α "	$L^B L^B$ o bien $L^B I$
Grupo O:	" O "	" $\alpha \beta$ "	$I I$

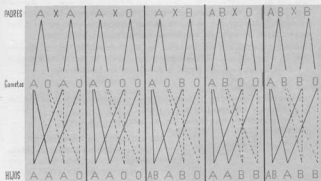


Fig. 23-5.—Herencia de los grupos sanguíneos al cruzarse individuos de diversos grupos.

En la figura 23-5 se ven algunos de los resultados del cruce entre individuos de los distintos grupos sanguíneos. Si los padres son del grupo A sus hijos serán también del grupo A (75 por 100) o del O. Si son del grupo B sucede otro tanto. Si son del grupo A y del cero, sus hijos serán la mitad del grupo A y la mitad del O, etc.

Fácilmente se ve en el gráfico que si los padres son del grupo O, los hijos no pueden ser del grupo A, ni del B, ni del AB; que si son del grupo A, los hijos no pueden ser del B ni del AB, etc.; consecuencias que tienen su interés en medicina legal.

También es interesante la herencia del factor **Rh** de carácter dominante, y que se trasmite según las leyes mendelianas. Las consecuencias las veremos en el capítulo 25.

ELEMENTOS DE BACTERIOLOGIA Y VIROLOGIA

Microbios y microbiología.

Se llaman microbios a todos los seres vivos de tamaño muy pequeño (menos de 1 mm.) y que sólo son visibles mediante el microscopio. Es un grupo de seres convencional y no sistemático.

Son muy abundantes en la Naturaleza y su importancia es cada día mayor; no sólo por ser los productores de la mayor parte de las enfermedades, sino por su aprovechamiento cada día más eficaz en Medicina, en Agricultura y en la Industria, como elementos indispensables en la elaboración de multitud de productos necesarios para el hombre, como alimentos o medicinas: basta recordar las numerosas fermentaciones industriales.

La ciencia que estudia los microbios es la *Microbiología*, que comprende diversas especialidades: *Bacteriología*, o estudio de las bacterias; *Virología*, o estudio de los virus; *Micología*, o estudio de los hongos, etc.

Clases de microbios.

Los microbios pertenecen a cuatro grupos sistemáticos: Protozoos (animales), Hongos y Bacterias (plantas) y Virus.

Los dos grupos más importantes son las Bacterias y los Virus.



Las bacterias: su morfología.

Las bacterias son plantas unicelulares, de muy pequeño tamaño, desprovistas de clorofila y con la particularidad de no presentar diferenciación clara en su protoplasma, entre citoplasma y núcleo.

El tamaño de las bacterias está comprendido entre 0,1 micra, que lo presentan algunos micrococos, y el de 400 micras, propio de algunos espirilos. El diámetro medio de ellas, sin embargo, oscila alrededor de una micra. Este tamaño tan insignificante es un gran ostáculo para su estudio.

Fig. 24-1.—Louis Pasteur (1822-1895). Eminente sabio francés, considerado como el creador de la Bacteriología.

La **Bacteriología** es la ciencia que estudia las bacterias en los múltiples aspectos que éstas presentan: morfología, constitución química, fisiología y ecología.

Morfología externa.

Las bacterias se nos presentan bajo tres formas principales: **esférica, cilíndrica o en bastoncillos y en espiral o helicoidales**. Se llaman, respectivamente (fig. 24-2):

- Las esféricas: **cocos**.
- Las cilíndricas: **bacilos**.
- Las espirales: **espirilos**.

● Los **cocos** pueden ser:

- **Diplococos**: si se dividen según un solo plano y quedan unidos de dos en dos.
- **Estreptococos**: como los anteriores, pero quedan formando rosarios.
- **Estafilococos**: se agrupan en forma de racimos.
- **Gafkias**: si quedan como metidos unos en otros.

También pueden ser:

- **Micrococos**: se dividen según dos planos y quedan formando masas irregulares.
- **Sarcinas**: se dividen en tres planos y forman masas cúbicas.

● Los **bacilos** (del latín *bacillus* — bastón) tienen forma **cilíndrica**. Pero presentan muchas variedades. Pueden ser cortos o largos, fusiformes, filamentosos, ramificados, etc. Sobre todo, es interesante la presencia o ausencia de cilios.

● Los **espirilos** se denominan según los casos (figura 24-2).

- **Espiroquetas**: son flexibles y forman varias espiras completas.
- **Espirilos**: son más rígidos y tienen una o más vueltas de espira.
- **Vibrios**: son cortos, en forma de coma, y tienen menos de una vuelta de espira.

● Es preciso señalar que tanto el **tamaño** como la **forma** de las bacterias varían según sean los **factores ambientales**. Unas veces serán sólo modificaciones pasajeras. Otras, perdurarán durante toda la vida del individuo, e incluso se discute si perdura con la especie.

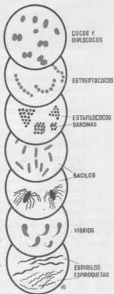


Fig. 24-2. — Diversas formas de las bacterias.

Estructura de las bacterias.

En las bacterias, de fuera a adentro, podemos distinguir diversos elementos constitucionales, que vamos a estudiar:

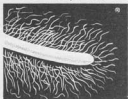


Fig. 24-3

— **Flagelos.** En muchas bacterias se han podido ver flagelos o cilios semejantes a los existentes en otros grupos de seres (fig. 24-3).

Para poderlos observar es preciso teñirlos.

Hay bacterias que están rodeadas de flagelos (*flagelos peritricos*); otras que sólo los tienen en un extremo (*flagelos polares*).

— **Cápsula.** Con frecuencia, las bacterias están envueltas en una cápsula o capa mucilaginosa (fig. 24-4).

La cápsula tiene en todos los casos **finalidad protectora**. En ambientes adversos se observa con frecuencia, mientras que desaparece en los tubos de ensayo, en cultivos con condiciones favorables. A veces no se ven las cápsulas más que en material patológico.

— **Cubierta celular.** Fuera de la membrana celular, las bacterias tienen a veces una cubierta externa que se encuentra dentro de la cápsula.

Está formada por hidratos de carbono y es semipermeable, permitiendo la alimentación y la excreción.



Fig. 24-4

— **Membrana citoplasmática.** Como células que son, las bacterias tienen una membrana citoplasmática muy fina, que se aprecia en el fenómeno de plasmolisis: el citoplasma se encoge como si estuviese todo él rodeado de una finísima membrana.

— **Citoplasma.** Es ya, propiamente, **materia viva**. Como en todas las células, es un compuesto **acuoso-viscoso**, cuya fluidez depende de las especies y de los factores ambientales.

Se encuentra en estado coloidal.

— **Núcleo.** Se supone su existencia, pues se precisa en la célula alguna estructura que presida las funciones reproductoras y que contenga los factores hereditarios, pero no se sabe si existe realmente.

Tal vez más aceptada es la teoría de que las bacterias presentan un **núcleo difuso**, es decir, distribuido por todo el citoplasma.

Resumiendo.

En la estructura de las bacterias se aprecian los siguientes elementos:

- el protoplasma con núcleo difuso,
- la membrana citoplasmática,
- una pared o cubierta celular formada por hidratos de carbono,
- a veces una cápsula mucosa de protección
- y flagelos o cilios con finalidad motora.

Colonias.

Interesa en la morfología bacteriana, no solamente la estructura y forma de un individuo aislado, sino también la morfología de la **colonia** de la que forma parte.

Una **colonia** de bacterias es la asociación de aquellas que crecen al mismo tiempo y en el mismo sitio (fig. 24-5).

Pueden ser:

- **Enanas:** su tamaño las coloca en el límite de la visibilidad a simple vista.
 - **Gigantes:** alcanzan 5-6 cm. de diámetro: se obtienen en placas de Petri.
 - **Hijas:** en la colonia madura se ven a veces salientes o prolongaciones: son las colonias hijas.
- También pueden ser: lisas, rugosas, mucoides, etc.



Fig. 24-5.—Diversos tipos de colonias: C. A., colonias productoras de antibióticos; impiden el desarrollo de otras bacterias. C. L., colonias lisas. C. R., colonias rugosas. C. M., colonias mucoides con colonias hijas.

La reproducción bacteriana.

La reproducción bacteriana puede ser:

- **Por división directa:** Se dividen diametralmente en el caso de los cocos y transversalmente en la mayoría de los casos restantes, con tal rapidez, que se calcula que, en tres días, una sola bacteria puede dar origen a medio millón de ellas y aún a muchas más. El bacilo del cólera se divide cada 20 minutos, lo que origina millones y millones de individuos en un día. Es decir, que un día para las bacterias es como muchos siglos para el hombre.
- **Por esporas:** Cuando las condiciones ambientales son adversas, las bacterias se transforman en esporas, es decir, se encierran en una cápsula resistente y pueden vivir vida latente durante mucho tiempo. Al encontrarse de nuevo en condiciones favorables se adelgazan las paredes de la cápsula y sale la bacteria en estado adulto, reproduciéndose por división.

En realidad la espora es más un sistema de pervivencia y propagación (las esporas son dispersadas fácilmente por el aire) que de reproducción.

Acción de los agentes externos sobre las bacterias.

Las bacterias son muy sensibles al medio ambiente. Por medio de él se

puede conseguir fácilmente su desarrollo o destrucción según sean beneficiosas o patógenas. Los factores ambientales de más importancia son:

- **El oxígeno:** unas lo necesitan y otras no, determinando, por tanto, su existencia y diferenciándolas en aerobias y anaerobias.
- **El color:** al que son muy sensibles. Muchas de ellas mueren a temperaturas de más de 60°. Hay algunas que resisten en estado de espora hasta 120°. En el calor se basan los métodos de pasteurización y esterilización. Las temperaturas frías las resisten mucho mejor, aunque se ven precisadas a formar esporas de resistencia. La temperatura óptima para muchas bacterias es la de 20°, y para las especies patógenas del hombre, la de 37°.
- **La humedad:** Las bacterias viven siempre en medios líquidos o por lo menos húmedos; la sequedad las mata o las obliga a pasar al estado de espora.
- **La oscuridad:** La luz les es casi siempre desfavorable y los rayos directos del sol les causa la muerte debido, sobre todo, a los rayos ultravioletas. El aire puro (en cuanto fortifica a los seres vivos de los que son parásitos) y el sol a raudales, son los mayores enemigos de las bacterias.
- **Los agentes químicos:** Hay numerosas sustancias bactericidas que se emplean como desinfectantes: agua oxigenada, alcohol, yodo, etc. Hay otras, como las **sulfamidas** y los antibióticos que son **bacteriostáticas**, es decir, que paralizan el desarrollo de las bacterias.

Tipos biológicos de bacterias.

Por su modo de vivir y de alimentarse, podemos dividir las bacterias en autótrofas (pocas) y heterótrofas. Estas pueden ser simbióticas, parásitas, saprófitas, cimógenas, etc.

- **Simbióticas:** Se asocian a otros vegetales o animales con beneficio mutuo. Ej.: el *Rhizobium leguminosarum*, que vive en las nudosidades de las raíces de las leguminosas y fija el nitrógeno del aire; las que viven en el intestino del hombre y de muchos animales, especialmente los herbívoros (caballo, buey, etc.), haciendo posible la digestión de muchas sustancias. Son verdaderos auxiliares de la digestión. Determinados medicamentos que destruyen esta microflora pueden causar graves trastornos.
- **Bacterias parásitas** son aquellas que viven sobre seres vivos de los que extraen su alimento. De ordinario, como resultado de su metabolismo, originan toxinas o venenos, causantes de graves trastornos en el huésped. Son las más perjudiciales, ya que causan las enfermedades infecciosas, de tan graves consecuencias en los seres vivos. Se estudiarán en capítulo aparte.
- **Saprófitas:** Son las bacterias que viven sobre sustancias orgánicas en descomposición, ocasionada por ellas mismas por medio de enzimas. Su utilidad es suma, ya que son las encargadas de poner de nuevo en circula-

ción los materiales de la vida (C, O, N...) que yacen inactivos en los cadáveres, para que puedan, de nuevo, formar parte de otros seres vivientes. Piénsese lo tétrica que sería la tierra sin estas bacterias. Cadáveres y más cadáveres de hombres, animales y plantas permanecerían a flor de tierra por doquier.

Las bacterias actúan segregando enzimas o diastasas que producen multitud de reacciones químicas.

Cuando actúan sobre los hidratos de carbono, produciendo su descomposición y desprendiendo gases (CO_2), se originan las **fermentaciones**.

Hay, sin embargo, fermentaciones en sentido amplio, sin producción de gases; en ellas se originan ácidos, como el láctico, butírico, acético...

Si se descomponen las proteínas, el fenómeno se denomina **putrefacción**; se desprenden gases malolientes, entre ellos sulfhídrico y amoníaco y otros.

Como caso especial, puede citarse la acción bacteriana en condiciones de anaerobiosis, en el que se desprende **metano**, como sucede en el fondo de los pantanos.

Citaremos algunos casos de fermentaciones bacterianas utilizadas industrialmente por el hombre y de gran interés para la elaboración sobre todo de productos alimenticios.

En la elaboración de la **mantequilla** intervienen diversos *Streptococcus* que le dan el aroma característico.

En la elaboración del **yogourth** actúan diversos bacilos lácticos llamados fermentos búlgaros.

El **kefir**, resulta también de la fermentación láctica y acética de la leche.

Las diversas clases de **quesos** están determinadas, casi siempre, por bacterias que actúan en su coagulación y maduración.

El **vinagre** está producido por la fermentación del vino causada por la bacteria *Acetobacter*.

En la obtención de **fibras textiles** (cáñamo, lino, yute...) se separan éstas

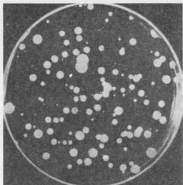


Fig. 24-6.—Colonias de bacterias que crecen sobre una placa de Petri, procedentes de gérmenes que hay en el aire. La mayoría son inofensivas.

de los tallos donde se encuentran por la acción de bacterias que destruyen la pectina.

En la misma fabricación de las **bebidas alcohólicas, del pan, etc.**, intervienen junto a los hongos *Saccharomyces*, diversas bacterias.

La fabricación del **butanol, butanodiol, ácido láctico, etc.**, se realiza por fermentaciones bacterianas.

El **heno fresco** conservado en los silos, la **chucruta**, col fermentada utilizada en Centroeuropa como alimento, sufren la fermentación láctica, debida a un *Lactobacillus*.

Los virus:

Los **virus son seres**, en su mayoría, **ultramicroscópicos** (figs. 24-7 y 8). Su tamaño oscila entre 15 y 100 milimicras (figura 24-8). Esto hace que sólo puedan ser observados, en su mayoría, por el microscopio electrónico, y que además sean filtrables a través de filtros de porcelana, que retienen a las bacterias.

Pueden ser de forma bacilar, esférica o poliédrica.

Propiedades y clasificación.

El **carácter fundamental** es la impotencia para vivir en medios inertes.

Los virus exigen, para su desarrollo, vivir dentro de tejidos o células vivas.

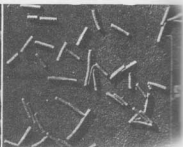
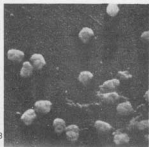
Por esta razón se les define como **parásitos obligados**, que necesitan siempre un huésped sobre el cual vivir.

Suelen clasificarse en:

- **Virus vegetales:** parasitan tejidos vegetales. Se ha conseguido extraerlos puros y cristalizados.
- **Virus animales:** parasitan tejidos animales. No se ha conseguido cristalizarlos.
- **Bacteriófagos:** parasitan bacterias.

Fig. 24-7.—Micrografía electrónica de virus a 15.000 aumentos.

Fig. 24-8.—Virus vegetales: el que produce el "mosaico del tabaco" a 40.000 aumentos.



El problema fundamental de los virus es determinar si son seres vivos o no. Para algunos investigadores —los más— todos los virus son seres vivos. Para otros, los virus animales son seres vivos, mientras que los virus vegetales no lo son, porque cristalizan, carácter propio del mundo inerte. Para otros son orgánulos celulares: mitocondrias, microsomas, genes...

Parece ser que son organismos vivos, puesto que ofrecen una de las características fundamentales de la vida, como es la reproducción.

Sin embargo, la multiplicación de los virus, que es indiscutible, presenta mecanismos que no son completamente claros. Se ha llegado a interpretar la multiplicación al modo de la formación de cristales en el seno de las soluciones sobresaturadas. Esto último, sin embargo, parece muy poco probable en el caso de los virus.

Por último, los virus no se los puede clasificar como animales ni como plantas. Se ha creado para ellos una nueva clase, la de los *Microfotobiotos*, que abarca los virus y las rickettsias.



Fig. 24-9.—Tamaño comparado de bacterias y virus.

Composición química.

El estudio de la composición química de los virus presenta obstáculos serios por la dificultad de obtenerlos puros. Esto es necesario para su estudio, ya que de no obtenerlos puros, no sabemos si analizamos los virus o las células que parasitan. Salvadas estas dificultades, se ha visto que los virus se componen de una parte proteica y de ácido desoxirribonucleico. Su composición es similar a la de los genes.

Posiblemente, los virus más primitivos se hallan formados por ARN y proteínas.

Cultivo de bacterias.

Hasta mediados del siglo pasado se creía en la generación espontánea.

Pasteur, sabio francés, demostró que no existía tal generación espontánea, y que todo ser vivo proviene de otro ser vivo idéntico a él. Fue también Pasteur el que inició el cultivo artificial de las bacterias para tenerlas a mano y realizar toda clase de experiencias y estudios sobre ellas.

Al cultivar las bacterias hay que tener presente:

- El medio de cultivo; es decir, una sustancia alimenticia donde se desarrollan las bacterias. Debe realizarse la esterilización absoluta del medio de cultivo, recipientes y utensilios.
- La obtención de cultivos puros.
- La identificación de las bacterias...

1.º Medios nutritivos para el cultivo de bacterias.

Pueden ser líquidos o sólidos y deben contener los elementos que utilizan las bacterias para su nutrición: agua, sales, materia orgánica.

Entre los **medios líquidos** se pueden citar: **el caldo de carne** obtenido de la maceración de carne picada tenida en el agua unas veinticuatro horas. Se le añade 1 por 100 de peptonas, 1/2 por 100 de cal y 1 por 100 de glucosa; al líquido exprimido se le hierve. También se utiliza caldo de legumbres, leche, suero sanguíneo, etc. Los **medios líquidos** son apropiados para el estudio de las sustancias que segrega las bacterias.

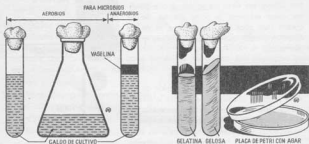


Fig. 24-10.—Medios de cultivo líquidos y sólidos.

Para observar las bacterias son preferibles los **medios sólidos**: la **gelatina**, la **gelosa** o **agar**, trozos de zanahoria o patata, etc. Para obtener un medio gelatinado se añade al caldo de carne un 8 al 10 por 100 de gelatina en caliente y se deja enfriar. La gelatina funde a 25°.

Para bacterias que se cultivan a la temperatura del cuerpo humano hay que incorporar al caldo líquido un 2 por 100 de agar, que se licúa a 70°. También son prácticos para el cultivo en sólido, trozos de zanahoria o patata previamente cocidos.

Los caldos sólidos tienen la gran ventaja de que permiten obtener cultivos puros, ya que cada tipo de bacterias forma sus colonias, las cuales se distinguen fácilmente.

Los recipientes y utensilios de cultivo deben estar esterilizados en hornos

adecuados o autoclaves Chamberland a 120°. Los tubos y placas de Petri se tapan para evitar que caigan los infinitos gérmenes del aire.

2.º La siembra de bacterias.

Se realiza así: Se pasa por la llama el cuello del recipiente para destruir los gérmenes que haya. Se destapa e introduce una gota del líquido que contiene las bacterias, bien sea con jeringuilla o con pipeta; o simplemente con un hilo de platino enmangado y previamente esterilizado (fig. 24-11).

Se tapona de nuevo el recipiente y se coloca en una estufa de cultivo a 37°, o la temperatura que convenga.

3.º Cultivos puros.

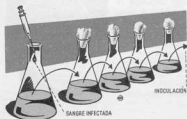
Los caldos de cultivo sólidos permiten separar las distintas especies microbianas que suelen desarrollarse juntas y obtenerlas puras para su ulterior estudio. La operación se realiza así (figura 24-12): Dispuestos una serie de recipientes con caldo de cultivo formado de gelatina líquida, se vierte en el primero un cm³ del líquido que contiene los gérmenes, se agita y al momento se toma otro cm³ del líquido resultante para pasarlo al segundo recipiente. Y así sucesivamente. Al llegar al último, es casi seguro que sólo hay una especie microbiana. Este procedimiento se denomina **repicado**.



Fig. 24-11.

Cada especie de bacterias se desarrolla en la superficie gelatinosa, formando colonias. Se toma de cada una unas trazas con el hilo de platino y se siembra en placas de Petri o en otros recipientes para obtener con seguridad cultivos puros (fig. 24-13).

Fig. 24-12.—Cultivo de bacterias por repicado para obtener especies puras.



4.º Reconocimiento de las bacterias.

Interesa mucho, sobre todo, cuando se trata de bacterias patógenas. Se emplean varios métodos, que se completan:



Fig. 24-13.—
Cultivos puros en tubos de ensayo.

- a) Observación microscópica: revela el tipo general de las bacterias. La observación se realiza mejor por el método de la **gota pendiente**: se coloca una pizquita del cultivo y se tapa la unión con vaselina para evitar la evaporación. Previamente se requiere la tinción de las bacterias.

Se emplea mucho el **método de Gram**, utilizando el violeta de genciana y la safranina.

Se llaman bacterias **Gram-positivas** las que no pierden el color violeta al tratarlas con una mezcla de alcohol y acetona. Y **Gram-negativas**, si quedan con el color rojo de la safranina.

- b) El examen de las colonias obtenidas sobre medios sólidos: cada colonia tiene sus características de forma, color, tamaño, etc.

- c) La inoculación a animales de experimentación: cobayos, ratas, conejos. Generalmente se les instila una gota en el ojo, o se les inyecta bajo la piel o en una vena y se ve sus efectos. En caso de muerte se hace la autopsia, observando los órganos afectados.

Cultivo de virus.

La característica de los virus, lo mismo que las rickettsias, es que sólo se desarrollan en el interior de células vivas. Por eso se emplean como medios de cultivo, sobre todo, embriones de pollos en fase de incubación (fig. 24-14). Para inocular los gérmenes se recorta, mediante aparatos adecuados, un pequeño disco de cáscara, que se separa. A través de la telilla se inyecta el líquido que contiene los virus. El procedimiento es más complicado cuando se quiere inyectar en un órgano determinado del embrión.

Se tapan con un plástico los orificios practicados y se sigue la incubación.

Se aplica también el procedimiento del repicado para obtener cepas puras de virus.



Fig. 24-14.— Inoculación de virus en un embrión de pollo.

Acción de los microbios patógenos.

Microbios patógenos son los microbios que causan enfermedades.

El microbio es casi siempre parásito y actúa sobre el organismo, más que por el debilitamiento que produce al vivir a sus expensas, por la acción química de sus toxinas que se extienden mediante la sangre por todo el cuerpo.

Las toxinas son productos del metabolismo celular. Pueden ser endotoxinas (si quedan dentro del microbio) y exotoxinas (si son segregadas al exterior). Estas son más activas pero menos frecuentes.

Otras veces destruyen las células o estropean órganos completos. Por ejemplo: el bacilo de la tuberculosis destruye zonas de los pulmones formando cavernas.

A veces también impiden la alimentación de las células. Por ejemplo, el bacilo del carbunco se apodera del oxígeno e impide la respiración de las células.

Se da el caso también de estimular la actividad celular, como sucede con el bacilo de la lepra, que origina los lepromas; la proliferación de leucocitos en las infecciones, etc.

La infección.

Se entiende por infección la invasión de un organismo por un microbio patógeno.

Puede ser local o general, según que se localice en un punto (infección de una herida) o se generalice por todo el cuerpo. Entonces se llama septicemia. La invasión puede realizarse por vía digestiva, sobre todo por el agua y las bebidas; por vía respiratoria, como sucede con la tuberculosis; por inoculación, como es el caso del paludismo, inyectado por un mosquito, y por contacto, como sucede en la infección de las heridas (fig. 24-15).



Fig. 24-15.

PRACTICAS

1.º Bacterias del heno.

Materia: Heno, vaso de precipitados u otro recipiente apto para hervir el agua, filtro, microscopio de más de 1.000 aumentos.

Práctica: Se hierve un puñado de heno en el agua. Se filtra y el líquido resultante se deja durante unos días a temperatura ordinaria (unos 15°). Se cubre de una telita transparente que luego se va al fondo.

Se examina al microscopio una gota del líquido, con fuerte aumento e iluminación reducida. Se ven moverse unos bastoncitos de unas cinco micras de largo; es el bacillus subtilis o bacilo del heno. Se multiplica por divisiones sucesivas y se agrupa

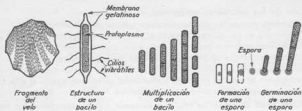


Fig. 24-16.

en cadenas, constituyendo el velo (fig. 24-16). A los 35° y con alimento abundante, se dividen cada media hora. A este ritmo originaría 100 trillones de descendientes en catorce horas y un volumen de bacterias como el de la Tierra en tres días. Por fortuna, fallan muchos factores, que impiden esta fantástica multiplicación. Si las condiciones son desfavorables forma esporas (fig. 24-16).

Coloración: Es conveniente colorear las bacterias para poder observarlas mejor. Se deja caer una gotita de cultivo sobre un porta. Se deja secar, luego se fija pasando varias veces el porta por la llama de un bunsen. En seguida se colorean dejando caer sobre la preparación una gota de azul de metileno, que actuará durante dos o tres minutos. Se lava en seguida con un chorrito de agua y se seca con papel de filtro.

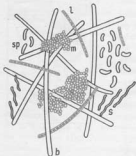


Fig. 24-17.—b: Bacterias del sarro dental.—sp: *Spirillum putigenum*. l: *Leptotrix buccalis*.—m: micrococos.—s: *Spirochoete dentium*.

2.º Bacterias del sarro dental.

Práctica: Se toma mediante un mondadientes un poco de sarro dental y se diluye en una gota de saliva. Se coloca sobre un porta y se cubre. Se observará un gran número de bacterias (figura 24-17) si se utiliza un aumento superior a mil diámetros. Las más abundantes son las señaladas en el gráfico. Para que la observación sea más fácil, conviene teñir la preparación. Con la solución yodo-yodurada se colorean de violeta los *Leptotrix buccalis*. Con azul de metileno aparecen coloreadas otras varias especies.

ELEMENTOS DE INMUNOLOGIA**Las defensas naturales contra la infección microbiana.**

Si el organismo no tuviera poderosas defensas contra las invasiones microbianas, estaríamos continuamente enfermos. Estas defensas naturales pueden ser externas e internas.

Defensas externas. Son principalmente la piel, que es el muro protector de todo el organismo, y las mucosas que defienden las vías naturales de entrada al interior de la fortaleza.

La piel está formada por numerosas capas de células córneas que impiden el paso a todos los microbios. Si alguno se introduce entre ellas es desprendido por la descamación constante. Una herida, es decir, un corte en la piel, es, en cambio, un foco de infección, una brecha en la muralla que defiende el organismo.

Las mucosas por el mucus que segregan filtran el aire, si se trata de las vías respiratorias; y en todo caso, gracias al gran poder microbicida de los líquidos que segregan, impiden toda invasión microbiana.

Defensas internas. Si por el motivo que sea la penetración microbiana en el organismo se ha verificado, entran en juego dos poderosos medios de defensa interna: la fagocitosis y las antitoxinas.

La fagocitosis es la acción propia de determinadas células de englobar con sus pseudópodos y digerir a todos los microbios o células extrañas que encuentran en el organismo.

Los primeros que realizan esta operación son los glóbulos blancos de la sangre, linfa y plasmas, atraídos hacia los microbios por quimiotactismo.

Después intervienen los innumerables fagocitos del sistema retículo-endotelial que se hallan en los endotelios, tejido conjuntivo, médula ósea, ganglios, etc.

Las antitoxinas o anticuerpos son muy numerosas y específicas para cada clase de bacterias. Están segregadas por las células en general y en particular por las células de defensa. Su misión es neutralizar las toxinas de los microbios invasores.

Antígenos.

Antígeno es toda sustancia que, incorporada al organismo animal de modo adecuado, provoca en él un estado cualquiera de inmunidad.

Hay que tener presente que toda sustancia extraña introducida en el organismo provoca una reacción de éste. Sobre todo, si se trata de sustancias solubles, principalmente proteínas y microorganismos irritantes, como son las bacterias; entonces la reacción no es local, sino de todo el organismo. Los tejidos y la sangre sufren notables cambios, encaminados a expulsar y destruir las materias extrañas. La reacción produce con frecuencia fiebre y deja una huella duradera, un cambio incluso vitalicio; el organismo se ha cargado de anticuerpos y ha quedado en estado de **inmunidad**.

Los antígenos presentan las siguientes características:

- a) Los efectos que producen los antígenos dependen de **determinadas sustancias** y no directamente de seres vivos.

Es verdad que se puede conseguir la inmunización por medio de células vivas o muertas, pero el que **siempre** se pueda conseguir el mismo efecto con sustancias aisladas, hace suponer que es a estas últimas a quienes se debe el fenómeno.

- b) Los **antígenos** realizan **dos funciones**:

1.ª **Formar anticuerpos** por su propio estímulo.

2.ª **Reaccionar con esos anticuerpos** cuando penetran por segunda vez en el organismo.

- c) La mayor parte de los antígenos son **proteínas**.

Lleva esto a la suposición de que el fenómeno de inmunización es debido a ellas.

Se observa, por otra parte, que pueden actuar como antígenos proteínas de origen animal y vegetal, o bien, procedentes de virus.

Anticuerpos.

"Son sustancias dotadas de la capacidad de reaccionar específicamente con el antígeno causante de la inmunización."

Fig. 25-1.—Una imagen de cómo el anticuerpo se acopla al antígeno y lo anula.



Los anticuerpos presentan las siguientes características:

- La **cantidad de anticuerpos** que se forman a consecuencia de la incorporación del antígeno, es un múltiplo muy alto de la cantidad de antígeno administrado.
- La **vida media** de un anticuerpo es de veinte días. Sin embargo, se descubren anticuerpos al cabo de meses, e incluso años. Esto quiere decir que el antígeno *no tiene como efecto inmediato la formación del anticuerpo*, sino el desatar un proceso que concluye en la formación de anticuerpos.
- Se ha probado que la formación de anticuerpos no se verifica en la sangre, sino en las células.

Naturaleza de los anticuerpos.

Los anticuerpos son globulinas y son muy similares a las globulinas o plaquetas de la sangre, en el aspecto físico y químico. La diferencia está en que los anticuerpos son **altamente específicos** con el antígeno. Es decir, que sólo se manifiestan y actúan con el antígeno que los ha provocado.

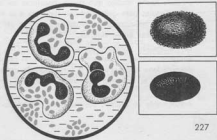
No se han podido ver al microscopio ni apreciar por análisis químicos; actúan a la manera de enzimas.

Distintas clases de anticuerpos.

Hay distintos tipos de anticuerpos según su manera de reaccionar:

- **Antitoxinas:** reaccionan con las toxinas y neutralizan sus efectos; generalmente se produce un precipitado o floculación más o menos claro.
- **Citolisinas:** son enzimas que digieren o destruyen a las células bacterianas o extrañas que penetran en el organismo. Con frecuencia actúan con la ayuda de otra sustancia, existente de ordinario en la sangre, y que se llama **complemento**.
- **Opsoninas:** neutralizan las **agresinas** de las bacterias que paralizan la acción de los leucocitos. Por lo cual parece como si estimularan a éstos.
- **Aglutininas:** acumulan o aglutinan las bacterias en grumos, facilitando la acción de leucocitos que así fagocitan cada vez un gran número de bacterias (las devoran a grandes bocados) (fig. 25-2).

Fig. 25-2.—Glóbulos blancos atiborrándose de bacterias que han sido previamente aglutinadas por una aglutinina. En los recuadros, un neumococo a 20.000 aumentos que ha perdido su cápsula de protección al añadir un anticuerpo.



— **Precipitinas:** precipitan las moléculas invisibles de proteína que hay en la sangre. Se forman cuando se inyecta suero sanguíneo de un animal en otro. La sangre de éste forma **precipitinas** que precipitan después la sangre del primero o de sus afines.

Este fenómeno permite descubrir el parentesco entre especies de animales distintos. Se utiliza también en medicina legal para diferenciar la sangre humana, aunque las manchas tengan una antigüedad de muchos años.

La inmunidad y sus formas.

Inmunidad es la propiedad que tienen algunos organismos de ser resistentes a determinada enfermedad de origen microbiana.

La inmunidad puede ser **genética** o innata y **adquirida**. Son ejemplos de inmunidad genética la del hombre para el cólera de las gallinas, la del caballo para la difteria.

La inmunidad adquirida, a su vez, puede ser **natural** y **artificial**; natural cuando se adquiere como consecuencia de haber pasado con éxito una enfermedad: sarampión, viruela, etc. Y artificial, cuando se ha producido como consecuencia de la vacunación, la sueroterapia, la quimioterapia. La inmunidad es siempre altamente específica; sólo se es inmune a la enfermedad que ha provocado la inmunidad.

En todos los casos la inmunidad es debida a la existencia en el organismo de abundantes anticuerpos específicos que neutralizan la acción de los microbios patógenos, si se produce una invasión de los mismos.

La vacunación.

La vacunación crea una inmunidad artificial pero activa, es decir, creada por el propio organismo.

Fue descubierta por el médico inglés **Jenner**, en 1797, al observar que los ordeñadores de vacas eran inmunes a las epidemias de viruela, si habían tenido una forma benigna de la enfermedad llamada *viruela vacuna* que se presentaba formando unas pústulas en las ubres de las vacas.

De este hecho dedujo que debía inocularse en las personas el contenido de esas pústulas para que quedaran inmunes a la viruela. Los resultados confirmaron sus previsiones, y desde entonces se utiliza este método para prevenir numerosas enfermedades.

La vacunación consiste, pues, en inyectar (fig. 25-3) en el organismo un antígeno inocuo, similar en su estructura, al causante de la enfermedad. Este desencadena el proceso de la formación de anticuerpos que después reaccionarán con el antígeno virulento, si llega a presentarse, neutralizando sus efectos.

Actualmente se utilizan vacunas de diversos tipos:



Fig. 25-3.—La vacunación y la sueroterapia.

- 1.º Vacunas de microbios muertos. Ej.: la antitífica, paratífica, colérica, etc.
- 2.º Vacunas de bacterias o virus atenuados. Ej.: la antituberculosa o B.C.G., antitífica, etc.
- 3.º Vacunas formadas por toxinas atenuadas. Ej.: la antidiftérica, la antitética, etc.

La sueroterapia.

Consiste en inyectar en el organismo un suero cargado ya de anticuerpos que se han formado en la sangre de otro animal. En este caso la inmunización es pasiva. Sus efectos son más rápidos, pero menos duraderos, porque los anticuerpos extraños son pronto destruidos y eliminados por el organismo.

Además, no todas las enfermedades admiten sueros. La tuberculosis, por ejemplo, no es capaz de elaborar anticuerpos que tengan valor inmunizante al inyectarlos en otro sujeto.

El animal que más se utiliza como agente productor de sueros es el caballo (figura 25-3).

Hay sueros **antitóxicos** que neutralizan las toxinas segregadas por los microbios patógenos. Ej.: el antitetánico, antibotulínico.

Y otros que son **antibacterianos**. Neutralizan la acción de las bacterias. Ej.: los antineumocócicos.

Quimioterapia.

Hay productos químicos muy eficaces para destruir las bacterias patógenas o para impedir que se desarrollen, sin que por otra parte perjudiquen al organismo. El primero que se utilizó fue la quinina para combatir el paludismo.

Pero los primeros productos químicos que se revelaron realmente activos y eficaces contra las bacterias en el interior de los organismos fueron las **sulfamidas** (1935). Su acción es **bacteriostática**, es decir, que no matan las

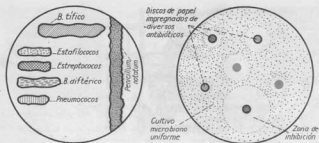


Fig. 25-4.—Dos procedimientos para estudiar la acción inhibitoria de los antibióticos sobre cultivos de diversas bacterias patógenas en placas de Petri. A la izquierda, un cultivo de *Penicillium impide* el desarrollo de diversas bacterias, pero no del bacilo tifico. A la derecha, discos de papel impregnados de antibióticos hacen lo mismo en zonas más o menos amplias, según la eficacia de su acción.

bacterias, sino que impiden su desarrollo. Además es preciso mantener constante su concentración en la sangre, en cantidad bastante elevada, durante cierto tiempo.

Actúan principalmente sobre estreptococos y neumococos (infecciones locales, pulmonía, anginas).

También se ha manifestado muy eficaz sobre el bacilo de la tuberculosis el P. A. S. (ácido-para-amino-salicílico).

Los antibióticos.

Desde el descubrimiento de la **penicilina**, en 1929, por el inglés **Fleming**, se ha generalizado el procedimiento terapéutico de los "antagonismos microbianos", o sea, el uso de los antibióticos (sustancias producidas por microbios que impiden el desarrollo de otras microbios) (fig. 25-4).

Los más conocidos son:

- **La penicilina.** Ha sido el primer antibiótico de gran rendimiento obtenido después de catorce años de trabajo para ponerlo a punto. Se extrae de los hongos *Penicillium notatum*, *chrysogenum* y otros, cultivados en matraces o en grandes tanques, de cuyos líquidos se extrae después la penicilina. El proceso es difícil y complicado.
- **La estreptomycinina.** Es activa contra el bacilo del tifus y el de la tuberculosis, entre otros. Ocasiona trastornos secundarios (sordera, trastornos vestibulares, etc.), pues es algo tóxica. Se extrae de la mycobacteria, *Streptomyces griseus* y similares.
- **La cloromicetina:** Es eficaz contra el tifus exantemático, cólera, etc., y contra algunos virus. Es bacteriolítica, o sea, que mata las bacterias. Debe utilizarse con precaución, pues la destrucción masiva de bacterias, del

tifus, por ejemplo, podría liberar en la sangre tal número de endotoxinas que ocasionaran la muerte.

Se extrae de la mycobacteria *Streptomyces venezuelae* y por síntesis.

- **La aureomicina.** Ejerce una acción bacteriostática sobre numerosas bacterias y algunos virus. Se extrae del *Streptomyces aureofaciens* (de color dorado).
- **La tetraciclina.** Es muy activa contra las bacterias del tétanos, carbunco, difteria, etc. Pero, por desgracia, sólo puede usarse en aplicaciones locales, pues es hemolítica (destruye los glóbulos rojos).
- **La terramicina.** Es muy eficaz contra la pulmonía y otras dolencias.

El número de antibióticos es muy grande y crece sin cesar. Con ellos, la lucha contra las enfermedades infecciosas está avanzando con gran rapidez y prácticamente están ya dominadas todas las que afectan al hombre. Estamos en la era de los antibióticos.



Fig. 25-5.—Fleming, descubridor de la penicilina.

La resistencia a los antibióticos.

Los antibióticos actúan en dosis muy pequeñas; su acción inhibitoria sobre el crecimiento de cultivos se manifiesta, a veces, hasta en concentraciones de una cienmillonésima de gramo. Esta acción se estudia en placas de Petri, como se ve en la figura 25-4.

En cuanto al mecanismo, parece ser que impiden la acción de enzimas, indispensables para la nutrición de las bacterias.

Pero lo que ha chocado en el uso de todos los antibióticos es la resistencia que van adquiriendo las distintas bacterias, a medida que se generaliza su empleo. Parece ser que se verifica una selección natural entre las distintas variedades de una misma clase bacteriana; sólo superan la acción de los antibióticos ciertas variedades, naturalmente, más resistentes; éstas son las que quedan y las que se multiplican; sus descendientes son ya en su totalidad más resistentes. Si este fenómeno se repite, se explica que con el tiempo las nuevas generaciones bacterianas sean perfectamente resistentes a los antibióticos utilizados. Así, por ejemplo, los estafilococos de la forunculosis cedían, al momento, a la penicilina. Pero en la actualidad se han hecho reacios a su acción: son **penicilino-resistentes**.

Este fenómeno exige la renovación constante de los antibióticos, la utilización conjunta de diversos antibióticos o de antibióticos y productos químicos. Así, por ejemplo, la asociación de penicilina y sales de bismuto es muy eficaz contra la sífilis.

Alergia.

Consiste en una **hipersensibilidad** para determinadas sustancias extrañas al cuerpo, reaccionando **de un modo especial, patológico**, incluso en presencia de indicios de las mismas.

Tales sustancias actúan como antígenos que, en este caso, se llaman **alérgenos**. Son, casi siempre, **proteínas** que pueden penetrar por la piel, las vías respiratorias o digestiva, por picaduras, inyecciones, medicamentos, etc.

Los alérgenos no tienen la misma eficacia con unos individuos que con otros: hay hombres especialmente inclinados a "sensibilizarse" con alérgenos y a padecer después la alergia, y hay otros que no experimentan estos fenómenos.

Entre los individuos propensos a los estados alérgicos, los hay que adquieren la alergia frente a un determinado alérgeno y no hacia otro que, sin embargo, provoca este estado en otro individuo.

Los **síntomas** de la alergia suelen ser: estornudos, coriza, **urticaria**, **asma**, fiebre, reuma...

Hay centenares de manifestaciones de alergia que se pueden agrupar en dos tipos:

- Las alergias de reacción inmediata: **tipo anafiláctico**. Ejemplo: alergia para la caspa del gato o del caballo, para determinadas clases de pescado que provocan urticarias, alergia para la aspirina, etc.
- Las alergias de reacción retardada: **tipo tuberculínico**. En éstas el choque alérgico aparece varias horas o días después del contacto con el alérgeno. Ej.: la polinosis, la fiebre del heno.

Se supone que la alergia esté condicionada a factores genéticos; por eso se hereda. En general, puede considerarse como un poderoso mecanismo defensivo, encaminado a bloquear el antígeno para que no penetre en el interior del organismo. Por eso, las manifestaciones alérgicas se producen en tejidos superficiales.

Anafilaxia.

Es un fenómeno de mucha importancia en el estudio de la inmunología. A un animal se le inyecta un antígeno determinado. El animal queda insensible al parecer. Lo normal es que se produzcan anticuerpos y que al inyectarle una nueva cantidad de antígeno, éste quede neutralizado por aquéllos. Pero, sucede a veces, que al realizar la segunda inyección se produce al momento una reacción violenta, generalmente grave; entonces se dice que ha experimentado el **choque anafiláctico**.

- La primera inyección es **sensibilizante**.
- La segunda inyección es **desencadenante**.

La **anafilaxia** es, pues, una **especial sensibilidad** para un determinado antígeno, adquirida por una previa inyección del mismo, y de consecuencias graves.

Hay que tener en cuenta que:

- El choque anafiláctico sólo se desencadena por el mismo antígeno con que se sensibilizó al animal.
- Cualquiera que sea el antígeno, los síntomas son siempre iguales para cada especie animal. Si el choque no es mortal, el restablecimiento suele ser rápido y total. El tejido más afectado es el tejido muscular liso que queda contraído y agarrotado, provocando con frecuencia la asfixia.
- Se han empleado como material de experimentación: cobayos, perros, ratones, ratas, gatos, vacas, caballos... En el hombre sólo se han hecho observaciones fortuitas, debido a que las experiencias en él se ven controladas por la moral.
- Los distintos animales actúan de modo también distinto ante una misma cantidad de antígeno. Para un cobayo los choques son de una gravedad extremada. Para la rata, todo lo contrario.
- Hay también desproporción entre la pequeña cantidad de antígeno que se le inyecta a un animal y la gravedad (mortal a veces) del choque anafiláctico que se produce.
- Desde la primera inyección a la creación del estado anafiláctico, transcurre un período de latencia y el estado anafiláctico perdura a veces mucho tiempo.

El mecanismo de la anafilaxia.

Una explicación de la anafilaxia es la siguiente:

Parte de los anticuerpos que se originan en el organismo, se dirigen a los tejidos y allí se fijan, constituyendo los llamados **anticuerpos sésiles**.

Los anticuerpos de la sangre van desapareciendo y quedan solamente este tipo de anticuerpos, que son lo característico del estado **anafiláctico**.

Cuando se inyecta el antígeno, éste reacciona con los anticuerpos que se encuentran en los tejidos, desprendiéndose las **histaminas** celulares, altamente tóxicas. Esta sustancia es la causante del choque.

Esto, que no es sino una hipótesis, tiene bastantes hechos a su favor.

Los grupos sanguíneos y los anticuerpos.

Al hablar de los grupos sanguíneos se citaron los **aglutinógenos** y las **aglutininas** como determinantes de las diferencias entre la sangre de los diversos individuos. En realidad los aglutinógenos actúan como antígenos y las aglutininas como anticuerpos naturales y permanentes. Al unirse, por ejemplo, el aglutinógeno A con la aglutinina α , se produce la reacción de aglutinación característica del antígeno-anticuerpo. Los glóbulos aglutinados forman en los vasos pequeños tapones o trombos. Si éstos se producen en el cerebro o en el corazón (trombosis), el resultado es fatal.

Pero además de los antígenos o aglutinógenos **A** y **B**, hay en la sangre humana otros, como el **M** y el **N**, de poca importancia, y el **Rh** (rhesus), de más

transcendencia, pues puede provocar el choque anafiláctico, de graves consecuencias.

Se ha comprobado en U. S. A. que el 85 por 100 de la población son Rh⁺; es decir, tienen el antígeno; el 15 por 100 no lo tienen, son Rh⁻. Si a un individuo del segundo grupo se le inyecta sangre del primer grupo, se forman en su sangre aglutininas y lisinas **anti-Rh**, es decir, se **isoimmuniza**. Si se efectúa una segunda transfusión, se produce el shock o choque anafiláctico, eventualmente mortal.

Este fenómeno tiene importancia en la procreación de los hijos, y muchos matrimonios estériles, o con un solo hijo, acaso tengan aquí su explicación.

En un matrimonio en que el marido sea Rh⁺ y la mujer Rh⁻, los hijos serán Rh⁺ por ser factor dominante. En el primer embarazo la madre queda isoimmunizada por el antígeno del hijo, debido al paso del mismo a través de la placenta. En los siguientes, las aglutininas maternas, al atravesar la placenta y entrar en la circulación fetal, originan la muerte del hijo y el aborto consiguiente.

Por eso es muy conveniente que los novios examinen sus sangres y vean si hay incompatibilidad entre ellos antes de contraer matrimonio.

EPIDEMIOLOGIA

Epidemias, endemias, pandemias y zoonosis.

Las enfermedades microbianas reciben diversos nombres genéricos.

Una **epidemia** es una enfermedad microbiana que en un momento dado ataca a un gran número de personas, o bien, adquiere una virulencia transitoria que antes no tenía. Ej.: epidemias de gripe, de sarampión, etc.

Una **endemia** es una enfermedad constante y típica de un área geográfica. Ejemplo: el cólera en la India, el paludismo en ciertas regiones.

Pandemia es una enfermedad extendida por todo el mundo. Ej.: la tuberculosis.

Zoonosis es una enfermedad propia de algún animal, pero que también puede afectar ocasionalmente al hombre. Ej.: la rabia.

El contagio y la incubación.

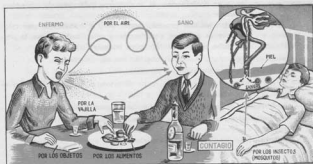
El contagio de una enfermedad es el paso de los microbios de un organismo enfermo a otro sano.

Puede ser *directo* e *indirecto* (fig. 26-1).

— **Directo**, cuando van los microbios directamente del enfermo a otra persona por la tos, el estornudo, el beso, etc. Así se propaga la gripe, el sarampión, etc.

— **Indirecto**, si interviene un agente intermedio: el agua (tifus, cólera), los alimentos (tifus, tuberculosis), la vajilla, los vestidos, el aire, etc.

Fig. 26-1.—Formas de contagio.



Con frecuencia intervienen también los insectos: mosquitos (paludismo), pulgas, piojos.

Normalmente, las **puertas de entrada** de las bacterias en el cuerpo, son:

- 1.º **Por vía digestiva**, es decir, por la boca, **mezcladas con el agua o los alimentos** (fig. 26-1). Por eso las bebidas, y sobre todo el agua, han de estar bien puras; con frecuencia el agua debe ser esterilizada.
- 2.º **Por vía respiratoria**, o sea, por el aire que respiramos; así se propagan la tuberculosis, el sarampión, etc.
- 3.º **Por inoculación**, es decir, inyectándolos a través de la piel. Ejemplo: el microbio del paludismo lo inyecta un mosquito (fig. 26-1); el de la peste lo inyectan las pulgas.
- 4.º **Por contacto**, o sea al tocar objetos que tienen los microbios patógenos. De este modo se infectan las heridas. Los principales microbios que penetran por ellas son: diversos estafilococos y estreptococos, que causan la infección de las heridas, que se traduce en tumefacción y pus; el bacilo del tétanos, posible en el caso de mancharse la herida con tierra; el bacilo de gangrena gaseosa, etc.

Al contagio de la enfermedad sigue normalmente la *incubación* o período de invasión del organismo afectado. Puede durar algunas horas y bastantes días; generalmente, cada enfermedad tiene un período fijo. Así, el tífus tarda unos doce días en incubarse; el sarampión, unos ocho días.

Durante el período de incubación se verifica la lucha entre el microbio invasor y las defensas del organismo. Si éstas vencen en la lucha las manifestaciones de la enfermedad no aparecen; si vencen los microbios invasores sobrevienen los síntomas de la infección: fiebre, ulceraciones, tumefacción, pus, etc.

Desinfección o antisepsia.

La **destrucción de las bacterias y virus patógenos** en el exterior de los organismos se denomina **desinfección**. Si se destruye toda clase de gérmenes, se llama **esterilización**.

No siempre coinciden los dos procedimientos. Así, el tratamiento por calor húmedo en autoclave es a la vez desinfección y esterilización; pero la pasteurización de la leche es desinfección, pero no esterilización.

Los medios de desinfección más usados son los siguientes:

- **el calor**, que puede ser seco y húmedo.
- **la luz solar**, muy eficaz por los rayos ultravioletas, que también se pueden producir artificialmente.
- **la filtración**: se emplea para líquidos. Se precisan filtros apropiados.
- **los antisépticos**: son productos químicos que destruyen los gérmenes patógenos.

Veamos con más detalle algunos de ellos:

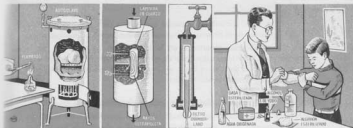


Fig. 26-2.—Diversas formas de desinfección.

Desinfección por el calor.

a) Calor seco.—Se utiliza en forma de fuego directo para incinerar restos orgánicos infeccionados (gasas, vendas, etc.) y cadáveres de animales muertos por infección.

Y en forma de llama de alcohol (flameado) para desinfectar los objetos metálicos de cirugía (pinzas, bisturíes, etc.).

b) Calor húmedo.—Se emplea el agua hirviendo para desinfectar ropas. Y más aún el vapor de agua a presión y a una temperatura de unos 120° , obtenido en el interior de autoclaves, que son calderas herméticamente cerradas y con dispositivos para colocar objetos, para graduar la presión y la temperatura. Hay bacterias que en estado de espora pueden resistir el calor seco hasta 160° ; pero el calor húmedo, mucho más eficaz, a 120° durante veinte minutos es suficiente para destruir toda clase de gérmenes.

Desinfección con sustancias químicas o antisépticos.

Hay diversos productos químicos cuya acción es muy eficaz para destruir los microbios. Actúan en estado líquido o gaseoso. Sobre todo son muy eficientes aquellos que desprenden oxígeno o cloro nascente, de gran actividad microbicida.

Se utilizan principalmente:

- para desinfección de utensilios, de heridas, manos, etc.; el agua oxigenada, el alcohol, la tintura de iodo, sublimado, permanganato potásico, ácido fénico, etc.
- para desinfecciones de locales y vehículos: el formol, el ácido cianhídrico.
- para heces fecales: sulfato de cobre o polvos de gas (cloruro de cal).
- el agua se esteriliza con aire ozonizado, con rayos ultravioleta y con hipoclorito sódico, que proporciona cloro nascente, muy activo. También se emplea el sistema de hervirla, sobre todo cuando hay epidemias; pero el agua hervida pierde los gases y es indigesta si no se airea.

Asepsia.

Se denomina así al conjunto de medidas preventivas para evitar la infección de los organismos o de objetos que puedan contaminarse con los microbios. La asepsia es de gran importancia en la conservación de alimentos, en la preparación de medicinas, sobre todo inyectables; de material de cirugía (gases, paños, blusas, bisturíes, pinzas, etc.) y en todos los objetos relacionados, sobre todo, con enfermos infecciosos.

Instituciones sanitarias nacionales e internacionales.

La Higiene y la Sanidad han adquirido una gran importancia en todos los países del mundo. El colosal desarrollo demográfico del mundo actual obedece a la reducción del índice de mortalidad y al aumento de la vida media de la población (8 a 10 por 1.000 y 65 a 70 años, respectivamente, en los países adelantados). Todo ello es fruto de las medidas higiénicas y sanitarias extendidas por el mundo entero gracias a los organismos nacionales e internacionales que de ello se ocupan.

En España el organismo central es la Dirección General de Sanidad. En el ámbito internacional hay también una institución central que unifica las medidas sanitarias y da normas y ayuda a las naciones más atrasadas. Tal es la O. M. S. (Organización Mundial para la Salud). Cabe citar también otras organizaciones de ámbito más restringido, pero también de reconocida eficacia, como la Cruz Roja Internacional.

ENFERMEDADES INFECCIOSAS

Enfermedades infecciosas son las que proceden de invasión microbiana en un organismo.

Pueden estar producidas por bacterias, por virus y por protozoos.

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR BACTERIAS

Tuberculosis.

Es producida la tuberculosis por el *Mycobacterium tuberculosis*, o bacilo de Koch, su descubridor.

Hay varios tipos de bacilos tuberculosos:

- *M. tuberculosis*, var. *hominis*.
- *M. tuberculosis*, var. *bovis*.
- *M. avium*, *M. chelonae* (tortuga), *M. marinum* (peces).

Los bacilos tuberculosos de animales de sangre fría no son patógenos para los de sangre caliente y viceversa.

Según el órgano en que se localice el microbio la enfermedad recibe distintos nombres y sigue un proceso distinto. Se puede localizar en el pulmón (*tisis*); huesos (*mal de Pott*); ganglios (*escrófula*, propio de los niños); meninges (*meningitis tuberculosa*); todo el organismo (*tisis galopante*).

Estudiaremos, sobre todo, la tuberculosis pulmonar o *tisis*, la forma más frecuente de la enfermedad.



Fig. 27.1.—Un corte de pulmón.

Penetración de los microbios.—Penetran de ordinario por el aire que se respira y por los alimentos; sobre todo, por la leche, que debe pasteurizarse (a 70° durante treinta minutos). Es una bacteria muy poco resistente a los rayos solares. Por eso el sol y el aire purifican los ambientes donde se puede encontrar el bacilo.

Desarrollo y formación de tubérculos.—Un tubérculo es un conjunto de bacilos envueltos por una masa de leucocitos y rodeado de células que crecen a su alrededor como defensa del organismo (fig. 27-1). En este estado, la enfermedad puede durar mucho tiempo, incluso pueden calcificarse los tubérculos y curarse sin haberse dado cuenta del mal.

Caseificación.—Es el segundo paso, y toma este nombre del aspecto amarillento, semejante al queso, que toman los tejidos muertos situados en el centro de los tubérculos. Cuando las aglomeraciones de tubérculos rompen las paredes bronquiales, la masa caseificada es arrojada al exterior y constituye los esputos repletos de microbios.

Al fusionarse las aglomeraciones de tubérculos se forman las **cavernas**. Si éstas se producen junto a alguna arteria de cierta importancia, se rompe ésta y se produce una **hemotisis** o hemorragia que puede ser mortal.

La lucha contra la tuberculosis.

- El diagnóstico de la tuberculosis se verifica probando con la tuberculina (preparado alérgeno a base de bacilos muertos), los rayos X y, sobre todo, con el aislamiento de los bacilos, que son ácido-resistentes.

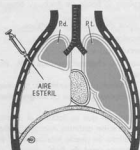


Fig. 27-2.—Neumotórax.

- La **inmunización** contra la tuberculosis se intenta con una vacuna bacteriana, que impide el desarrollo de la enfermedad.

Se emplea el B. C. G. (Bacilo Calmette-Guérin), obtenido a partir de bacilos tuberculosos del ganado. Da buenos resultados. En algunos países es obligatoria para los escolares.

Se emplea, a veces, el **neumotórax** (figura 27-2), que consiste en introducir aire esterilizado entre las pleuras para inmovilizar el pulmón y facilitar su cicatrización. Los antibióticos, como la **estreptomicina**, dan buen resultado en algunos casos. También es eficaz el P. A. S. (ácido para-amino-salicílico).

El remedio más eficiente es la cura al aire libre y de reposo en un sanatorio. Gracias, sobre todo, a este recurso, combinado con el empleo de antibióticos, se ha conseguido dominar esta enfermedad, que hasta nuestros días era una de las pandemias más mortíferas de la Humanidad.

Difteria.

Enfermedad debida a la bacteria *Corynebacterium diphtheriae*.

Con frecuencia (el 1 por 100 de la población); se encuentran individuos que llevan estos gérmenes dentro de sí, pero que no padecen la enfermedad.

Se debe a que han segregado anticuerpos que contrarrestan la acción de las toxinas producidas por los microbios.

No ejerce su acción patógena por **invasión**, pues no suele moverse de las vías respiratorias.

Su virulencia depende de su toxigenidad; es decir, de las exotoxinas que produce. Al desarrollarse en las amígdalas, la toxina pasa a la sangre, dañando al corazón, los riñones, los nervios.

Ataca, sobre todo, a los niños, formando falsas membranas en la garganta que producen la asfixia (crup o garrotillo).

Es grave y se combate con el suero antidiftérico obtenido del caballo.

La mayoría de las personas de más de quince años poseen una inmunidad activa **natural**. Se debe a que han sufrido pequeños ataques de difteria en su niñez y ya tienen en su sangre antitoxinas que combaten las infecciones ordinarias.

La tos ferina o coqueluche.

Está producida por una pequeña bacteria (*Hemophilus pertussis*). Se localiza en la tráquea y bronquios, produciendo una fuerte irritación que provoca violentos accesos de tos.

Ataca a los niños menores de ocho años, causando muchos miles de víctimas cada año. Se combate con vacunas y sueros, estreptomycinina y otros antibióticos.

Lepra.

Está producida por el *Mycobacterium leprae*. Su forma es idéntica a la del *Mycobacterium tuberculosis*.

Todavía **no se está seguro** de que sea únicamente este bacilo el productor de la lepra, porque inoculándolo en un chimpancé, por ejemplo, no se produce la enfermedad.

Los cultivos en medios puros tampoco son patógenos.

Los síntomas exteriores son: deformación del cuerpo y destrucción de tejidos y órganos con formación de cicatrices (lepromas) que hacen muy repugnante la enfermedad.

A los leprosos se les recluye en establecimientos especiales o leproserías, ya que es una enfermedad muy repugnante y se considera como infecciosa, aunque lo es escasamente. En la actualidad se combate eficazmente con las sulfonas (sulfamidias) y el aceite de chaulmogra y sus derivados.

Tétanos.

Del mismo modo que la gangrena, tiene por origen heridas producidas puestas en contacto con objetos sucios.

El agente productor es el *Clostridium tetani*.

Esta bacteria, una vez que ha penetrado en las heridas, vive saprofita en los tejidos muertos, sin **invadir** el organismo. Pero, sin embargo, produce



Fig. 27-3.—Bacilos del tétanos, con sus esporas; se les denomina "palillos de tambor".



Fig. 27-4.—Bacilo tifoideo.

una toxina mortífera, que es uno de los venenos más potentes conocidos. Con 0,00025 gr. de toxina tetánica se mata a un hombre. Con veneno de cobra, v. g., se necesita una cantidad veinte veces mayor. En realidad, es una mezcla de dos toxinas: la **tetanolisina**, que disuelve los glóbulos rojos, y la **tetano-esparmina**, que origina las contracciones musculares; ataca, por tanto, a la sangre y a los nervios.

Se combate con el suero antitetánico extraído del caballo. De todos modos, es menester aplicarlo casi inmediatamente después de la infección, porque la muerte es consecuencia rápida de la acción de la toxina. Además, una vez que el veneno ha afectado a los nervios, es inútil ya el pretender la curación. Debe aplicarse a los heridos de guerra con heridas manchadas de barro y a todos los que se lesionan en picaderos y lugares donde hay estiércol de caballo, producto donde más abunda la bacteria.

Escarlatina.

Está producida por un estreptococo que se localiza en la laringe y faringe. Produce una fiebre eruptiva que pone la piel de color escarlata. Al final de la enfermedad se descama la capa córnea, es decir, "se cambia de piel".

Es enfermedad propia de los niños hasta los quince años. Se propaga fácilmente de unos a otros y hay que aislar a los atacados hasta que cambien de piel.

La escarlatina deja inmunidad aparente, pues no vuelve a repetirse como tal; pero el microbio puede producir amigdalitis y faringitis posteriormente.

Fiebre tifoidea.

Está producida por la *Salmonella typhosa*, a la que se asocian otras *Salmonellas*, que hacen compleja la enfermedad (fig. 27-4). Comienza invadiendo la sangre circulante; después se localiza en el intestino delgado, al que a veces llega a perforar ocasionando una peritonitis.

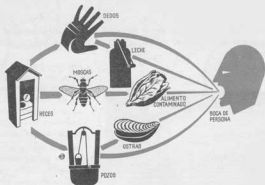


Fig. 27-5.—Cómo se transmite la fiebre tifoidea.

También puede pasar a la médula ósea, bazo, vísceras y originar una septicemia.

Como medio de transmisión de esta enfermedad hay que citar: los alimentos (agua, leche), las moscas, las manos ("enfermedad de las manos sucias") (figura 27-5).

Se manifiesta la enfermedad por fiebre elevada, continua diarrea, etc. Se previene con la vacuna antitífica, que inmuniza por dos o más años; es una vacuna mixta antitífica y antiparatífica para los bacilos paratíficos A y B. Se le denomina **TAB**.

Cuando se cura la enfermedad se dan casos en que el paciente sigue teniendo los bacilos en su cuerpo, aparentemente sano. Se convierte en portador de gérmenes y puede transmitir la enfermedad a los demás.

Actualmente se combate muy eficazmente con **cloromicetina**.

Cólera asiático.

Producido por el *Vibrio comma*.

Esta enfermedad tiene por origen la **falta de higiene**. Sobre todo la falta de saneamiento de las aguas que se utilizan y la ausencia de medidas necesarias para una eficaz eliminación de todo producto residual. Por eso es más de temer en las grandes poblaciones. Es endémica en la India.

Los efectos originados por la invasión, en el organismo, de este microbio, son la diarrea y la deshidratación. Las deposiciones son típicas ("deposiciones en agua de arroz").

Es muy grave y sus epidemias son muy mortíferas.

El español Ferrán fue el primero que luchó eficazmente contra esta enfermedad, utilizando por primera vez la sueroterapia.

Neumonía.

La neumonía es producida por el *Diplococcus pneumoniae*, causante de muchas otras enfermedades, según sea el sitio donde se localice: meningitis, sinusitis, etc.



Fig. 27-6.

Resisten bien la falta de agua, por lo que se encuentran con frecuencia en el polvo, etc. De ordinario se halla como huésped ordinario e inofensivo en la cavidad bucal de muchas personas.

Se transmite esta enfermedad por las gotitas infectadas de saliva (fig. 27-6), por la inhalación de polvo infectado...

El microbio se localiza en los pulmones y vías respiratorias. Actualmente se combate muy eficazmente con penicilina y terramicina.

Peste bubónica.

Esté causada por la bacteria denominada *Pasteurella pestis*, que tiene su origen en las ratas. Las pulgas de las ratas adquieren estos bacilos y los contienen en su interior durante largos períodos. La picadura de una de estas pulgas al hombre puede transmitir la enfermedad.

El desarrollo se realiza así:

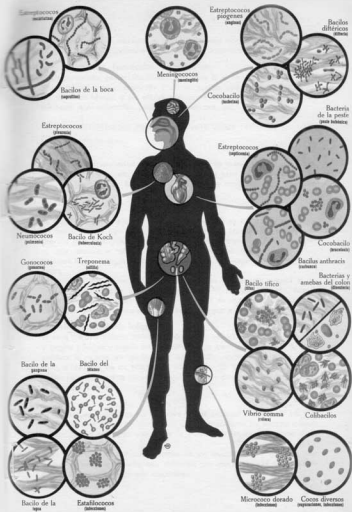
- Aparece una **pústula** en el lugar de la picadura. En el interior hay **pus**.
- Se multiplican las bacterias, que son conducidas después a los **ganglios linfáticos** más próximos (axila, ingles...).
- Allí se forman **bubones**, que no son sino estos ganglios, que se han infectado y agrandado. Son muy dolorosos.
- Por la corriente sanguínea son trasladadas al resto del cuerpo.
- Causan además fiebre, náuseas, cefalalgia, hemorragias internas, etc.

En la Edad Media era una enfermedad muy temida, que dieztaba periódicamente los países europeos.

Botulismo.

Enfermedad con frecuencia mortal, que consiste en una parálisis del rostro, de los ojos y, sobre todo, del sistema respiratorio. La toxina producida por la bacteria, el *Clostridium botulinum*, ataca al sistema nervioso y al sistema muscular.

La toxina botulínica se encuentra en el mismo estómago del paciente, sin ser perjudicada por la acción de los jugos gástricos.



Esta enfermedad se adquiere al ingerir alimentos en conserva que se encuentran en malas condiciones: latas de carne, legumbres, pescado, etc.

Heridas infectadas, furúnculos, absesos, etc.

Están producidas por el *Staphylococcus aureus* o el *Streptococcus piogenes*. Son inmóviles y muy resistentes. Producen toxinas que destruyen los glóbulos rojos, los blancos y las células, con cuyos restos se produce el pus. Se combaten con sulfamidas, penicilina, terramicina, etc.

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR VIRUS (VIROSIS)

Las más corrientes son:

El sarampión.

Ataca en la primera edad. Es muy contagiosa. Se manifiesta por una erupción cutánea, fiebre, etc. No es grave. Inmuniza para toda la vida. Es conveniente permitir que los niños no afectados se contagien hacia los cinco años.

La viruela.

Se manifiesta por una fuerte erupción cutánea que se transforma en vesículas llenas de pus que dejan cicatrices imborrables (picados de viruela). Es grave y muy contagiosa. En otras épocas causaba muchas víctimas. Su virus es muy sensible al calor y a los desinfectantes comunes.

Hay una forma benigna, llamada viruela loca, y la viruela virulenta o viruela negra.

Se previene con la vacuna antivariólica, que es obligatoria; asegura la inmunidad durante siete años. Esta vacuna fue la primera utilizada. Actualmente se prepara con las costas de las pústulas de terneras infectadas, mezcladas con glicerina azucarada. Fue descubierta por el médico inglés Jenner.

Poliomielitis o parálisis infantil.

El virus ataca al sistema nervioso: destruye las células motoras de la médula y origina parálisis y atrofia los músculos de las piernas, sobre todo. A veces produce la muerte por parálisis de los músculos respiratorios. Ataca, sobre todo, a los niños de los países más adelantados. En la actualidad existen diversas vacunas bastante eficaces (la vacuna Salz y otras) y se ha generalizado la vacunación infantil.

La rabia.

O hidrofobia; se propaga por la saliva de los animales atacados. El virus se localiza en el sistema nervioso, por el que avanzan hasta los centros: médula y cerebro. En este caso sobreviene la muerte. La incubación puede durar hasta cuarenta días.

Entre otros síntomas, produce parálisis de los músculos de la garganta, por lo que el beber les resulta muy doloroso: por eso huyen del agua (**hidrofobia**). Muerden todo lo que encuentran.

El hombre la adquiere al ser mordido por un animal rabioso. Si se toma a tiempo y el virus no ha llegado a los centros nerviosos, se combate con la vacuna antirrábica, preparada con la médula de conejo inoculado.

Gripe.

El virus se localiza en las vías respiratorias. Se hace virulento en determinadas épocas del año en que se desarrollan epidemias generalmente benignas. Se fabrican vacunas, pero son poco eficaces por la complejidad y variedad de las cepas de virus que produce la enfermedad. También se utilizan antibióticos, que no actúan sobre el virus, sino sobre los estreptococos y neumococos que se le asocian, causantes de infecciones en las vías respiratorias.

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR PROTOZOOS

El paludismo o malaria.

Es una enfermedad propia de los países cálidos y templados en donde hay aguas estancadas y pululan los mosquitos. Está extendido por todos los continentes y produce seguramente más víctimas que ninguna otra enfermedad, aunque el paludismo en sí no se considera grave. En otras épocas históricas ha hecho desaparecer civilizaciones, como la asiria.

Se denomina también fiebres palúdicas y fiebres intermitentes, por producirse los accesos de fiebre periódicamente.

Antiguamente se creía que se producía por los miasmas de las aguas estancadas (malaria — mal aire). Actualmente se sabe que es debida a un protozoo, el *Plasmodium*, que vive en la sangre de los enfermos y que se trasmite por las hembras de un mosquito, el *Anopheles*.

Suelen citarse tres modalidades de paludismo: fiebres tercianas: se produce el acceso de fiebre al tercer día (cada cuarenta y ocho horas); está producido por el *Plasmodium vivax* (fig. 27-7); fiebres cuartanas: al cuarto día (cada setenta y dos horas), producido por el *Plasmodium malariae*; y la fiebre tropical, producida por el *Plasmodium falciparum*.

Fig. 27-7.



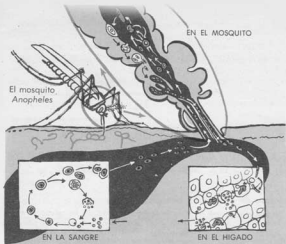


Fig. 27-8.—Ciclo evolutivo del *Plasmodium vivax*.

El *Plasmodium* se desarrolla en la sangre humana siguiendo un proceso muy complicado. Las esporas que inyecta el mosquito se llaman esporozoitos. Son arrastrados por la sangre al hígado, en cuyas células se desarrollan y dividen, originando los merozoitos. Cada uno entra en un glóbulo rojo y origina, por esporulación, varias esporas, que quedan libres al romperse aquél, penetrando cada una en un nuevo glóbulo. Como al mismo tiempo se rompen todos los glóbulos y quedan en libertad todas las toxinas que contenían, se produce un acceso de fiebre. Después de repetirse este proceso varias veces, las esporas (merozoitos) se convierten en individuos masculinos y femeninos (gametocitos) que perecen si no son adsorbidos por el mosquito *Anopheles*. En el estómago de éste se produce la fecundación. El cigoto penetra en las paredes del estómago y se enquistas. Poco después produce unas esporas especiales (esporozoitos) que van a la sangre y a las glándulas salivares. Al picar el mosquito a una persona la inocula y trasmite la enfermedad, repitiéndose todo el proceso (fig. 27-8).

El mejor modo de combatir el paludismo es destruir los mosquitos propagadores, impidiendo que se multipliquen en las aguas estancadas, mediante peces (gambusias) que devoran sus larvas; echando finas capas de petróleo en su superficie para que no respiren las larvas, etc. Como medicamento se ha empleado la quinina (febrífugo), y actualmente la paludrina, que es bastante eficaz. No hay vacunas ni sueros.

Otras enfermedades producidas por protozoos son: la **enfermedad del sueño**, propia de África ecuatorial. Está producida por el *Trypanosoma gambiense* y se trasmite por la mosca tsé-tsé. Produce fiebre intensa, y al atacar al sistema nervioso, una somnolencia permanente que acaba con el paciente.

NOCIONES DE ECOLOGIA

LAS ADAPTACIONES BIOLÓGICAS AL MEDIO AMBIENTE

Concepto de adaptación biológica.

La **Ecología** es una rama de la **Biología** que estudia las relaciones entre los factores del medio ambiente y los seres vivos, así como los procesos de adaptación que éstos experimentan.

Hay que tener presente que en todos los organismos hay unos caracteres **constitucionales** que indican la organización general del grupo a que pertenecen, y otros **adaptativos**, que se modifican más fácilmente, para adaptarse a las circunstancias del medio.

Así, en los Vertebrados pulmonados son caracteres constitucionales el tener **respiración pulmonar** y el tener **extremidades de tipo quirúrido** o pentadáctilas. Pero son adaptativas la forma y desarrollo de los pulmones y de las extremidades; éstas pueden adoptar la forma de alas (aves), de aletas (peces), de extremidad monodáctila (caballo), de garra (fieras), de mano (primates), etc.

Se entiende, pues, por adaptación biológica la acomodación de cada ser al medio ambiente en que tiene que vivir. Esta acomodación es un proceso muy largo, pero produce notables modificaciones, tanto que los seres se parecen más a los demás de su medio que al del grupo taxonómico a que pertenecen.

Compárese, por ejemplo, los peces, sirénidos y los cetáceos. O bien, los insectos aves y quirópteros.

La adaptación a las exigencias del medio es condición indispensable para la vida. Un organismo colocado fuera de su ambiente habitual, o se adapta o perece. El animal o vegetal entabla entonces una dura y constante lucha contra la acción combinada de los diversos factores del medio, a la que se unen con frecuencia los animales y plantas que le rodean.

Factores del medio ambiente.

Los factores o causas ambientales que más influyen en las modificaciones del organismo de los seres vivos son:

- **De orden biótico:** la presencia de otros seres con los cuales se encuentran en lucha. Lo que provoca la acentuación de los medios de defensa y ataque. De otro modo perecen y desaparece la especie.
- **De orden físico-químico:** temperatura, luz, humedad, electricidad, radiaciones, presión atmosférica y osmótica, composición química del suelo....

Los medios de defensa.

Los **vegetales** están dotados de numerosos medios defensivos, como son las **formaciones epidérmicas:** aguijones, espinas, ceras, venenos... que neutralizan e incluso ahuyentan a sus enemigos.

También ponen en juego, con el mismo fin, asombrosos recursos para **multiplicarse con rapidez.** Y así se valen de las formas, colores y perfumes de las flores para atraer a los insectos y asegurar sus multiplicación.

La **protección de las semillas, la gran actividad germinativa,** etc., son características que contribuyen al mismo fin.

En los **animales,** los medios de defensa han sido mejor estudiados.

Son numerosos y muy diversos:

- **Formaciones esqueléticas** en forma de caparazón o de coraza (*Equinodermos, Artrópodos, tortugas*).
 - **Formaciones de púas** (*erizos* —fig. 28-1—, *puercospín, pez erizo*).
 - **Expulsión de sustancias malolientes o venenosas** (*mofetas y sapos, salamandra*).
 - **Organos ofensivos** (*garras de las fieras y aves rapaces* —fig. 28-2—, *pico de las aves, colmillos de los jabalíes y elefantes, cornamenta de muchos ruminantes, dientes o uñas venenosos...*).
 - **La huida** (*ungulados*).
 - **Tretas diversas:** esconderse (*roedores*), arrollarse en bola (*erizos*), hacerse el muerto (*escarabajos*), lanzamiento de vísceras (*holoturias*).
- Tal vez uno de los métodos más generales y más importantes de defensa en los animales sea el **mimetismo.**

Fig. 28-1.—Las púas del erizo son un medio de defensa muy eficaz.



Fig. 28-2.—Las fuertes garras y el pico acerado de las rapaces es un medio de defensa y ataque.



El **mimetismo** es todo un conjunto de actos imitativos, realizados por los animales para pasar inadvertidos a sus perseguidores.

La mayoría de los casos se pueden reducir a la imitación de colores, de formas y algunos otros disfraces.

La imitación del color se llama **homocromía**. El animal imita el color del medio que habita (perdices). Las coloraciones adquiridas por el mimetismo pueden ser pasajeras, según sea la incidencia de los rayos solares (camaleón).

La homocromía está muy extendida entre invertebrados acuáticos (se confunden con el agua por su transparencia: medusas, larvas); y sobre todo en los insectos. También se da en algunos Anfibios, Reptiles y Aves. Los mamíferos polares tienen el pelaje blanco (oso polar). Otros, como el armiño y la liebre alpina, cambian su

pelaje blanco por otro gris después de la época del deshielo.

Se llama **homotipia** la imitación de formas y del aspecto exterior de otros seres vivos o de dispositivos del ambiente (figs. 28-3 y 28-4).

Insectos inofensivos adoptan formas de otros que son peligrosos, para ser así respetados por sus enemigos naturales, como sucede con la mariposa *Sessia crabiformis*, que imita a las avispas (figura 28-3).

Algunos ortópteros (*Bacillus Procospi*), llamados "insectos palos", son difíciles de percibir entre las ramas de los matorrales.

Hay insectos, y concretamente mariposas, como la *Kallima puratecta*, que imita hojas con sus nerviaciones (fig. 28-4).

En cuanto a la causa íntima y determinante del mimetismo, no podemos apuntar nada decisivo.

En cuanto a su significado biológico, es, desde luego, un fenómeno adaptativo, un medio de defensa que parece estar vinculado al mayor bienestar de la especie, sacando máximo provecho de la **simulación**, fenómeno muy extendido en el mundo biológico; incluso en las actividades y relaciones humanas. Probablemente es una consecuencia de la selección natural, en la que pervive el más adaptado.



Fig. 28-4.—Mimetismo homotípico de la mariposa *Kallima puratecta* y la *Syderone strigosus* (las dos "hojas" inferiores).



Fig. 28-3.—La *Sessia crabiformis* (A) imita la forma de la avispa (B), cuyo aguijón es muy temido.

Adaptaciones a la temperatura.

La vida en actividad sólo es posible entre ciertos límites de temperatura. Se llama **temperatura óptima** aquella en que mejor se realizan las funciones vitales de los seres. Para los animales suele oscilar entre 5°C . y 30°C . En los vegetales suele oscilar extraordinariamente.

Las temperaturas que limitan la actividad de los seres vivos son las llamadas temperatura **máxima** y **mínima**. Estas temperaturas, lo mismo que la **óptima**, son específicas, y las tres, en conjunto, se denominan temperaturas **críticas** de un ser.

Se denominan seres **estenotermos** los que no toleran variaciones notables de temperatura, como son la flora y fauna de regiones ecuatoriales, tropicales, marinas... Hay poca amplitud entre la temperatura mínima y máxima. Los seres **euritermos** son los que resisten perfectamente grandes oscilaciones térmicas, como los seres de los desiertos y de las zonas de clima continental.

El límite superior compatible con la vida es más elevado en los vegetales que en los animales. Hay algas que resisten perfectamente temperaturas de 80°C . en las aguas termales. Las esporas de ciertas bacterias soportan temperaturas de 130°C . En cambio, en los animales el límite superior es muy bajo. A más de 45°C . el protoplasma se coagula y el animal perece. También los animales son más sensibles al frío que los vegetales.

Los vegetales o algunos de sus órganos desecados (líquenes, semillas) resisten la temperatura de -80°C ., habiendo bacterias que aguantan hasta -200° .

Las variaciones de temperatura influyen intensamente en la actividad vital de los seres vivos. Se calcula que un aumento de unos 10° , dentro de las temperaturas críticas, triplica la intensidad de los procesos biológicos.

Las variaciones estacionales de temperatura suelen determinar una serie de fenómenos adaptativos, tanto en los animales como en los vegetales.

- En los animales se producen: el letargo invernal, el estado de vida latente, las emigraciones, la regulación de temperatura...

— El letargo invernal. — En los países fríos y templados, con los fríos otoñales empieza a decrecer el metabolismo de muchos animales (la mayoría de los Invertebrados y Vertebrados de temperatura variable) y llegan hasta la paralización total de la actividad externa.



Fig. 28-5.—Murciélagos durante el letargo invernal.

Hay algunos mamíferos en los que también se presenta el sueño invernal, aunque en éstos la causa sea la **paralización de la glándula tiroidea**. Tal sucede con el **lirón, marmota, murciélago, erizo topo** (fig. 28-5).

- **El estado de vida latente** se produce en numerosos animales inferiores, como Protozoos, Rotíferos... mediante un fuerte retraimiento y desecación, envolviéndose con una fuerte cubierta (**enquistamiento**). Pasadas las circunstancias desfavorables, el animal disuelve la cubierta protectora y revive. Algunos Rotíferos resisten extraordinariamente a estos agentes adversos, pudiendo revivir al cabo de muchos meses de enquistamiento.
- **Las emigraciones.**—Son los **cambios periódicos de lugar** que realizan los animales alternativamente en dos sentidos opuestos, según sean los factores climáticos.

Han sido estudiados en Aves, Peces, Ungulados, Roedores y algunos Insectos.

El impulso a emigrar parece que es debido al influjo de la duración del

día (fotoperiodicidad) sobre la glándula pituitaria y al incremento o disminución en las hormonas gonadotropas que provoca. Parece probado, por lo menos en algunas aves, que el camino no lo hallan por aprendizaje (fig. 28-6).

Estas son las emigraciones **periódicas**. Pero hay otras que son regresivas y expansivas.

Las **regresivas** no son sino retiradas de grupos de animales a ciertas zonas de la tierra por cambios climáticos. En la época glaciaria, los hipopótamos, elefantes, monos y otros animales de clima cálido se retiraron hacia el África. En cambio, los osos, renos..., que habitaban latitudes bajas, se retiraron a las regiones polares o a las altas montañas.

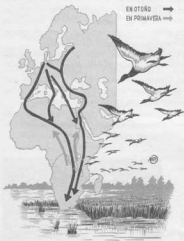


Fig. 28-6.—Emigraciones de las Aves. Las aves emigrantes de Europa van a pasar el invierno en diversos puntos de África y vuelven en primavera. Los caminos que siguen son siempre los mismos.

Las **emigraciones expansivas** son las que tienen lugar al extenderse un grupo de animales de un modo directo y activo fuera de su área de distribución.

Así, en el siglo XVII, la rata (*Mus norvegicus*) invadió Europa partiendo de Asia y suplantando a la especie indígena (*Mus ratus*) casi en su totalidad.

- Las aves y mamíferos han logrado liberarse de las variaciones térmicas del ambiente por medio de la **regulación de la temperatura** del cuerpo. Ayudan a esta función la existencia en estos animales de formaciones epidérmicas aislantes (pelo, pluma, grasa).
- Los **vegetales** sufren una serie de fenómenos, como dispositivos de adaptación a las variaciones de temperatura. Tales son:
 - **La pérdida de la hoja** suele ser el fenómeno que precede al reposo invernal de las plantas. Suele ir asociado este reposo a la formación de las yemas invernales, que protegen los meristemos aéreos. Estas yemas, en primavera, originarán nuevos brotes.

- **La vida subterránea.**—Algunas plantas, como las llamadas plantas **vivaces**, desarrollan una parte de sus brotes bajo tierra, para protegerse contra el frío invernal. Suelen tener subterránea una parte del tallo, que adopta la forma de rizoma, bulbo o tubérculo. En ella se contienen las yemas, que con el buen tiempo producen nuevos brotes.

Este fenómeno lo presenta muy acusado el quitamiendas o **cólichico** (*Colchicum autumnale*). La semilla origina un tubérculo subterráneo. Este, produce en primavera las hojas que desaparecen al cabo de poco tiempo. En otoño echa flores. La planta es subterránea la mayor parte de su vida. Las plantas que presentan este fenómeno se llaman **geófilas** y el fenómeno **geofilia**.



- **La reducción de la parte aérea** es propia de las plantas alpinas y de suelos pobres, tomando frecuentemente formas globosas a modo de **almohadillas** (fig. 28-7). Este dispositivo les permite aprovechar mejor el calor del suelo, que suele ser muy superior al de la atmósfera.
- **Las formaciones periféricas**, como tricomas, y, sobre todo, pelos, así como la pérdida de hojas y la formación de tejidos suculentos... son otros tantos sistemas o modos de defenderse contra las variaciones de temperatura y la sequedad que con frecuencia les acompaña.

Fig. 28-7.—El "almohadillado" o crecimiento en forma de tapices, propio de climas muy fríos.

Adaptaciones a la luz en plantas y animales.

Es uno de los factores que mejor reflejan la influencia del medio ambiente sobre los seres que en él viven.

- **En el mundo vegetal** la luz es indispensable para la función clorofílica: con luz insuficiente las plantas se ahilan. La cantidad de luz más apropiada varía para cada especie. Por eso las plantas se defienden, tanto del exceso como del defecto de luz, tomando precauciones especiales que les permiten situarse en circunstancias de iluminación más favorables. Y así algunas trepan sobre soportes a su alcance para utilizar mejor los rayos solares (bejucos o lianas, epifitas). Otras crecen para destacarse de todo lo que puede hacerles sombra.

Hay veces que en la misma planta existen **hojas de sol** con parénquima clorofílico en empalizada muy desarrollado, con varios estratos celulares; y **hojas de sombra** (con una sola capa de células con pocos cloroplastos). Esto sucede, por ejemplo, en el haya (*Fagus silvática*).

Tampoco es raro que plantas con ramas **plagiotropas** (que crecen horizontalmente) presenten hojas dispuestas en dos filas laterales para no restarse luz; o que ofrezcan el fenómeno de la **anisofilia**, o sea el desarrollo desigual de las hojas situadas en las dos caras de la rama. Es muy típica en la planta Selaginella.

- **En los animales** se aprecia también claramente la influencia de la luz en las coloraciones protectoras y en la bioluminiscencia. La **coloración** es un efecto de la iluminación. Los pigmentos se desarrollan en los tejidos iluminados; en cambio, las especies que viven en la oscuridad suelen tener coloración homogénea y la mayoría de las veces son de color pálido. Este fenómeno se presenta muy acusado en los peces: la región ventral suele ser de color pálido, y la dorsal pigmentada. Otro tanto sucede en muchos animales terrestres, en lo que se refiere al color y al pelaje. De tales animales se dice que tienen coloraciones protectoras destinadas a defenderse mejor de sus enemigos. Ej.: el pelaje blanco de los animales polares, el verde de los insectos que viven entre las hojas, etc.

Los animales nocturnos, los cavernícolas, los que viven en zonas abisales marinas, presentan adaptaciones curiosas, tales como la **sensibilidad especial** para la visión nocturna; la presencia de **ojos descomunales** para captar la menor luminosidad, o bien su carencia absoluta; la existencia de **órganos fosforescentes**, etc.

Este último carácter llamado bioluminiscencia se da en determinados insectos y sirve para reconocimiento y reclamo. Tal es el caso de la hembra de la luciérnaga o de los cucuyos americanos.

Adaptaciones a la humedad y al agua.

El agua es absolutamente necesaria para la vida, de ahí que todo medio biológico debe proporcionar a los seres una cierta cantidad de agua. Los

acuáticos la tienen de sobra. Los terrestres deben aprovechar al máximo la de su medio, evitando o reduciendo las pérdidas. A esta diferencia de cantidad de agua en el medio corresponden muy diferentes exigencias por parte de los organismos, consecuencia de la adaptación.

Bastaría comparar la flora y fauna desértica con la acuática. Pero veamos por separado estas exigencias con respecto a la humedad, en los animales y plantas.

- Hay **animales** bien acomodados a la sequía propia del medio terrestre, mediante formaciones tegumentarias apropiadas para ello, como sucede con los Insectos, Reptiles, Aves, Mamíferos.

Otros animales no tienen tal acomodación y necesitan para vivir abundante humedad, como los Anfibios, muchos Insectos y Crustáceos, babosas, etcétera; sus tegumentos suelen ser blandos y húmedos, aptos para tolerar una activa transpiración.

Los fenómenos de **enquistamiento** y **letargo estival** son también medios de defensa contra la falta de humedad, como sucede en los Protozoos, Pólipos, caracoles. El caracol, por ejemplo, sólo sale de su concha si hay cierto grado de humedad.

Finalmente, otros viven por necesidad en el medio acuático y están acomodados para ello; grupos taxonómicos enteros son eminentemente acuáticos, como los Peces, Equinodermos, Celentéreos, Cefalópodos...

- Las **plantas** ofrecen adaptaciones especiales a los distintos grados de humedad del suelo y de la atmósfera, destinadas a facilitar o a restringir la eliminación del agua. En este aspecto se pueden distinguir diversos tipos de plantas:

- a) Pl. **hidrófitas** o hidrófilas: son las acuáticas. En ellas el sistema conductor se reduce, la epidermis es muy fina, las hojas son acintadas. Por eso estas plantas son a veces flotantes. Generalmente aumentan mucho los espacios intercelulares constituyendo un tejido esponjoso llamado **aerénquima**, que conserva una verdadera atmósfera interior; con frecuencia sirve también de flotador bajo distintas formas. Por eso estas plantas son con frecuencia flotantes. Ej.: Vallisneria, lenteja de agua, Nenúfar.



Fig. 28.8.—El platanero es una planta hidrófila.

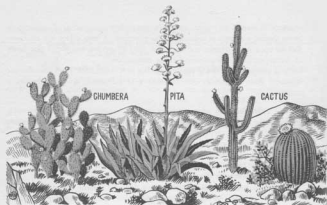


Fig. 28-9.—Plantas xerófilas.

- b) Pl. **higrófitas** o **higrófilas**: son plantas que viven en ambientes de mucha humedad. Poseen grandes hojas, de fina epidermis, con numerosas estomas para favorecer una intensa transpiración. Ej.: la flora de los bosques ecuatoriales, de las riberas de ríos o de charcas (*chopos*, *plataneros*, *juncos*...) (fig. 28-8).
- c) Pl. **xerófitas** o **xerófilas**: Son plantas que habitan en lugares secos. Todas las adaptaciones van encaminadas a adquirir y conservar el agua y a evitar su pérdida. Para ello el tallo se hace grueso y esponjoso, como sucede en los cactus y chumberas (fig. 28-9). Sus raíces se extienden mucho, a veces hasta 15 m. de largo y sus hojas se reducen a espinas; el tallo engruesa enormemente y en su interior existen mucilagos; la epidermis es muy espesa y con escasos estomas. Estas plantas se llaman **crasas**; almacenan agua; son las plantas propias de los desiertos. Otras veces las hojas se cubren de una especie de **borra** o **fieltro** de tricomas, para disminuir la transpiración. O bien, poseen **hojas coriáceas**, con gruesa cutícula, como las *adelfas*, *olivo*, *laurel*... Finalmente, las hojas se **reducen de tamaño**, como en las *coníferas*, *romero*, *tomillo*, *espliego*.
- d) Pl. **mesófitas** o **mesófilas**: Son las que habitan en zonas con una cantidad de humedad intermedia entre las **hidrófitas** y **xerófitas**. Suele reservarse el nombre de **tropófitas** o **tropófilas**, a las plantas que habitan países en los que en el año alternan dos estaciones: una favorable a la vegetación y otra desfavorable, como sucede en los países tropicales y templados.

Asociaciones biológicas.

No hay seres vivos aislados en la Naturaleza, sino que se relacionan entre sí formando asociaciones. Tanto en el reino animal como vegetal, estas asociaciones son muy diversas.

Unas veces se agrupan **seres de la misma especie** (asociaciones intraespecíficas): rebaños, colonias, asociaciones gregarias, sociedades de insectos, como abejas, hormigas, termitas; o bien pinares, robledales, encinares, choperas...

Otras veces se asocian seres de **distinta especie** (asociaciones interespecíficas) y éstas tienen mayor interés biológico; pueden ser asociaciones vegetales, como las praderas, el matorral y los bosques (ver texto de quinto año).

Son más interesantes, y nos detendremos más, en algunos tipos de asociaciones de seres de distinta especie, como son: el **inquilinismo**, el **comensalismo**, el **mutualismo** o **simbiosis** y el **parasitismo**.

Estas asociaciones obedecen a razones nutritivas o de defensa. Generalmente una de las especies establece una situación de dominio a expensas de la otra, variando mucho el grado de intimidad entre ambos socios. Por eso no es fácil señalar siempre los límites entre unas y otras asociaciones y, por tanto, el catalogar los casos particulares en una u otra denominación.

Asociaciones biológicas intraespecíficas.

Las más importantes son:

- **La familia.** Es la asociación de los progenitores y la prole. Puede ser **monógama** (una pareja y pocas crías: paloma); **polígama** (un macho y muchas hembras: gallinas).

Según la influencia sobre la prole, la familia puede ser también: **matriarcal** (escorpión); **filial** (peces), etc.

- **La asociación gregaria:** Los animales se asocian con fines defensivos, nutritivos o para la emigración.

Puede presentar diversas formas:

Asociación gregaria puramente pasiva. Son animales de una misma generación que viven juntos, pero sin orden ni dirección. Ej.: **los bancos** de sardinas y arenques, las **nubes** de langosta.

Asociación de animales herbívoros con alguna dirección: Ej.: los **rebaños** de bisontes, de elefantes, **piaras** de jabalíes, **tribus** de focas y morsas... Suelen estar dirigidos por alguno o algunos machos viejos.

Asociación ocasional con fines emigratorios: es propio de algunos roedores y numerosas aves (garzas, codornices, golondrinas...) Con frecuencia hay una dirección y las aves marchan ordenadas.

- **La sociedad.** Es una asociación propia de los llamados **insectos sociales** **abejas, avispas, hormigas, termes.**

Sus características son:

- 1.º La **especialización** del trabajo entre los individuos. Lo que ocasiona anatómica y funcionalmente diversas **castas**: casta **reproductora** (machos y hembras fecundos) y casta **trabajadora** (individuos estériles).
- 2.º Su **maravillosa actividad instintiva**. Tanto su extraordinaria organización social como la perfección de las obras que realizan, en las que hay resueltos complicados problemas de ingeniería, es obra puramente del instinto: no necesitan aprendizaje, ni hay ningún perfeccionamiento en su trabajo; siempre lo han hecho igual. En esto se diferencian esencialmente del hombre.
(Véanse más detalles en nuestro libro Ciencias Naturales, 5.º Curso).

- **La colonia.** Es un conjunto de individuos nacidos por generación de uno primitivo procedente de un huevo.

Son muy conocidos los casos de los Celentéreos.

Suelen tener formas arborescentes o cespitosas. Cada individuo se llama **zooides**; la parte carnosa común a todos los individuos de la colonia o **cenosarco** suele estar protegida o incrustada de sustancias córneas o calizas que constituyen el **polípero**. Este adquiere a veces gran desarrollo y sus aglomeraciones constituyen las islas de coral o madreporicas.

Las colonias pueden ser **homomorfas**, como en el caso del coral rojo y las madreporas: todos los individuos son iguales; y **heteromorfas**, en las que hay diferenciación morfológica y división de trabajo entre los zooides. Así, en el caso del pólipo llamado *Podocoryne cárnea*, que suele vivir sobre la concha del cangrejo ermitaño, hay cuatro clases de individuos: **gastrozoides** (alimentación), **blastozoides** (reproducción), **acantozoides** (defensa), **macozoides** (defensa con células urticantes).

Asociaciones biológicas interespecíficas.

Las más importantes son:

1.º Inquilinismo.

Es una asociación de dos seres, de los que uno, llamado **inquilino**, se aloja en el interior del cuerpo del otro, sin producirle ningún perjuicio. El inquilino busca aposento o posada, de ahí el nombre.

Así ciertos crustáceos viven protegidos por las conchas de los moluscos; algunos pececillos (*Fierasfer*) buscan asilo en el interior de las *holoturias* (figura 28-10). En estos casos, el inquilino únicamente disfruta del alojamiento, y la nutrición la realiza por su cuenta.

Esta forma de asociación está difundida en el reino animal; los grandes animales marinos suelen transportar numerosos y variados inquilinos.

2.º Comensalismo.

Es un fenómeno bastante difundido también en el reino animal, y consiste en la **asociación de dos seres**, uno de los cuales (**comensal**) **saca provecho**, generalmente, **de carácter nutritivo**, y el otro (**huésped**) **no es perjudicado**. Son casos de comensalismo los que existen entre las bacterias y protozoos intestinales y los animales sobre los que viven. Estos seres microscópicos se alimentan de las heces fecales. Así sucede con las Opalinas de las ranas; los Ophryoscolex de los rumiantes; las amibas intestinales del hombre...

Otras veces el comensal puede valerse del huésped **para trasladarse de un sitio a otro**, como sucede con el pez rémora, que por medio de una ventosa cefálica se adhiere a los tiburones, cetáceos...

También es notable el caso de **comensalismo-inquilinismo** existente entre numerosos peces diminutos con las grandes medusas: los pecillos nadan protegidos por la umbrela de la medusa y defendidos por sus células urticantes. La asociación entre hormigas y pulgones es también un caso de comensalismo.

Una especie comensal puede multiplicarse dentro del organismo que la nutre y alberga, hasta tal punto que se convierta en parásito.



Fig. 28-10.—El Fieraster es inquilino de las holoturias.

ASOCIACIONES BIOLÓGICAS (cont.)

3. Mutualismo o simbiosis.

En esta asociación, los seres asociados (simbiontes) se agrupan con beneficio mutuo; de ahí su primer nombre.

Los ejemplos típicos de simbiosis los ofrece el reino vegetal, existiendo también entre animales, e incluso entre animales y vegetales.

Simbiosis entre vegetales.—El caso más conocido es de los líquenes (simbiosis entre algas y hongos).



Fig. 29-1.—Simbiosis de alga y hongo.

Tanto las algas como los hongos tienen que vivir independientemente en lugares húmedos o en el agua. En cambio, los líquenes resisten perfectamente ambientes secos (rocas peladas y abrasadas por el sol) o muy fríos (bajo la nieve de las altas montañas o en regiones polares).

En la asociación, el hongo pone a disposición del alga humedad y sales minerales. A cambio, disfruta de los materiales orgánicos elaborados por el alga, que dispone de clorofila y realiza la fotosíntesis (fig. 29-1).

Recuérdese el caso de simbiosis existente entre ciertas bacterias y las raíces de las leguminosas (**bacteriorrizas**). Esta asociación tiene gran interés práctico en agricultura, ya que gracias a ella no sólo se desarrollan las leguminosas, sino que dejan el terreno enriquecido de nitrógeno para ulteriores cosechas (fig. 31-3).

Otro caso conocido de simbiosis entre vegetales es el de las **micorrizas** o unión de ciertos hongos con las raíces de algunas plantas, principalmente árboles (castaño, haya, pino, avellano) (fig. 29-2).

Hay micorrizas **ectotrofas** en las que el micelio del hongo hace las veces de pelos absorbentes de la raíz, favoreciendo al árbol, del que reciben sustancias nutritivas (fig. 29-2).

Y micorrizas **endotrofas** en las que el micelio vive entre las células del parénquima. Son frecuentes en los suelos mantillosos.



Fig. 29-2.—Hongos (micorrizas) en las raíces de un avellano.



Fig. 29-3.— El paguro vive en simbiosis con las actinias.

Simbiosis entre animales.—Entre los casos más notables de simbiosis animal se cita el de la esponja *Suberites domuncula*, que envuelve y aloja al cangrejo marino *Dromia*. El cangrejo goza de la protección de la esponja, a cambio de transportarle en busca de alimento.

Más conocido es el caso del cangrejo ermitaño (*Pagurus bernardus*) que protege su desnudo abdomen cobijándose en una concha de caracol vacía; sobre ésta se asientan algunas actinias, para establecer con el ermitaño una simbiosis (fig. 29-3). El cangrejo transporta los actinias para que hallen más fácilmente el alimento. Si se arranca una actinia de la concha ocupada por el ermitaño, éste la busca, la coje con sus pinzas, la vuelve a colocar donde estaba y procura que quede bien adherida. En esta operación la actinia no molesta al cangrejo, pues no descarga sus células urticantes.

Simbiosis entre animales y plantas.—Hay algas clorofílicas unicelulares (zooclorelas) o bien feofíceas (zooxantelas), que penetran en el interior de animales de organización inferior, como Protozoos (amibas), Celentéreos (hidras), Rotíferos, Platelminfos (turbelarios), estableciendo con ellos una auténtica asociación mutualista. Las algas hallan protección y CO_2 desprendido en la respiración animal, para su función clorofílica; en cambio, el animal se beneficia del O_2 que se desprende en la fotosíntesis de las algas.

Merecen mención, como caso notable de simbiosis entre plantas y animales, el que existe entre las numerosas bacterias que viven en la panza de los rumiantes y el huésped que las acoge.

Las bacterias, mediante unos fermentos especiales, digieren la celulosa, de la que se beneficia el rumiante. Por su parte, el animal presta a las bacterias abundante alimento, una buena temperatura y una vivienda segura.



Fig. 29-4.—Parásitos externos e internos.

4.º El parasitismo: sus características.

Es una asociación en la que uno de los seres (**parásito**) se instala en otro (**huésped** u **hospedante**) viviendo a sus expensas. Hay, pues, aquí un beneficiado y un perjudicado.

La condición de parásito implica, como se deduce de la definición anterior, estas tres características: **alojamiento sobre un huésped, la vida a costa de él y el daño que le produce.**

Los parásitos, atendiendo al lugar que habitan, pueden ser:

- **Ectoparásitos** o **parásitos externos:** Viven en la superficie exterior del huésped (piojos, pulgas, mosquitos). Suelen **transmitir** enfermedades (figura 29-4).
- **Endoparásitos** o **parásitos internos:** Viven en el interior del cuerpo del huésped (tenia, triquina, lombriz intestinal) (fig. 29-4). Suelen **producir** enfermedades.

También pueden ser:

Parásitos temporales o **permanentes**, según que vivan sobre el huésped tan sólo algunos ratos para nutrirse durante una fase de su vida, o lo hagan de modo permanente.

Hay también parásitos **facultativos** (muchas bacterias) y **absolutos** (protozoo del paludismo).

Los parásitos se pueden desarrollar sobre un solo huésped, como las lombrices blancas o bien sobre dos o más huéspedes. En este caso hay un **hospedante definitivo** que es aquel en el que el parásito alcanza la forma adulta y un **hospedante intermedio** en el que pasa la forma larvaria.

El proceso completo se llama **ciclo biológico**. Así en la *Taenia solium* o del cerdo, el hospedante intermedio es el cerdo, y el definitivo, el hombre (figura 29-9).

En el caso de la **duela del hígado** hay tres hospedantes: un caracol, un pez y un hombre.

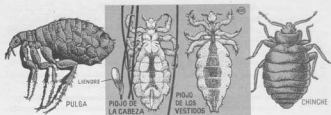


Fig. 29-5.—Ectoparásitos con las extremidades adaptadas a su género de vida.

Efectos del parasitismo.

1.º Sobre el parásito:

Los parásitos presentan una serie de alteraciones en su morfología y estructura impuestas por el género de vida; es decir, una serie de modificaciones que pudiéramos reducir a esta ley general: la característica principal del parasitismo es la regresión morfológica y funcional del parásito.

- En los endoparásitos desaparecen los órganos de locomoción; suele ser efecto de la abundancia de alimento que el huésped pone al alcance de los mismos (fig. 29-4).
- Los ectoparásitos suelen conservar las extremidades, modificándose convenientemente sea para el salto (pulga), sea para fijarse (piojos) (figura 29-5).
- Los órganos de fijación, destinados a mantenerlos unidos al huésped, suelen ser de distinta naturaleza: a veces son ventosas; otras, ganchos, y, en ocasiones, ambas cosas a la vez (tenia del cerdo (fig. 29-4)).
- Los parásitos que viven en líquidos digeridos (tenias), pierden también el aparato digestivo, circulatorio, excretor...
- Los órganos de los sentidos se atroflan: los endoparásitos suelen ser ciegos. Sin embargo, los ectoparásitos los conservan.
- Como no siempre es fácil que un parásito encuentre un huésped adecuado, en compensación suelen tener muy exaltadas las funciones reproductoras, para producir gran cantidad de gérmenes y facilitar así las probabilidades de que algunos lleguen a su destino. Por eso:
 - a) El hermafroditismo suele ser frecuente en los parásitos.
 - b) También suele presentarse la partenogénesis (pulgonés).
 - c) Cuando son unisexuales, macho y hembra suelen ir asociados, viviendo aquél a modo de parásito de ésta, asegurando así la descendencia.

2.º Sobre el huésped:

Los ataques de los parásitos sobre el huésped producen efectos variables: unas veces, insignificantes; otras, fatales. Algunos de estos efectos son: acción tóxica (enfermedades infecciosas); picaduras y lesiones en los tejidos (arador de la sarna, bacilo de la tuberculosis); debilitamiento (solitaria).

Desde luego, el huésped reacciona a la agresión poniendo en juego diversos sistemas de defensa, procurando eliminar al indeseable cliente y destruirlo.

- A veces aísla al invasor por ciertas cubiertas (perlas de la madreperla, quistes de triquina, quiste hidatídico), agallas de las plantas.
- El organismo tiene **defensas directas**, como los **leucocitos** de la sangre, que luchan directamente contra los microbios invasores. También producen **antitoxinas**, que neutralizan las toxinas microbianas. La producción de **anticuerpos** que disuelven (**lisinas**), precipitan (**precipitinas**), o aglutinan (**aglutininas**) los gérmenes patógenos, tienen un papel importante en la defensa del organismo.
- La **inmunización**, que hace a un organismo invulnerable para ciertos agentes. Puede ser natural o adquirida. (Véase la Bacteriología).

Los parásitos más importantes.

Para dar una idea de la magnitud y extensión de la vida parasitaria y de su importancia, en vez de hacer una reseña detallada, citaremos los ejemplos más notables de parasitismo, tanto en el reino vegetal como en el animal.

Vegetales parásitos.

El parasitismo está muy extendido en el reino vegetal, sobre todo en las plantas inferiores.

Las numerosas enfermedades del hombre y de los animales, **de origen bacteriano**, son el resultado de la acción parasitaria de esos diminutos vegetales sobre aquéllos: la tuberculosis, la difteria, el tifus, la peste, la pulmonía, etc.

Los **hongos** al no tener clorofila tienen que desarrollarse con frecuencia como parásitos.

Producen enfermedades en las plantas. Ej.: las royas de los cereales, el carbón del trigo, maíz; el cornezuelo del centeno, el oidio de la vid, el mildiu de la vid.

Producen también enfermedades en los animales y en el hombre, conocidas con el nombre genérico de **micosis**. Ejemplos:

- La **tiña**, producida por el hongo *Trichophyton tonsurans*.
- La **aspergilosis**, producida por el *Aspergillus fumigatus*.
- La **actinomicosis**, producida por el *Actinomyces*.

Estas dos últimas enfermedades originan afecciones pulmonares, semejantes a la tuberculosis de la que se diferencian fácilmente por análisis.

Entre las **plantas Fanerógamas** también las hay parásitas. Unas son **holoparásitas**, carentes de clorofila, con hojas rudimentarias o sin ellas, como la Cúscuta (figura 39-6), que vive arrollada al tallo de la alfalfa y otras plantas; el Orobanche (fig. 29-7) y el Cytinus, que suelen emitir órganos succionadores capaces de arrollarse a las raíces de la planta huésped.

Hay otras que son **hemiparásitas**. Estas poseen clorofila y pueden, por tanto, sintetizar la materia orgánica en la fotosíntesis. Pero al mismo tiempo pueden emitir órganos chupadores, que se hunden en los tejidos de otros vegetales, a los que sustraen parte de su savia. Por ejemplo: el muérdago (*Viscum*), que vive sobre los árboles (manzano, pino...).



Fig. 29-6.—Cúscuta.



Fig. 29-7.—Orobanche o jopo.

Animales parásitos.

Son muy numerosos los animales parásitos, sobre todo entre los protozoos y metazoos de organización inferior.



TRIPANOSOMA



PLASMODIO

Entre los **protozoos** merecen citarse:

- *Trypanosoma gambiense*: causante de la enfermedad del sueño.
- *Plasmodium vivax, malariae*: producen el paludismo (fig. 29-8).
- *Entamoeba histolytica*: que ocasiona la disentería amebiana.
- *Leishmania donovani*: que produce la esplenomegalia tropical o Kalaazar.

Entre los **gusanos** también abundan los parásitos:

- *Fasciola hepática*: que produce una clase de ictericia.
- *Taenia solium* y *saginata* (fig. 29-9). La *T. echinococcus*, productora del quiste hidatídico.
- *Trichinella spiralis*: produce la triquinosis.
- Las lombrices blancas (*Oxyuris*) y la intestinal (*Ascaris*) (fig. 29-9), son parásitos intestinales muy difundidos.

Fig. 29-8.—Parásitos que viven en la sangre.

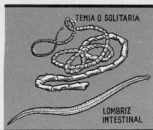


Fig. 29-9.—Diversos gusanos parásitos.

— Las *Filarias*, *Anchilostoma*, son también gusanos que producen trastornos patológicos.

En el grupo de los **insectos** hay que citar una serie de especies como agentes intermediarios en la transmisión de enfermedades:

- Plojos: transmiten la rickettsia, que produce el tifus exantemático.
- Mosca común: transmite el bacilo de la fiebre tifoidea.
- Pulga: transmite el bacilo de la peste
- Mosquito anófeles: transmite el agente del paludismo.
- Mosca tse-tse: la enfermedad del sueño.
- Chinchas, ladillas...

Junto a esos agentes transmisores, hay insectos que producen auténticas plagas:

- Langosta: ataca toda clase de cultivos.
- Pulgones (frutales, legumbres).
- *Filoxera* (vid).
- *Dorifora* (patata).
- Gorgojos (granos).
- Procecionaria del pino (las hojas del pino).
- Mariposas de la col (los campos de coles).
- *Termes* (madera).
- Mosca del olivo, la lagarta, la carcoma de la madera...

Merece mención, finalmente, el grupo de los **Acaros**, que también pueden producir molestias: el arador de la sarna, el *Demodex folliculorum*, que vive en las glándulas sebáceas, el *Ixodes* o garrapata, parásita frecuentemente en los animales domésticos.

Es de gran interés para el hombre el estudio integral de los parásitos (distribución geográfica - ciclo de desarrollo - costumbres de los agentes transmisores - sus disfraces...). Este estudio, en muchas ocasiones, puede dictarle seguras normas para combatir muchas de las enfermedades de origen parasitario. Los grandes progresos de la Higiene se deben, en parte, al mejor conocimiento de la biología de los parásitos productores de enfermedades infecciosas, porque permite su destrucción directa o bien indirectamente combatiendo a los agentes transmisores.

Este estudio de los parásitos le permitirá también utilizar los **antagonismos biológicos** —casi siempre son casos de parasitismo— para destruir unos parásitos por la acción de otros. Esto es lo que se ha llamado la **lucha biológica**, excelente medio de combatir las plagas que afectan principalmente a las plantas.

Así, para destruir los pulgones, por ejemplo, el mejor medio es favorecer el desarrollo de otros insectos que los destruyen: la mariquita y su larva; el *Novius cardinalis* (destruye el poll-roig del naranjo); el *Aphelinus mali* (destruyen el pulgón lanífero del manzano), y diversos *Ícneumónidos* que ponen sus huevos sobre los pulgones, destruyéndolos por medio de sus larvas (fig. 29-10).



Fig. 29-10.—Ícneumónido poniendo sus huevos en un pulgón. La larva se desarrolla en su interior.

LOS GRANDES BIOTOPOS

Biocenosis y biotopos.

Suele darse el nombre de **biocenosis** al conjunto de seres (animales y vegetales) que viven en un mismo sitio o ambiente, debido a que tienen exigencias muy semejantes.

Y se llaman **biotopos** a estos ambientes biológicos o espacios vitales, de características determinadas, en que habita una biocenosis.

Los biocenosis pueden ser grandes y pequeños: desde los grandes bosques hasta una charca o un tronco podrido.

En todos los casos constituyen auténticas unidades biológicas en el concierto de la Naturaleza. Y los diversos miembros que integran una biocenosis están enlazados por íntimas relaciones de recíproca dependencia, que implican casi siempre diversos fenómenos de adaptación. Es lo que se llama **equilibrio biocenótico**.

Si se rompe este equilibrio (por introducción de un elemento extraño importante o supresión de una especie integrante de una biocenosis), todo el conjunto se resentirá y hasta puede peligrar su existencia. Citaremos algún ejemplo aclaratorio:

- 1.º Es sabido que muchas de las plantas cultivadas son víctimas del ataque de una multitud de insectos. Estos tienen como enemigos, entre otros, a una serie de pájaros. Si se somete a estas aves a un despiadado exterminio como ha sucedido en algún país con los gorriones, no es de extrañar que la seguridad de las plantas se vea seriamente comprometida.
- 2.º Sabidos son los efectos perniciosos causados en el régimen forestal de algunos países mediterráneos como Grecia, Yugoslavia y España, por una excesiva libertad otorgado al ganado cabrío.

En este orden de ideas es aún más demostrativo y contundente el fenómeno ocurrido en la isla de Santa Elena.

Hasta el siglo XVI poseía esta isla, situada en plena región tropical, cerradas formaciones forestales.

En este siglo introdujo el hombre la cabra en dicha isla. Al cabo de un siglo, los citados ovinos se habían multiplicado mucho. Llevados de su voracidad, las cabras pronto dieron buena cuenta de los arbustos y brotes tiernos de los árboles, lo mismo que de las plantas herbáceas. El suelo, al perder la protección vegetal, fue víctima de una fuerte erosión pluvial. Y así, a fines del siglo XVIII, la isla de Santa Elena prácticamente no contaba ya con bosques.

Los biotopos o ambientes biológicos fundamentales.

Los dos biotopos fundamentales son: el **aéreo** y el **acuático**. Cada uno de ellos comprende, a su vez, otros dominios o distritos biológicos más reducidos. Expondremos algunas ideas acerca de estos dos ambientes o habitats biológicos.

BIOTOPO O HABITAT ACUATICO

La vida en el mar.

La vida seguramente tuvo su origen en el mar y en las aguas marinas se desarrolló durante las primeras fases de la Tierra. Actualmente la mayoría de los seres vivos viven también en el mar en donde la exuberancia de la vida tanto vegetal como animal, es muchísimo más rica que en el medio terrestre si no en cuanto a especies, sí en cuanto a la cantidad global de seres vivos.

Las variaciones en las condiciones físicas del medio acuático son mucho más reducidas y menos bruscas que en el biotopo terrestre.

A pesar de ello, existen también en el mar **diversidad de medios biológicos**, debido a las diferencias de salinidad, temperatura, profundidad, corrientes marinas, proximidad a las costas, etc.

La mayoría de los vegetales que viven en el mar son algas, cuya uniformidad constitutiva es muy grande.

Los animales acuáticos presentan las siguientes particularidades:

- 1.º Los **tegumentos** son menos fuertes que en los terrestres.
- 2.º Los **órganos locomotores** son aletiformes y actúan a modo de remos.
- 3.º La **forma** de su cuerpo suele ser fusoidea en general.
- 4.º La **respiración** es cutánea o branquial en la mayoría de los casos.
- 5.º La **reproducción** se realiza con fecundación externa.

Todos los animales marinos se pueden agrupar, por su modo de vida, en tres grupos de características propias.

Animales planctónicos.

Plancton es el conjunto de seres, larvarios o adultos, que flotan pasivamente en las aguas, o si nadan, no pueden resistir los movimientos de las corrientes (figura 30-1).

Los animales planctónicos forman el zooplancton que está constituido principalmente por Protozoos, Celentéreos, Crustáceos (Copépodos), larvas de Peces, Gusanos...

Sus tres características más importantes son:

- 1.º **Transparencia.** Para estos seres es una auténtica defensa: se confunden con el agua. Tal sucede en muchas medusas y larvas de animales.
- 2.º **Flotabilidad.** La consiguen de varias formas:

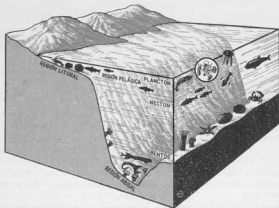


Fig. 30-1.—Los distintos tipos de animales marinos.

- Enriqueciendo los tejidos en agua, lo que los comunica igual densidad que el medio (medusas).
 - Acumulando grasas, como los huevos de ciertos peces (sardina).
 - Aumentando la superficie de contacto con el agua por medio de largos apéndices, cilios, membranas... (larvas de equinodermos, gusanos y moluscos).
 - Suprimiendo elementos minerales, como los Copépodos, que poseen su caparazón quitinoso desprovisto de CO_2Ca .
- 3.ª **Su cantidad prodigiosa**, sirviendo de alimento, junto con el fitoplancton, a los restantes animales que pueblan las aguas marinas.

Animales nectónicos.

Se llama **necton** el conjunto de animales **dotados de movimientos propios, por medio de órganos de notación**. Se trasladan activamente, pudiendo nadar incluso contra las corrientes, a diferencia de los planctónicos.

Algunas de sus características son:

- 1.º Su forma es **fusoidea**, o sea la más apropiada para avanzar en el agua. Son ejemplos manifiestos, los Peces, Cetáceos, Serénidos...
- 2.º Las **extremidades** están bien desarrolladas; son las aletas pares de los peces nadadores.
- 3.º Las **formaciones esqueléticas** sufren una regresión, para que la sustentación sea más fácil. Así, los crustáceos nectónicos tienen un caparazón finísimo; los peces tienen su esqueleto poco mineralizado.
- 4.º **Carecen de órganos de fijación**, por ser animales eminentemente nadadores.

Animales bentónicos.

El **bentos** es el conjunto de animales que **viven en el fondo marino**. Ahora bien, estos animales pueden vivir (fig. 30-1):

— **Fijos**, sujetos al fondo: es el **bentos fijo** (gusanos tubícolas, esponjas, algunos pólipos...).

— **Nadando** sobre el suelo marino, en el que a veces se apoyan para desplazarse. Constituyen el **bentos errante** (rayas, lenguado, torpedo...).

Los animales bentónicos pertenecen a numerosos grupos (Esponjas, Cefalópodos, Gusanos, Peces, Crustáceos, Equinodermos).

He aquí algunos de sus caracteres:

- 1.º Tienen los **órganos locomotores** atrofiados o rudimentarios. Recuérdense algunos (Equinodermos, Moluscos, Anélidos).
- 2.º Frecuentemente **llevan órganos de soporte o de fijación**, máxime si viven en colonias (Esponjas, Gusanos tubícolas).
- 3.º Tienen forma variada:
 - **Arborescente**: es exclusiva de animales coloniales (Esponja, Cefalópodos, Briozoos).
 - **Aplanada**: como los peces batoideos (rayas, torpedo).
 - **Radiada**: la mayoría de los Equinodermos.
 - **Vermiforme**: Gusanos tubícolas, etc.
- 4.º No es raro en ellos el **mimetismo** morfológico y, sobre todo, el cromático, lo que les permite pasar inadvertidos entre sus enemigos.

Regiones biológicas marinas.

En el mar suelen distinguirse tres regiones biológicas: **litoral**, **pelágica** y **abisal**. Ahora bien, estas regiones no son compartimentos estancos; un animal de una región puede vivir en otra, por lo menos transitoriamente, como lo confirman las migraciones tanto en sentido horizontal como en el vertical.

Atendiendo al **fondo del mar** se distinguen varias zonas (fig. 30-2):

- **Plataforma continental**: hasta 200 m.
- **Talud continental**: 200 a unos 3.000 m.
- **Zona batial**: 3.000 a unos 5.000 m.
- **Zona abisal** propiamente dicha: 5.000 m. en adelante.

Fig. 30-2.—Zonas y regiones que se distinguen en el mar.



En sentido horizontal suelen llamarse (fig. 30-2):

- **Región litoral o nerítica**, la parte de mar que cubre la plataforma continental.
- **Región pelágica o alta mar**, la parte de mar que cubre profundidades mayores de 200 metros.

En ésta, a su vez, se distinguen en sentido vertical:

- a) Zona epipelágica diáfana o fótica: hasta los 200 m. Es la zona iluminada. El resto es zona afótica y comprende a su vez:
- b) Zona mesopelágica: 200 a 1.000 metros.
- c) Zona batipelágica: profundidades superiores a 1.000 metros.

Región litoral.

Presenta los siguientes caracteres:

- El suelo es de naturaleza diversa: rocosa, arenosa, aluvial...
- El oleaje es un fenómeno constante.
- La amplitud de la marea es variable de unas costas a otras; depende también de las épocas del año.
- La máxima profundidad de sus aguas es de 200 metros.

Los animales que habitan estas aguas están adaptados a fuertes variaciones del medio: temperatura, salinidad, impetu del oleaje, mareas, escasez de O₂... La adaptación se verifica por medio de:

- 1.º La blandura o **flexibilidad del organismo**; permite al animal resistir los choques (colonias de pólipos).
- 2.º Las fuertes **formaciones calcáreas**, como sucede en las madreporas, Crustáceos, Moluscos.
- 3.º La formación de **cavidades o galerías**, perforando las rocas (Moluscos litófagos).
- 4.º La **sujeción a un soporte** con diversos medios de fijación (mejillones, percebes, lapas).
- 5.º La fabricación de **estuches** resistentes (Gusanos tubícolas).

Región pelágica.

Está habitada por los seres planctónicos y nectónicos; es decir, que viven flotando o nadando en la zona fótica. En ellos las formaciones esqueléticas están poco desarrolladas, y la mayor parte de los planctónicos, incluso, son transparentes y tan delicados, que muchos perecen al ser arrastrados a la región litoral. Entre los peces pelágicos están los más importantes desde el punto de vista económico.

Región abisal; sus caracteres.

En términos generales, esta región comienza donde empieza el dominio oceánico, por un brusco talud, el talud continental.

Los animales que viven en esta región lo hacen en condiciones ambientales muy especiales. Señalemos algunas:

- **Ausencia de topografía accidentada:** el suelo abisal, en su mayoría es fangoso o arenoso, rara vez rocoso. Los limos son orgánicos (*Globigerinas-Radiolarios*), o bien minerales (arcilla roja). El fondo es extraordinariamente uniforme y suave.
- **La temperatura abisal es baja y uniforme.** Ya a los 1.000 m. de profundidad la temperatura es de unos 4° C. y a los 5.000 m. es próxima a los 0° C.
- **Carencia absoluta de luz solar,** ya desde unos centenares de metros, aunque las radiaciones violeta lleguen a más de 1.000 metros. Esto lleva consigo la carencia de vida vegetal autótrofa en estas regiones.
- **Las corrientes marinas** son prácticamente nulas.
- **Las presiones de los grandes fondos son colosales.**
- **Escasea el O₂.**

La inmensa mayoría de los animales abisales presentan una serie de **curiosas adaptaciones** al medio ambiente tan especial en que viven; son, sobre todo, debidas a la carencia de luz.

- 1.ª **Unos animales abisales son ciegos** (*Peces-Moluscos*). En compensación, la boca es muy grande.
- 2.ª **A veces tienen ojos grandes,** como los crepusculares terrestres, para aprovechar al máximo los escasos rayos luminosos emitidos por los órganos fosforescentes de especie que allí viven.
- 3.ª **Hay peces en que los ojos se asientan sobre pedúnculos,** recordando los gemelos de teatro (**ojos telescópicos**).

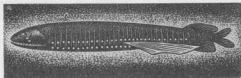


Fig. 30-3.—Peces abisales fosforescentes.

- 4.ª **Poseen órganos fosforescentes:** éste parece ser un carácter general (figura 30-3).
- **La fosforescencia puede ser difusa.** A veces hay seres que presentan una **fosforescencia cambiante**, predominando el color rojo, verde y azul. Hay, incluso, especies que cambian rápidamente la luz roja por la verde o viceversa, a modo de semáforos. Tal sucede con ciertos pólipos (*Gorgónidos*), corales, *actinias* y algunas grandes *estrellas de mar* (*Brisingas*).



Fig. 30-4.—Los largos apéndices es propio de los crustáceos abisales.

— O bien pueden tener **órganos fosforescentes diferenciados**: Ya esparcidos por la piel, ya colocados en grupos y en puntos estratégicos (figura 30-3). La mayoría de las veces existe, sobre todo en los peces, una línea sencilla o doble,

de órganos fotógenos a ambos costados del cuerpo. Con cierta frecuencia, los órganos luminosos están colocados cerca de los ojos y más rara vez en el extremo de largos apéndices frontales.

5.º **Los órganos táctiles adquieren gran desarrollo.** Suplen así parcialmente las deficiencias de la visión. Ciertos Crustáceos presentan antenas de longitud superior a un metro (fig. 30-4)

Se han encontrado animales abisales hasta en las fosas marinas más profundas, a 11 kilómetros.

Propiedades de las aguas continentales.

- La extensión de estas aguas es relativamente pequeña.
- Su profundidad carece de importancia también, salvo excepciones.
- Difieren mucho unas de otras.
- La salinidad es muy escasa en general; predominan en ellas los carbonatos. La salinidad media aproximada es de 0,18 por mil, o sea, unas 200 veces menor que la de las aguas marinas.

La fauna dulceacuícola.

Es muy pobre comparada con la fauna marina. La constituyen en su mayoría animales de ascendencia terrestre adaptados a la vida acuática. Otros son marinos eurihalinos, es decir, resistentes a la variación de salinidad. Otros pertenecen a faunas residuales de otras épocas geológicas, como los Dipnoos de los ríos australianos.

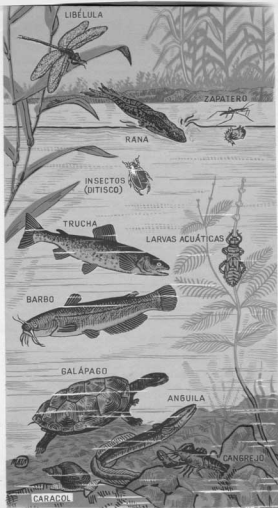
La vida en las aguas continentales.

Limitándonos a la fauna, distinguiremos entre fauna de las aguas corrientes y la de las aguas estancadas.

Fauna de las aguas corrientes.

Es la de los ríos, arroyos, torrentes.

En esta clase de aguas salta a la vista que las condiciones bióticas varían notablemente, según se las considere en su tramo superior o inferior.



LIBÉLULA

ZAPATERO

RANA

INSECTOS
(DITISCO)

TRUCHA

LARVAS ACUÁTICAS

BARBO

GALÁPAGO

ANGUILA

CANGREJO

CARACOL

- **En la cabecera de los arroyos de montaña**, las aguas son frescas, limpias y aireadas; la temperatura baja, poco variable. Por eso su fauna es especial y bastante escasa, pues son pocos los peces adaptados a nadar contra la corriente (redfílos). Estos suelen tener cuerpo robusto y musculoso. Tal sucede con las truchas. Entre los invertebrados pueden citarse las larvas de ciertos insectos (*Frigáneas*), que suelen albergarse en unos tubos fabricados con finas piedrecitas, sólidamente aglutinadas. Hay también cangrejos de río y diversos moluscos.
- **En las zonas bajas de los r** las condiciones climáticas son más benignas, y en ellas tiene lugar una intensa sedimentación de materiales. También se depositan gran cantidad de sustancias nutritivas. Los peces que habitan estas zonas son menos exigentes en oxígeno, y de menor vigor muscular (*barbos, carpas*).

Fauna de las aguas remansadas.

Estas aguas son más heterogéneas que las corrientes. Basta comparar las lagunas de altas montañas y las turberas de aguas ácidas con escasa vida animal; las charcas temporales, los estanques, pantanos y lagos de muy diversas profundidades...

En esta clase de aguas viven, adheridos a los filamentos de las algas, numerosas hidras; también abundan crustáceos, sanguijuelas, larvas de libélulas y de efémera, coleópteros y hemípteros acuáticos. Todos estos animales suelen constituir la base nutritiva de los peces que habitan tales aguas.

En el cieno del fondo viven numerosos *lamelibranquios* y algunos gusanos, que se nutren de materia orgánica. Estos animales suelen ser presa preferida de peces como *tencas, anguiles, lucios, carpas, gambusias*. Son abundantes también los *anfíbios*: rana, sapo, salamandra, sobre todo en su fase larvaria, y otros. (Ver lámina.)

Fauna dulceacuícola especial.

Pudiera designarse así la que habita en las aguas intensamente saladas de muchos países esteparios (lagunas y lagos salados): algunos crustáceos, larvas de ciertos mosquitos. Existen aguas tan saladas como las del Lago Salado, en Utah, de 222 por 1.000 de salinidad.

Otra fauna curiosa es la que habita ciertas aguas termales de temperatura de 50° C. (*Rotíferos*, algunos *Coleópteros*).

BIOTOPO O AMBIENTE AEREO

La vida en la superficie terrestre.

La tierra firme presenta condiciones de vida muy diferentes a las del medio acuático, en donde seguramente apareció la vida y vivieron los primeros seres vivos, tanto plantas como animales. La vida en tierra firme ha debido ser, pues, precedida de una acomodación. Por eso, al estudiar este biotopo,

indicaremos las modificaciones que implica, tanto en animales como en vegetales, y cuya manifestación más saliente se refiere a los dispositivos respiratorios: posesión de pulmones y tráqueas en los animales y la formación de estomas en las plantas.

Pero dentro del biotopo aéreo hay una gran variedad de ambiente relacionados, sobre todo, con el clima. Este depende de muchos factores: la temperatura, que varía con la intensidad de los rayos solares y con su duración; la humedad; la altitud; las lluvias, vientos, proximidad o alejamiento del mar, etc. Es decir, que al mismo tiempo hay muchos factores que contribuyen a la formación de una gran variedad de ambientes biológicos. Lo cual ocasiona una gran variedad de biocenosis.

En general, puede decirse que la vegetación terrestre es mucho más variada y rica que la acuática. En cambio, la vida animal terrestre es mucho más pobre que la equivalente marina, en cuanto al número de individuos, aunque no en cuanto al número de especies.

Animales terrestres: sus caracteres.

La vida animal en tierra firme lleva consigo una serie de **adaptaciones**:

- 1.ª Tienen mucha importancia los **tegumentos** que protegen contra la desecación. Están constituidos por formaciones protectoras de células muertas: capa córnea de la piel, pelos, plumas, escamas, cubierta de quitina (artrópodos).
- 2.ª La **respiración** es pulmonar o traqueal.
- 3.ª Las **extremidades** generalmente tienen mayor desarrollo que en los acuáticos.
- 4.ª La **reproducción** se realiza con fecundación interna.

Los animales terrestres por excelencia son los *Insectos*, *Miriápodos*, *Arácnidos*, *Reptiles*, *Aves* y *Mamíferos*, sin querer decir con esto que el medio acuático no posea representantes de estos **grupos**.

Dentro de los animales terrestres, existen diversas adaptaciones especiales a los diferentes medios en que el animal desarrolla su actividad, lo que origina diversos **tipos ecológicos** de animales terrestres.

Tipos ecológicos de animales terrestres.

- a) **Animales terrícolas**.— Son los animales que viven sobre la superficie del suelo.

Sus adaptaciones más manifiestas son: **el color**, que se confunde con la coloración del medio (animales de los desiertos y estepas). **La huida de sus enemigos**: unas veces fabrican madrigueras (conejos) (fig. 30-5); otra vez están adaptados a la carrera con largas patas (ungulados). **Los diversos tretos** de simulación a distancia (avestruz).



CONEJO SILVESTRE

Fig. 30-5.—Los conejos son animales típicamente terrícolas; tienen el color del suelo; se esconden en madrigueras; huyen con gran rapidez.



MURCIÉLAGO

Fig. 30-6.—El murciélago es un mamífero aerícola (Quiróptero).

b) **Animales aerícolas.**—Son los animales voladores.

Los animales aerícolas por excelencia son los Insectos, con órganos propios para el vuelo (alas). También son típicamente aerícolas las Aves, con extremidades anteriores adaptadas al vuelo.

Finalmente los Quirópteros (murciélagos) entre los Mamíferos; tienen el **patagio**, membrana extendida entre las extremidades, la cola y el costado, para mejor desarrollar el vuelo (fig. 30-6).

c) **Animales acuícolas.**—Son los animales terrestres que viven en el agua durante más o menos tiempo.

Son acuícolas algunos Insectos (zapateros, dípteros, girínidos), Mamíferos (nutria, castor) y, sobre todo, las Aves palmípedas y zancudas.

d) **Animales arborícolas.**—El régimen arborícola implica una serie de adaptaciones.

— **Para la trepa.**—Las aves trepadoras tienen los dedos en dos paquetes opuestos; en los monos, el dedo pulgar es oponible a los otros dedos en las cuatro extremidades; otras veces los dedos terminan en discos adhesivos, como en la rana de San Antonio y la salamandrina.

— **Para fijarse a las ramas.**—Además de las extremidades prensiles, presentan con frecuencia una cola muy larga, que también es prensil (camaleón, muchos monos).

Fig. 30-7.—El galeopiteco es un animal arborícola típico; tiene una especie de patagio que le permite planear.



— **Para trasladarse** de unos árboles a otros. Gozan, sobre todo, de una agilidad muy notable y a veces de unas expansiones cutáneas que les permiten planear (*Galeopiteco*) (fig. 30-7).

e) **Animales cavernícolas.**—Son los que habitan en las cuevas. Forman una fauna pobre, poco estudiada, y constituida, sobre todo, de *Insectos*. Suelen presentar estos animales escasa pigmentación y pierden los ojos. En compensación, suelen tener muy desarrollados los órganos táctiles.

f) **Animales subterráneos.**—Son los que están adaptados para trasladarse en el interior de la tierra. También en estos animales es escasa la pigmentación y se les atrofian los ojos.

Unos tienen régimen zapador, por lo que las extremidades anteriores adquieren la forma de paletas y están dirigidas lateralmente (*alacrán cebollero*, *topo*) (fig. 30-8).

Hay veces que los animales subterráneos pierden las extremidades y toman aspecto de gusanos, como ciertos anfibios (*Caecilia gracilis*).

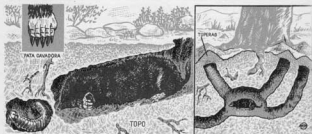


Fig. 30-8.—El topo es el animal subterráneo y zapador más conocido.

Tipos ecológicos de vegetales terrestres.

Prácticamente son terrestres todas las plantas conocidas, exceptuando el numeroso grupo de *Algas marinas* y algunas plantas superiores, adaptadas al régimen acuático en las aguas estancadas.

De ellas se sirve el hombre para fines alimenticios e industriales.

He aquí algunos tipos **ecológicos** de plantas, atendiendo a su desarrollo y modo de vida:

a) **Plantas leñosas.**—Son las matas leñosas, arbustos y árboles. Sus raíces suelen tener gran desarrollo. Las hojas caen periódicamente en el período desfavorable (*manzano*), o bien persisten constantemente (*pino*). Florecen y fructifican varias veces en su vida.

Las plantas leñosas se agrupan formando el bosque, que es el biotopo vegetal más importante. Hay un bosque ecuatorial o selva virgen en que la vegetación está en continua actividad. Y un bosque de verano, en el que hay paralización invernal de la vitalidad. Está formado por árboles de hoja caduca y por coníferas.

b) **Plantas herbáceas.**—Pueden ser anuales o perennes.

Las **anuales** viven un periodo vegetativo y fructifican una sola vez. También son de este tipo las plantas que viven varios años si su fructificación es única (*remolacha, pita*). Por eso se llaman **monocárpicas**. Las **perennes** tienen su parte aérea caduca. Pero su parte subterránea es **persistente**. Fructifican varias veces. Por eso se llaman **poliárpicas**. Son de este tipo las plantas con rizomas, bulbos...

Las plantas herbáceas forman un biotopo característico que es la **pradera**. Presentan diversas variedades, según el clima:

los **prados** de las regiones templadas y húmedas.

la **estepa**, propia de climas estremados, como la estepa rusa y la pradera americana.

el **páramo** de las zonas altas y frías.

la **sabana** de las regiones tropicales, donde predominan las gramíneas de tallo alto y hay algunos árboles.

la **tundra** de las regiones polares, formada a base de musgos y líquenes.

c) **Lianas o bejucos.**—Son plantas trepadoras (fig. 30-9); nacen en el suelo, pero se sirven de otras a modo de soportes para buscar la luz.

Tienen grandísimo desarrollo y son numerosísimas en la selva virgen. En nuestras latitudes crecen poco y se sirven de diversos dispositivos para trepar (discos adhesivos, raíces adventicias, zarcillos, aguijones). Son, por ejemplo: las *habichuelas, lúpulo, corregüela, vid, viña virgen, hiedra, zarzamora*...

Fig. 30-9.—Lianas y epifitas.



Fig. 30-10.—La chumbera tiene los tallos crasos y las hojas reducidas a espinas.



d) **Plantas epifitas.**—Son las plantas que viven exclusivamente sobre otras, independientes del suelo (fig. 30-9). En nuestras latitudes tienen escasa importancia (*muérdago*, algunos musgos y líquenes). En el bosque ecuatorial son muy numerosas.

e) **Plantas crasas.**—Son propias de lugares secos. La mayoría de sus adaptaciones van encaminadas a evitar las pérdidas de agua.

En unas plantas los órganos suculentos son las hojas (*Crasuláceas*); en otra, los tallos (*chumberas* y *cactus*) (fig. 30-10).

Estas plantas predominan en las regiones desérticas.

El desierto es un biotopo de condiciones extremadas. La vegetación no es continua, sino espaciada. Las plantas están adaptadas a la sequedad, son de tipo xerófilo o de tallos crasos. Predominan las formas espinosas y de ramas finas.

Las áreas geográficas de distribución de los seres vivos.

La Biogeografía estudia la **distribución** de los seres vivos **sobre la superficie de la Tierra** y las **causas** de esta distribución.

Los organismos no están distribuidos uniformemente en el globo. Cada especie animal o vegetal vive en un área preferida, reducida o extensa, siempre en consonancia con las mejores condiciones ambientales para ellos. Es evidente que cierto grado de calor, luz, humedad, alimentos, tal vez óptimos para una especie animal o vegetal, pueden resultar fatales para otra.

Debe advertirse que los animales, por su facultad de moverse, tienen mayor facilidad para luchar contra el ambiente y para dispersarse que los vegetales. Estos están más ligados al clima y al suelo.

Se llama **centro de dispersión** al punto desde el cual una especie determinada se difundió por la superficie del globo terrestre. Es difícil, en general, señalar el lugar de aparición de una especie. Se acepta, sin embargo, esa posibilidad.

Área geográfica de una especie animal o vegetal es la porción de territorio, con parecidas condiciones climatológicas, en que habita esa especie. La dispersión es consecuencia del crecimiento numérico de individuos y de la búsqueda de un ambiente adecuado a su vida.

El área geográfica de dispersión puede ser continua y discontinua.

— **Es continua:** si el área de ocupación prácticamente está ininterrumpida; es decir, que en todas las zonas del área se encuentran siempre algunos individuos. Por ejemplo: los Andes, para la llama.

— Otras veces la distribución geográfica de la especie es **discontinua**, por ocupar zonas terrestres muy alejadas, sin tener representantes en los lugares intermedios: como ocurre con los elefantes y cocodrilos, o bien con el haya y el naranjo.

Las especies que están difundidas en amplias zonas, ocupando prácticamente todo el mundo, reciben el nombre de **cosmopolitas**. Ejemplo: las moscas, el gorrión, las algas... En cambio, las especies cuya expansión es limitada y se encuentran acantonadas en una región, se llaman **endemitas** o **regionales**. Ejemplo: el canguro, que sólo vive en Australia.

Recibe el nombre de **habitat** el **lugar** en que vive una especie y **el conjunto de las condiciones naturales** que la rodean.

En la distribución actual de las especies, desde luego, ha jugado un papel decisivo la historia geológica de nuestro globo, modificando las condiciones de habitabilidad de los mares y de los continentes, exterminando unas especies, obligando a emigrar a otras, originando factores de detención: mares, cordilleras...

Medios de dispersión.

Tanto las plantas como los animales se han valido de diversos medios naturales para dispersarse e invadir nuevas áreas geográficas. Citaremos algunos:

- 1.º **Las corrientes de agua.**—Tanto las corrientes marinas como los ríos transportan cantidades fabulosas de pequeños seres, como algas, protozoos, esporas, huevos de peces, frutas, semillas y hasta grandes árboles, en cuyos troncos pueden viajar pequeños animales.
- 2.º **Los vientos.**—Son activos agentes de diseminación animal y vegetal. Los vientos juegan un papel importante en el transporte de ciertos gérmenes, causantes de epidemias; arrastran materialmente a muchas aves; a los insectos alados, arañas, etc., así como multitud de esporas y semillas.
- 3.º **El clima.**—El clima impone una auténtica clasificación vegetal y aun los animales con dificultad superan los factores climáticos.
- 4.º **Las relaciones geográficas.**—La facilidad de comunicación entre diversas comarcas es un factor a favor de la dispersión biológica. En cambio, una cadena montañosa, una zona de mar, puede ser una barrera infranqueable para un animal o vegetal.
- 5.º **La acción del hombre.**—El hombre contribuye a la diseminación de los seres vivos intensificando los cultivos vegetales o la cría de animales, o bien transportándoles voluntariamente de un sitio a otro. Por eso la mayoría de los animales domésticos son actualmente cosmopolitas. Muchos animales han sido transportados involuntariamente en los navíos, como arañas, cucarachas, dorifora, filoxera...

Distribución geográfica de los seres vivos.

Se conoce el área de distribución de las principales especies vivientes. Sin embargo, no se ha logrado uniformidad de criterios en lo concerniente a la división del Globo en grandes **regiones** biológicas y su subdivisión en **provincias**.

Regiones biogeográficas marinas.

Se admiten cinco grandes regiones biogeográficas oceánicas (fig. 30-11):

- 1.ª Región boreal.**—Comprende los mares árticos desde unos 40° latitud Norte hasta el Polo Norte. En esta región ejercen una influencia decisiva tres corrientes marinas: la del Golfo, la de Labrador y la de Kuro-Sivo. Dominan entre las algas las **Feofíceas** (*Laminaria-Fucus*). Son **peces** importantes de esta región, entre otros: esturión, sardina, arenque, bacalao, merluza, atún, bonito. Entre los cetáceos, la ballena de Groenlandia y el narval; y entre los pinnípedos, la foca y la morsa.
- 2.ª Región atlántico-tropical.**—Comprende las aguas tropicales del Atlántico, situadas entre 40° Norte y 40° Sur. Hay que destacar en ella la corriente del Golfo, corriente cerrada, dejando encerrado el Mar de los Sargazos. Abunda todo tipo de algas, pero los Sargazos ocupan extensiones fabulosas. En las Antillas hay arrecifes de coral. Entre los peces, abundan los tiburones, lampreas, anguillas, atún...
- 3.ª Región indopacífica.**—Comprende las aguas cálidas del Océano Índico y Pacífico, situadas entre 40° Norte y 40° Sur. Está recorrida por la corriente de Kuro-Sivo y la Ecuatorial Sur. La flora, constituida por algas, es sumamente variada. La fauna es rica, sobre todo en zonas litorales y donde abundan acantilados y atolones; esponjas de todos los tipos, grandes bancos de coral y de madréporas, constituyendo gigantescos arrecifes-barrera (Australia). Destacan, entre los peces, los tiburones; entre los mamíferos, el dugongo. Hay también algunos reptiles y grandes tortugas marinas.
- 4.ª Región austral.**—Comprende el Océano Austral, desde el paralelo 40° Sur hasta el Polo Sur. Tiene influencia decisiva en esta región la corriente antártica, que se dirige de Oeste al Este. La flora de este mar está constituida, sobre todo, por diatomeas, y las gigantes feofíceas *Macrocystis pirifera* (hasta 200 m.), que forman auténticos bosques submarinos. Son típicos de este mar los grandes Crustáceos (langostas), así como las sardinias, anchoas, arenques. Entre los Mamíferos, el elefante marino.

Regiones biogeográficas terrestres.

Seguimos la división de Wallace, generalmente adoptada (fig. 30-11):

- 1.ª Región paleártica.**—Comprende las tierras frías y templadas del Antiguo Continente. Abarca toda Eurasia, incluidas África del Norte y Centro de Asia. Como se comprende, sus condiciones climatológicas son muy variadas. Abarca cuatro provincias: europea, mediterránea, la siberiana y la manchuriana.
 - **La europea.**—En ella abundan los bosques de coníferas y de hoja caduca, las estepas... Y entre los animales, los antilopinos, diversos carnívoros y roedores, muchos ungulados, etc.
 - **La mediterránea.**—Es montañosa, predominan los matorrales y arbustos; y entre los animales, el camello, asno, los grandes carnívoros, los roedores, diversos reptiles, escorpión, etc.
 - **La siberiana.**—Es llana y fría. Comprende la tundra y la taiga. Son animales

Animales típicos son las *jirafas*, *cebras*, *elefantes*, *avestruz*, *león*, *gacelas*, *serpiente pitón*, *cocodrilos*, *monos*, etc.

- 5.º **Región oriental.**—Comprende China Meridional, India, Indochina, Archipiélago Malayo. Al Norte está limitado por el muro himalayo.

Su flora está compuesta de bosques subtropicales y matorrales, en zonas reducidas hay tupidos bosques.

Son animales típicos: *elefante*, *rinoceronte*, *cebú*, *gibón*, *orangután*, *cobra*...

- 6.º **Región australiana.**—Comprende Australia y gran parte de las islas de Oceanía; unas son de tipo montañoso (Nueva Zelanda y Nueva Guinea), otras son volcánicas; otras, atolones.

El aislamiento geográfico ha originado una flora y fauna características.

La vegetación es variada: *eucaliptos*, *cocotero*, *acacias*...

La fauna está representada por el *canguro*, *ornitorrinco*, *ave del paraíso*, *kiwi*...

LOS CICLOS VITALES

Interdependencia de los seres vivos entre sí.

El conjunto de los seres vivos que pueblan nuestro planeta constituyen un todo armónico y admirable. Nada sobra y nada falta en esa magnífica cadena de seres enlazados y relacionados perfectamente. La eliminación de uno de esos eslabones acarrearía la desaparición de la vida. Bastaría pensar lo que sucedería en la Tierra sin plantas verdes, o bien sin las bacterias que purifican las aguas de los ríos que reciben tantos detritus. Tampoco sería posible la vida sin las bacterias de la putrefacción, que destruyen todos los cadáveres de seres vivos y devuelven sus elementos constitutivos a la tierra o al aire. Dentro de esta armonía y equilibrio de la Naturaleza, los animales y plantas que viven en cada uno de los ambientes están más íntimamente relacionados entre sí y su interdependencia es mucho mayor, naturalmente.

Pero la interdependencia es general, sobre todo en factores tan esenciales para la vida como la alimentación.

Los vegetales con pocas excepciones son autótrofos: elaboran sus alimentos a partir de las sustancias minerales: agua, sales minerales y CO_2 . Con las sustancias orgánicas que elaboran alimentan a los animales herbívoros y a las plantas no verdes. Los animales carnívoros se alimentan de los herbívoros. Infinidad de microorganismos descomponen los restos de animales y plantas y los restituyen al suelo en forma mineral.

Así se cierra la cadena que permite la existencia de los seres vivos; cualquier eslabón que falle resulta fatal para el conjunto.

En este proceso, que se repite sin cesar, cada elemento biogénico recorre un ciclo que, en líneas generales, es idéntico para todos. Del estado inorgánico en que se encuentran, como elementos simples o en combinaciones sencillas (CO_2 , H_2O ...), pasan al estado orgánico, formando parte de las sustancias elaboradas por los seres vivientes. Se puede decir que van fluyendo constantemente a través de los seres vivos, aportando energía a los mismos y permitiendo el desenvolvimiento de la vida.

Una vez realizada esta misión son liberados de nuevo por medio de complicados procesos analíticos, volviendo al estado inorgánico, para continuar indefinidamente sus ciclos vitales.

Veamos por separado el ciclo completo de cada uno de los elementos más importantes.

Ciclo geoquímico del carbono.

El carbono es el más característico de los elementos biogénicos. Sin carbono no hay materia orgánica. El 18 por 100 de la materia de los animales y el 11 por 100 de la materia vegetal son carbono.

En la atmósfera hay grandes cantidades en forma de CO_2 . En el mar la cantidad es aún mayor en forma de CO_2 y de carbonatos y bicarbonatos. En la litosfera hay enormes masas de piedra caliza de origen orgánico y grandes yacimientos de carbón y de petróleo, los materiales más ricos en carbono. ¿De dónde procede todo este carbono?

Antes de desarrollarse la vida en nuestro planeta tuvo que estar el carbono exclusivamente en forma inorgánica. Posiblemente en forma de grafito y diamante en las capas más profundas de la corteza terrestre. La parte que emergió hacia la superficie cuando la temperatura de la tierra era aún alta se oxidaría dando CO_2 , que al reaccionar con las bases daría los carbonatos no orgánicos. Estos, al descomponerse en los focos volcánicos, originarían el CO_2 , que pasaría a la atmósfera para formar parte, más tarde, de los seres vivos por la fotosíntesis, entrando así en el ciclo biológico.

Después, una parte del carbono orgánico se convierte, mediante las madrepóras y otros organismos, en los carbonatos que originan las rocas calizas. Otra parte origina las rocas carbonosas y el petróleo, completando así el ciclo geoquímico.

Ciclo biológico del carbono.

1. El carbono (C) existe en la atmósfera combinado con el oxígeno, formando el dióxido de carbono (CO_2). Su proporción en el aire es del 0,03 por 100, proporción exigua, pero que dada la gran masa de aire que constituye la atmósfera, supone enormes cantidades de este gas, llamado también gas carbónico.

Existe un mecanismo automático por el que se mantiene constantemente la concentración del CO_2 en la atmósfera. Consiste en que el CO_2 se disuelve en el agua del mar al aumentar su proporción en el aire y se libera de nuevo cuando ésta disminuye. En otras épocas geológicas, la proporción del CO_2 atmosférico debió ser mucho mayor, tal vez hasta de 7 por 100, debido posiblemente a la gran actividad volcánica. Lo que permitió una vegetación mucho más exuberante que la actual, como sucedió en el período Carbonífero, al final de la Era Primaria.

2. De la atmósfera pasa el carbono a las plantas terrestres y a las algas marinas en la función clorofílica o fotosíntesis. Y de las plantas y las algas pasa a los animales herbívoros y a los peces, y por ellos, a los carnívoros.

Así queda en estado orgánico formando parte de la materia viva, bajo la for-

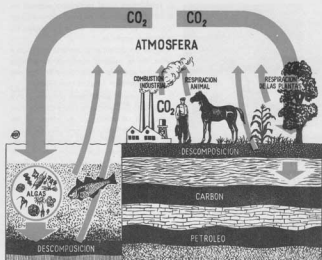


Fig. 31.1.—El ciclo biológico del carbono en la naturaleza.

ma de hidratos de carbono, de grasas o de proteidos, todos ellos productos endotérmicos capaces de liberar energía en su descomposición.

También puede fijarse formando parte de los productos de descomposición de los seres vivos, constituyendo el humus de los terrenos o los depósitos de carbón y de petróleo resultantes de la acumulación y fermentación de ingentes cantidades de restos orgánicos de épocas pretéritas.

3. El carbono completa su ciclo volviendo de nuevo a la atmósfera en forma de CO_2 por alguno de los siguientes procesos:

- por la respiración de las plantas y animales, tanto terrestres como marinos.
- por la descomposición de la materia orgánica; es decir, de los restos de animales y plantas, tanto en tierra como en el mar.
- por las combustiones industriales en las que se quema la madera, carbón o petróleo, productos muy ricos en carbono. Por estas combustiones se devuelve a la atmósfera el carbono que quedó fijado en los seres vivos en otras épocas geológicas.

Este ciclo vuelve a repetirse indefinidamente

Estado actual del conocimiento de la fotosíntesis.



Fig. 31-2. — El profesor Severo Ochoa, premio Nobel de química por sus trabajos sobre la fotosíntesis y los ácidos nucleicos.

La fotosíntesis es el fenómeno esencial en la transformación del carbono inorgánico en orgánico y, por tanto, en la formación de la materia orgánica.

Consiste en sintetizar la materia orgánica a partir de la mineral, mediante la energía de la luz captada por la clorofila. Por eso se llama también función clorofílica.

Es un fenómeno sumamente complejo, cuya explicación posiblemente no se conoce aún. Parece ser, al menos en su inicio, de naturaleza electrónica. Los gránulos de clorofila formarían una batería eléctrica que disociaría al agua. Los profesores Severo Ochoa (español), Calvin y Arnon (americanos) han conseguido realizar la fotosíntesis fuera de la célula utilizando cloroplastos aislados.

Las investigaciones recientes realizadas utilizando isótopos radiactivos la explican así:

Las plantas verdes absorben CO_2 por las hojas y partes verdes; H_2O , por las raíces, y energía luminosa mediante la clorofila, transformándola en **energía química**. Esta transformación es lo esencial en la fotosíntesis.

Con esos materiales y la energía química obtenida se van formando los hidratos de carbono: la glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), la sacarosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), el almidón ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n y la celulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_x.

Después, mediante los nitratos y otras sales absorbidas por las raíces y a través de una serie de transformaciones poco conocidas, se forman los lípidos y los glúcidos.

En el fenómeno de la fotosíntesis pueden distinguirse tres fases:

- 1.ª **Absorción de la energía luminosa** por el ATP (adenosintrifosfato), que la almacena en forma de energía química.
- 2.ª **Fotólisis del agua**.—La energía luminosa captada por la clorofila provoca la disociación electrolítica del agua:

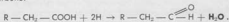


El oxígeno se desprende. Este oxígeno procede del H_2O y no del CO_2 , como antes se creía.

- 3.ª **Asimilación del CO_2** , que mediante la energía química del ATP, reaccionaría con compuestos orgánicos ya existentes en las células (ribulosa), dando cuerpos de tipo ácido (ácido 3P glicérico).

En fórmula general: $R - CH_2 - H + CO_2 \rightarrow R - CH_2 - COOH$.

El H naciente liberado en la segunda fase reduce el grupo COOH de los ácidos producidos y origina los grupos funcionales típicos de los hidratos de carbono:



Esta última fase se realiza en ausencia de la luz (fase oscura).

Quimiosíntesis.

Cierto número de bacterias tienen la propiedad de elaborar los hidratos de carbono necesarios para su vida, sin emplear la energía luminosa, por carecer de clorofila.

Utilizan la energía química procedente de las oxidaciones producidas en su propio protoplasma. Este fenómeno, similar a la fotosíntesis, se denomina quimiosíntesis.

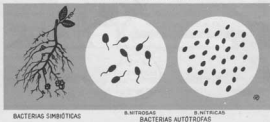
Las principales bacterias que lo realizan son:

— **Las bacterias nitrificantes.**—Aprovechan el nitrógeno amoniacal; es decir, el amoníaco procedente de las descomposiciones orgánicas o de las descargas eléctricas, y lo transforman primero en nitritos y después en nitratos.

Hay, pues, en este proceso dos fases:

- 1.ª **Nitrosación.**—El amoníaco o las sales amoniacales del suelo se convierten en nitritos por oxidación. Lo realizan las bacterias *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus* (fig. 31-4).
- 2.ª **Nitración.**—Los nitritos, mediante nueva oxidación, pasan a nitratos, que ya son directamente asimilables por las plantas. Las bacterias que lo realizan son los *Nitrobacter* y *Nitrocystis*. Todas estas bacterias son autótrofas; es decir, que elaboran o sintetizan sus propios alimentos a partir de la materia mineral. La energía necesaria la sacan de las reacciones de oxidación del amoníaco y de los nitritos.

Fig. 31-3.—Algunas bacterias que intervienen en el proceso de fijación del nitrógeno en los suelos.



- **Las sulfobacterias.**—Elaboran sus alimentos utilizando la energía de la oxidación del SH_2 y producen azufre.
- **Las ferrobacterias.**—Transforman el carbonato de hierro en hidróxido férrico y de esta reacción sacan la energía para sus síntesis alimenticias.

El ciclo del nitrógeno.

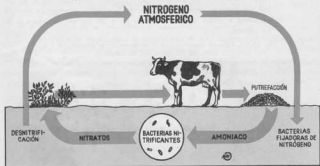
El nitrógeno mineral se halla en la Naturaleza en tres formas, sobre todo:

- **Libre (N_2),** formando parte del aire, del que constituye el 78 por 100 de su volumen. Esto supone que sobre cada Ha de terreno hay unas 70.000 toneladas de nitrógeno.
- **En forma amoniacal;** es decir, como amoníaco (NH_3) y sales amoniacales. De este modo se halla algo en la atmósfera, y sobre todo en los suelos, como resultado de la descomposición y fermentación de la materia orgánica.
- **En forma nítrica,** constituyendo los nitratos del suelo vegetal y de los yacimientos de este abono.

1.º Del aire pasa directamente al suelo por medio de las bacterias fijadoras de nitrógeno, entre las que están las *Clostridium* y las *Azotobacter*, descubiertas por el biólogo ruso Winogradski. Las *Clostridium* son anaerobias, viven bien en terrenos ácidos, húmedos y poco aireados; fijan relativamente poco nitrógeno. La energía necesaria para el proceso de fijación la toman de los hidratos de carbono sobre los que viven.

Mucho más importantes son las *Azotobacter*: son aerobias, viven y se desarrollan abundantemente en terrenos cultivados y bien aireados (de aquí la necesidad de labrar y remover bien las tierras de cultivo para su enriquecimiento en nitrógeno, y de aquí también la justificación del barbecho español).

Fig. 31-4.—El ciclo del nitrógeno en la naturaleza.



Unas y otras forman compuesto oxigenados del nitrógeno, que con las bases del suelo forman nitratos directamente asimilables por las plantas.

- 2.º Del aire puede pasar el nitrógeno libre directamente a ciertas plantas, como son las leguminosas. Estas llevan en sus raíces unos tubérculos o nudosidades repletas de una bacteria del género *Rhizobium*, que viven en simbiosis con la planta (fig. 31-3). Normalmente, esta bacteria vive saprofita en el suelo, pero tiene la propiedad de parasitar en las raíces de las leguminosas, de cuyos compuestos hidrocarbonados se alimenta. En este caso toma el nitrógeno directamente del aire y forma proteínas, que son una fuente de nitrógeno para su simbiote, la leguminosa. Además, al pudrirse las raíces de la leguminosa que quedan en el terreno, éste queda muy enriquecido en nitrógeno, como se comprueba en las cosechas siguientes.
- 3.º Y por fin, las bacterias nitrificantes autótrofas, de que hemos hablado (figura 31-3), transforman el amoníaco de la descomposición de las sustancias proteicas: primero, en ácido nitroso, y después, en ácido nítrico, el cual, apenas formado, reacciona con las bases del suelo y forma los nitratos.
- 4.º Del suelo pasa el nitrógeno a las plantas, que lo toman en forma de nitratos, cuya asimilación, para formar las proteínas, va emparejada con la función clorofílica.
- 5.º De las plantas pasa a los animales, quienes lo utilizan para sintetizar sus sustancias proteicas, eliminándole después en la desasimilación en forma de urea y derivados.
- 6.º Por putrefacción de los residuos orgánicos, cadáveres, etc., y por la descomposición de la urea y derivados, el nitrógeno vuelve de nuevo al suelo en forma amoniacal, de donde una pequeña parte pasa y queda libre en la atmósfera por la acción de ciertas bacterias llamadas desnitrificantes. El ciclo vuelve a repetirse, como se ve en el gráfico (fig. 31-4).

Otros ciclos vitales.

Describiremos brevemente, entre los ciclos de los demás elementos biológicos, el del oxígeno, el del azufre y el del fósforo.

Ciclo del oxígeno.

1. El oxígeno se halla en la atmósfera en cantidad notable, ya sea libre (O_2), 21 por 100, o combinado con el carbono, formando el CO_2 (0,03 por 100). También se halla formando parte del agua y de muchas sales del suelo.
2. El oxígeno libre pasa a los animales y a las plantas por la respiración y vuelve de nuevo a la atmósfera en forma libre por la función clorofílica.
3. Y el oxígeno combinado pasa a los seres vivos por la función clorofílica y por las sales del suelo, que son absorbidas por las plantas, y vuelve a

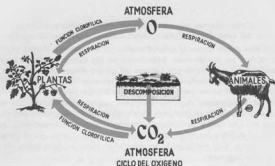


Fig. 31-5.—Ciclo del oxígeno.

la atmósfera, en forma de CO_2 y de H_2O , por la respiración de animales y plantas y en las descomposiciones orgánicas (fig. 31-5).

Ciclo del azufre.

El azufre se encuentra en la naturaleza libre y combinado, formando sulfuros y sulfatos. Prácticamente sólo algunos sulfatos son absorbidos por las plantas. Así pasa el S al estado orgánico formando parte de bastantes prótidos. De las proteínas vegetales pasa a los animales.

El azufre pasa de nuevo al estado mineral en las putrefacciones de restos orgánicos y cadáveres, bajo la forma de SH_2 , que forma sulfuros. Estos, por oxidación, se convierten en sulfatos, empezando de nuevo el ciclo.

Ciclo del fósforo.

1. El fósforo (P) existe en la Naturaleza en forma mineral, constituyendo los fosfatos (fosforita, apatito y otros).

La fosforita (fosfato tricálcico) y las demás sales naturales no son solubles en el suelo y no pueden ser absorbidas por los vegetales. No obstante, por la acción de los ácidos del suelo, sobre todo el ácido carbónico, se van transformando lentamente en otras sales, entre las que está el fosfato monocálcico, que ya es soluble y puede ser absorbido por las plantas.

2. El fósforo penetra en las plantas siempre en forma oxidada (ácido fosfórico) y pasa a formar parte de las proteínas vegetales. Por medio de éstas pasa a los animales, localizándose en cantidad notable en diversas sustancias, como la yema de huevo, leche, etc. Con frecuencia forma parte de los ácidos nucleicos y, en general, de los grupos prostéticos de los prótidos.
3. Finalmente, al producirse la descomposición de los prótidos que le contienen, vuelve de nuevo al suelo, donde se fija en forma de fosfatos.

INDICE

		Pág.
	Preliminares	11
Cap.	1.—Enzimas y vitaminas	18
"	2.—Las hormonas y los oligoelementos	26
"	3.—Morfología celular	32
"	4.—La célula vegetal	40
"	5.—Fisiología de la célula	46
"	6.—La multiplicación celular	52
"	7.—Histología animal	58
"	8.—Los tejidos de sostén	63
"	9.—Tejidos muscular y nervioso	69
"	10.—Histología vegetal	81
"	11.—La sangre, la linfa y el plasma intersticial	90
"	12.—El aparato digestivo en el hombre	98
"	13.—La digestión y las glándulas digestivas	107
"	14.—Los fenómenos de la digestión y absorción del ali- mento	117
"	15.—El metabolismo	127
"	16.—El aparato respiratorio y la respiración	138
"	17.—Fisiología de la respiración	142
"	18.—El aparato respiratorio y el linfático	157
"	19.—La circulación sanguínea y linfática	168
	APENDICE.—El aparato excretor	178
"	20.—La reproducción	184
"	21.—Genética. Leyes de Mendel	196
"	22.—Genética (cont.)	202
"	23.—Genética humana	207
"	24.—Elementos de bacteriología y virología	212
"	25.—Elementos de Inmunología	225
"	26.—Epidemiología	235
"	27.—Enfermedades infecciosas	239
"	28.—ECOLOGIA. Las adaptaciones biológicas al medio ambiente	248
"	29.—Asociaciones biológicas (cont.)	260
"	30.—Los grandes biotopos	268
"	31.—Los ciclos vitales	285

Pedidos a **LIBRERIA S. M.**

GENERAL TABANERA, 39 - MADRID (19)
TELEFONOS 208 68 05 Y 208 58 40