

CARLOS YÁÑEZ BRAVO

Prof. de Biología y Química  
en el Liceo N.º 1 de Hombres  
«Valentín Letelier». — Santiago.  
Prof. de Estética en la Escuela  
de Bellas Artes de Viña del Mar,  
Chile.

# LECCIONES DE BIOLOGIA

## LOS SERES VIVIENTES LA NUTRICIÓN ANIMAL Y VEGETAL

Materia correspondiente al 4.º Año de Humanidades

(Tercera edición aumentada con 62 grabados  
y dos láminas en colores).

(Dibujos de Iván Yáñez P.)



1944.

Editorial «YÁÑEZ-MAYDL».

Santa Filomena 256

SANTIAGO

MUSEO PEDAGOGICO  
DE CHILE

Adquirido .....

Donante Fresia Yáñez Raposo

Fecha SANTIAGO, 18-XI-1965

MUSEO PEDAGOGICO  
DE CHILE

INVENTARIO

N.º de orden .....

CARLOS YÁÑEZ BRAVO  
Prof. de Biología y Química  
en el Liceo N.º 1 de Hombres  
«Valentín Letelier». — Santiago.  
Prof. de Estética en la Escuela  
de Bellas Artes de Viña del Mar,  
Chile.

574  
Y218  
1944  
4º H

# LECCIONES DE BIOLOGIA

LOS SERES VIVIENTES

LA NUTRICIÓN ANIMAL Y VEGETAL

Materia correspondiente al 4.º Año de Humanidades

(Tercera edición aumentada con 62 grabados  
y dos láminas en colores).

(Dibujos de Iván Yáñez P.)

R

15082

1944.

Editorial «YÁÑEZ-MAYDL».  
Santa Filomena 256  
SANTIAGO



MUSEO PEDAGOGICO  
CARLOS STUARDO ORTIZ  
BIBLIOTECA

27 SEP. 1985

## DOS PALABRAS

Esta tercera edición de «Lecciones de Biología», para el 4.º Año de Humanidades, ha sido aumentada convenientemente y está adornada con dibujos y esquemas que pueden ser de gran utilidad al estudiante.

De ninguna manera tienen una pretensión de alto valor científico, sino que su finalidad es más bien didáctica, pues están destinados a ayudar al estudiante del cuarto año de humanidades en la preparación general de sus repasos, certámenes escritos y exámenes de fin de curso.

La totalidad de la obra está consagrada, principalmente, a una serie de exposiciones de conjunto ordenadas de tal manera que el estudiante se ve poco a poco introducido en los problemas esenciales de la Biología, y atrae su inteligencia a la reflexión y hacia el conocimiento de los fenómenos fundamentales de la vida.

He dedicado también unas pocas páginas a la parte práctica, pero ella de preferencia queda entregada a la iniciativa del profesor y a los medios materiales con que cuenta el establecimiento educacional.

El estudiante encuentra aquí todas las materias que, de acuerdo con los programas para el segundo ciclo de humanidades, se tratan en el cuarto año. Según las nuevas tendencias de la pedagogía, los textos de estudio y apuntes, no deben darle todo hecho al estudiante, sino que deben completar la acción práctica del maestro, guiando al alumno en sus experiencias de laboratorio e investigaciones en general.

Esta obra tiene, pues, la finalidad de servir de guía a los jóvenes estudiantes del 4.º año de humanidades, en la asignatura de BIOLOGIA, y a la vez puede utilizarse como un medio de divulgación de los fenómenos biológicos más importantes de la vida del hombre, de los animales y de las plantas.

También queremos hacer referencia a las numerosas cartas de felicitaciones recibidas de los profesores de Biología que, a lo largo del país, nos hicieron el honor de adoptar este libro como guía para los alumnos del 4.º año de humanidades. Para ellos nuestros agradecimientos y nuestra voluntad de servirlos.

**C. Y. B.**

Santiago, Marzo de 1944.

## INFORME TECNICO DEL MEDICO DIETISTA DE LA IV ZONA HOSPITALARIA.

*He revisado el texto del Sr. Carlos Yáñez Bravo, y puedo afirmar que la relación de los temas está ajustada a los cánones científicos así como a los conceptos modernos de la materia.*

*Quiero felicitar en especial al Sr. Yáñez Bravo por el párrafo que se refiere a la mayor o menor tolerancia del organismo frente a un alimento, clasificándolos en: «perjudiciales», «poco tolerables», «tolerables» y «recomendables». Esta forma de afrontar el problema de los alimentos es una forma activa, realista, ya que un producto puede ser teóricamente de valor nutritivo, pero prácticamente ser perjudicial, pues su concentración muy alta en albúminas constituye un peligro para un organismo de frágiles emunctorios (riñón, hígado, piel, pulmones).*

*La Dietética, rama de la ciencia de la nutrición que trata de la individualización de los regímenes según las enfermedades, está basada precisamente en esa mayor o menor tolerancia, o mejor dicho, resistencia del organismo a la fuerza de concentración albuminosa o grasa de un alimento. Por ello la noción tan popular ya, de la prohibición de las grasas en casos de enfermedades del hígado y de la restricción al minimum de las carnes y huevos en las enfermedades de los riñones.*

*También hay que notar en este libro cierta pasión para defender una de las escuelas en que*

*está dividida la humanidad desde hace siglos: vegetariana y mixta. El señor Yáñez se inclina hacia la primera, pero sin fanatismo, recomendando su aplicación con mucho tacto y bajo vigilancia médica para que no se produzcan trastornos de inadaptación.*

*Es evidente que la alimentación preferentemente vegetal es el optimum. Las razas más fuertes, como millones de campesinos italianos y mejicanos, viven de preferencia de vegetales.*

*Personalmente somos partidarios del régimen ovolactovegetariano (cereales, tubérculos, verduras, frutas maduras, huevos, leche y derivados), cuando puede ser seguido sin inconvenientes de orden orgánico o psicológico, pues constituye un formidable reforzador de las defensas naturales contra las infecciones en general y la tuberculosis en particular.*

*Por todo lo anterior es de desear que en el futuro, los textos destinados a formar el espíritu científico de las nuevas generaciones, afronten los problemas más íntimamente relacionados con la eficiencia biológica. De ellos, la alimentación es fundamental. Enseñar, qué, cuándo y cuánto debe comerse, es la primera obligación didáctica.*

*El libro del señor Yáñez Bravo es un interesante modelo de que esa obligación puede ser bien cumplida.*

Dr. MANUEL VOLOSKY.  
Valparaíso.

## PRIMERA PARTE

# De la Biología en general.

Definición.— Capítulos que estudia.— Características de los seres vivientes.— Diferencias entre plantas y animales  
Constitución y estructura de los seres organizados.—  
Concepto general de célula.— Las funciones primordiales de la vida.

## DEFINICION DE BIOLOGIA

La palabra «Biología» fué empleada por primera vez por Lamark en Francia (1801) y casi al mismo tiempo por Treviranus en Alemania.

Etimológicamente se puede definir como la ciencia que estudia «la vida» (Bios = vida; logos = tratado). Pero «la vida» es una fuerza que, como tal, no acepta una definición determinada, desde el momento que nuestros sentidos son incapaces de medir «las fuerzas» sino refiriéndolas a la materia.

La temperatura la medimos refiriéndola a sus efectos sobre la columna de mercurio del termómetro; la intensidad de una corriente eléctrica la medimos por sus efectos sobre el hierro dulce, en el amperómetro, o por la cantidad de gases que es capaz de descomponer, haciéndola pasar por aparatos especiales. Así también la «vida», como fuerza de la naturaleza, si queremos estudiarla científicamente, tenemos que referirla a sus manifestaciones materiales en los seres organizados.

Por eso podemos decir más propiamente que la Biología estudia «las manifestaciones materiales de la

vida, que son susceptibles de ser percibidas por nuestros sentidos».

Es indudable que la vida se manifiesta como un desarrollo de energías que actúan en diversas formas produciendo los distintos fenómenos que denominamos «vitales».

El filósofo alemán Guillermo Ostwaldt dice, a este respecto, que la vida tiene el carácter esencial de constituir una manifestación constante de energías que se hacen presentes en el ser viviente por una serie de fenómenos que son los que estudia propiamente la BIOLOGIA.

Para confirmar esta definición de BIOLOGIA vamos a reproducir lo que dicen Huxley y Le Dantec.

Dice Huxley: «la BIOLOGIA se ocupa de todos los fenómenos que caracterizan a los seres vivientes».

Y dice Le Dantec: «la BIOLOGIA es el estudio de los caracteres y de los fenómenos vitales, tomados independientemente de las diferencias específicas e individuales».

## CAPITULOS QUE ESTUDIA LA BIOLOGIA

En primer lugar debemos mencionar la **Anatomía** macroscópica, o **Anatomía** simplemente, que estudia la forma externa de las diversas partes de los órganos de una planta o de un animal. Por eso se le puede llamar también **Organología** o **Morfología** de los órganos.

Los órganos están compuestos de «tejidos», los cuales son estudiados por otra rama de la Biología denominada **Histología** o **Anatomía Microscópica**, pues se ocupa de la constitución íntima de los organismos o de los órganos de que están formados.

El estudio de la **Histología** empieza en la **Citología**, que es el estudio morfológico y funcional de las células.

La célula es la unidad biológica inferior, pero es un elemento bastante complejo formado de diversas

substancias que se han llamado «principios inmediatos» tales como los glúcidos, las grasas, las albúminas, etc. La ciencia que trata del estudio de estas substancias se denomina **Estequiología**.

Pero los órganos, lo mismo que los tejidos y las células, están dotados de actividad, la cual es estudiada por la **Fisiología** o **Biofísica**. De modo que tenemos una fisiología de los órganos, una fisiología histológica, citológica y bioquímica, la de los principios inmediatos.

Refiriéndose al origen de los individuos, la Biología posee otra rama que se conoce con el nombre de **Ontogenia** y **Embriología**. Y en cuanto al origen de las especies existe otra rama denominada **Filogenia**, que se ocupa de las teorías de la descendencia.

Capítulos especiales de la Biología son:

a) LA SISTEMATICA, que estudia las agrupaciones de individuos según sus analogías y diferencias (clasificaciones).

b) LA BIOGEOGRAFIA, que considera a los seres según su distribución en el espacio.

c) LA PALEONTOLOGIA, que estudia las especies de acuerdo con su distribución en el tiempo, o mejor dicho, el orden de su aparición sobre la tierra, según lo manifiestan las diversas capas geológicas.

Tenemos también la BIONOMIA, de Bio = vida y nomo = ley, que es una especie de Biología especial que considera la manera característica cómo cada organismo se comporta en relación con las circunstancias en que vive y el medio que lo rodea.

La Bionomía se denomina también MESOLOGIA (meso = medio; logos = tratado) y otros la llaman ECOLOGIA que más bien se refiere al estudio de una especie de economía del organismo.

Y por último tenemos el estudio de las TEORIAS DE LA EVOLUCION Y DE LA VIDA.

Todas estas ciencias biológicas se pueden referir indistintamente a las plantas y a los animales, o sea, a la ZOOLOGIA y a la BOTANICA.

# CUADRO SINOPTICO DE LAS CIENCIAS BIOLOGICAS

BIOLOGIA	Biología general	{	Biostática	{	Organología o Anatomía macroscópica
					Histología o Anatomía microscópica
					Citología
					Estequiología
	Biología especial	{	Biofísica	{	Fisiología de los órganos
					Fisiología histológica
					Fisiología citológica
					Química biológica o fisiológica
BIOLOGIA	Biología general	{	Biogenia	{	Embriología
					Filogenia
	Biología especial	{	Biotaxia	{	Sistemática
					Biogeografía
					Paleontología
BIOLOGIA	Biología general	{		{	Zoología
					Botánica
	Biología especial	{		{	Bionomía (Mesología, Ecología)
					Teorías de la Evolución y de la vida

## CARACTERES GENERALES DE LOS SERES VIVIENTES

Si observamos diversos seres vivos, desde un protozoo hasta un mamífero superior, encontraremos en todos ellos cierto número de caracteres comunes, desde el punto de vista de su estructura, de su producción de energía, de su asimilación y desasimilación y de su reproducción.

Estas características generales nos permiten diferenciar la materia viva de la materia inanimada.

Pero debemos advertir que una diferenciación absoluta entre seres animados e inanimados, no existe como se creyó en un tiempo, pues esas diferencias, aunque capitales a la simple vista, no son en el fondo esenciales, ya que la complejidad de la materia viva así como la constitución fisicoquímica de la materia inerte, se dan la mano lejanamente en la estructura electrónica de los átomos.

Los seres vivos están constituidos por órganos o partes que proveen a sus diversas funciones, y cuya presencia es indispensable para la existencia del ser mismo.

Pero una máquina a vapor, por ejemplo, está constituida también por partes que funcionan armónicamente como los diversos órganos de un ser vivo. Entonces su carácter diferencial debemos buscarlo más profundamente en el origen de cada ser.

Y encontramos que todo ser vivo procede de otro ser vivo de idéntica naturaleza, o, como se decía antiguamente: «Omne vivum e vivo».

Otra característica de los seres vivos es su capacidad de conservar la forma propia, facultad que reside en el poder asimilador, por medio del cual el individuo dotado de vida es capaz de transformar los alimentos en materia viva, ya sea para reponer el protoplasma celular desgastado por el trabajo o para formar nuevas

células, nuevos tejidos, y en muchos animales, nuevos órganos cuando estos han sido mutilados.

Este poder regenerativo es admirable en algunos animales, tales como la salamandra, la lagartija, la estrella de mar, el tritón que puede regenerar los ojos y los gusanos de tierra la cabeza si ésta ha sido despedazada.

Otra característica de los seres vivos consiste en que estos pasan siempre por una serie de edades que en conjunto forman lo que se llama el «ciclo vital». Estas edades son tres: primero, edad juvenil o de crecimiento; segundo, edad madura o de reproducción; tercero, edad de debilitamiento o de declinación de las actividades, que termina con la muerte del individuo, pero no con la de la especie, puesto que se reprodujo en la edad madura.

Otra característica importante se refiere a «los fenómenos vitales» que no se producen jamás en otra parte que no sea el protoplasma celular, el cual viene a ser el asiento de toda «manifestación de energía», ya sea en forma de movimiento, calor, luz, electricidad, corriente nerviosa, etc.

Por último podemos considerar como una característica de los seres vivos la «irritabilidad», o sea, la capacidad de responder a los estímulos externos con reacciones diversas, típicas para cada especie. Estas reacciones tienden por lo general a la defensa del organismo y a su conservación individual.

Dice Pierantoni en su «Compendio de Biología»: «el concepto de irritabilidad va unido indisolublemente al de organismo, puesto que aquella es una propiedad de la sustancia fundamental viviente que constituye las diversas partes de los seres: el protoplasma».

## DIFERENCIAS ENTRE PLANTAS Y ANIMALES

Hemos analizado en general las propiedades que caracterizan a los seres vivos, sean estos del reino vegetal o del reino animal.

Ahora vamos a ver cuáles son los caracteres diferenciales más importantes entre las plantas y los animales.

Desde luego debemos admitir que no existe una distinción rigurosa entre ellos, ya que no ha sido posible todavía agrupar en campos absolutamente distintos a todas las plantas y a todos los animales.

De ahí que muchos autores consideran toda diferencia completamente artificial e inútil.

Desde luego una diferencia bien notable entre plantas y animales se refiere a su modo de alimentación.

Las plantas en su gran mayoría reciben su alimento directamente del aire, del agua y del suelo, de donde sacan el carbono y el nitrógeno que necesitan para la constitución de su protoplasma celular. (Excepción de los hongos y las plantas carnívoras).

En cambio los animales se alimentan de vegetales o de otros animales que a su vez se alimentan de vegetales. De donde se infiere que las sustancias nutritivas de los animales proceden siempre, directa o indirectamente, del mundo vegetal.

Al elaborar las sustancias que necesita la planta, ésta efectúa una «síntesis» pues, uniendo el anhídrido carbónico con el agua que viene de las raíces, bajo la influencia de la luz solar, forma el almidón y desprende oxígeno.

En cambio los animales al elaborar las sustancias alimenticias proceden principalmente por medio de procesos de «descomposición» y desdoblamiento, y muy raras veces por síntesis.

Estas diferencias en el modo de alimentarse favorecen la circulación del oxígeno, del nitrógeno y del carbono en la naturaleza, pues las materias minerales

asimiladas por las plantas se convierten en sustancias orgánicas (almidón, glucosa) y en materia viviente; ésta es ingerida por los animales, quienes las transforman a su vez en materias inorgánicas que restituyen al mundo exterior en forma de anhídrido carbónico, agua, etc.

Otra diferencia entre plantas y animales se refiere a la movilidad. Por razón misma de su modo de alimentación la planta vive fija en el suelo, pues encuentra su alimento sin necesidad de moverse (aún cuando algunas formas inferiores de vegetales son móviles).

El animal, que no recibe su alimento nada más que por mediación de otros seres organizados, necesita movilidad para ir en busca de su presa, sea ésta un vegetal o un animal.

Es cierto que hay animales que viven fijos, tales como las esponjas, pólipos, etc., pero constituyen la excepción. Así como también forman la excepción las plantas superiores que son parcialmente móviles, como las plantas carnívoras, por ejemplo.

Muchos autores hacen también una diferencia entre plantas y animales basada en la existencia de una «conciencia» casi general entre los animales y una ausencia también casi general de «conciencia» entre los vegetales.

Pero este concepto de «conciencia» está íntimamente ligado con el de «sensibilidad», y bien sabemos que esta última existe tanto en los vegetales como en los animales.

De modo que este último criterio para diferenciar las plantas y los animales no está aún perfectamente definido, pero muchos biólogos lo tratan en sus obras preferentemente.

Ante esta dificultad para diferenciar netamente los seres del mundo vegetal de los del mundo animal, muchos hombres de ciencia han pensado en el origen común de ellos, pues las formas inferiores de unos y otros son tan semejantes entre sí que es bastante difícil establecer una clara diferencia entre ellos. Y se ha

querido ver una prueba de tal origen común en el hecho que muchos Protozoos se enquistan en el interior de una cubierta de celulosa que los hace semejantes a las células vegetales.

## CONSTITUCION Y ESTRUCTURA DE LOS SERES ORGANIZADOS

Se denominan seres «organizados» o seres vivos, aquellos cuerpos que poseen una organización bien determinada y una estructura específica bien conocida para las diferentes categorías de plantas y animales.

Cada ser organizado está compuesto de partes heterogéneas armónicamente combinadas, que se prestan mutua ayuda y recíprocos servicios, física y químicamente consideradas.

Estas diversas partes se denominan «Aparatos» o «Sistemas» que están integrados por «Organos» que ayudan a una determinada función de reacciones bastante complejas. Por ejemplo, el aparato digestivo consta de varios órganos, tales como la boca, el esófago, el estómago, los intestinos, etc., que forman una sola y maravillosa unidad.

Ahora bien, cada órgano está formado por diversas clases de «Tejidos» que son los grupos de elementos que en conjunto le dan el carácter al órgano. Así tenemos, por ejemplo, el estómago cuyas paredes están constituídas por diversas clases de tejidos, tales como el muscular, el conjuntivo, el epitelial, etc.

Y por último, cada tejido está formado por unas celdillitas especiales que se denominan «células», y son las partes anatómicas más elementales capaces de vida autónoma. Estos pequeños elementos poseen todos los atributos de la vida, pues nacen, crecen, se multiplican y mueren. Además, son comunes para ambos reinos: vegetal y animal.

## CONCEPTO GENERAL DE CELULA

La teoría celular nos dice que todo organismo está formado por una sola célula o bien por un conjunto de células.

La maravillosa variedad de seres que presenta la naturaleza, desde las plantas gigantescas hasta las algas insignificantes que viven en la humedad; desde el coral o la esponja que crecen en el fondo del mar, hasta los enormes cetáceos que cruzan los mares de diversas latitudes; todos están compuestos de millones y millones de partículas tan pequeñas que solamente podemos verlas con auxilio del microscopio. Cada una de estas partículas constitutivas de las plantas y animales reciben el nombre de «células».

Los seres formados por una sola célula se dice que son «unicelulares»; y los formados por muchas células, «pluricelulares».

Los animales unicelulares se llaman **Protozoos**; y los vegetales, **Protofitos**.

Los animales pluricelulares se denominan **Metazoos**; y los vegetales, **Metafitos**.

El nombre «célula» se debió precisamente al aspecto que ofrecen los tejidos vegetales, en donde fueron descubiertas primeramente. Estos tejidos, debido al grosor de las paredes celulares, se presentan como masas divididas en muchas «celdillas».

La composición celular de los seres vivientes constituye una necesidad para la libre y uniforme distribución de las actividades vitales del organismo.

Las células presentan una gran diversidad de tamaños. Las más pequeñas, visibles, son las de un bacterio patógeno del conejo, que mide 0,15 micron de diámetro, y las de otro microbio que vive autótrofo en el agua y mide 0,06 de micron de espesor por 0,15 de longitud. Más pequeños aún serían los «virus filtrables» o bacterios «ultramicroscópicos» que no se alcanzan a ver con los aparatos en uso actualmente, y cuya presencia se

reconoce sólo por el enturbiamiento de los caldos de cultivo y por los efectos que produce la inoculación de éstos.

Células más grandes son, por ejemplo, algunos bacterios que miden 7 a 8 micrones, y algunos elementos gigantescos del cerebelo (células de Purkinge) que miden 100 y más micrones.

Más grandes aún que estas células tenemos las que forman el cuerpo de algunos Protozoos, como la Vorticela, la Trompetilla, el Proteo. Y por último, los huevos de algunas Aves y Reptiles, que pueden ser considerados como verdaderas células macroscópicas, visibles a la simple vista, en su plasma germinativo.

Damos a continuación las dimensiones de algunas células:

Virus de la fiebre aftosa .....	invisible	
Vibrón colérico .....	1,5 a	2,5 micrones
Bacilo tífico .....	2 a	3 „
Bacilo de Koch .....	2 a	4 „
Epidermis de cebolla .....		25 „
Pulpa de naranja .....	6 a	7 „
Glóbulos rojos del hombre .....	7 a	8 „
Glóbulos rojos del elefante .....	9 a	10 „
Células cartilaginosas .....	15 a	20 „
Células óseas .....	18 a	25 „
Células adiposas .....	35 a	130 „
Células nerviosas .....	6 a	300 „

Para dar una idea más gráfica de la pequeñez de algunas células, vamos a tomar el bacilo de Koch y colocarlo en hileras y planos:

En 1 mm., dispuestos a lo largo, caben 333 bacilos.

En 1 mm. dispuestos a lo ancho, caben 3.333 bacilos.

En 1 mm. cuadrado, caben 1.109.889 bacilos.

En 1 milímetro cúbico, caben aproximadamente 3.699.260.037 bacilos.

La forma de las células también es muy variada. Las hay esféricas, poliédricas, ovaladas, aplanadas, cilíndricas, triangulares, etc., según la función que desempeñan en el tejido.

Las células son por lo general transparentes, aún cuando algunas en los animales y vegetales poseen ciertos gránulos de pigmento que les dan un color determinado. Tales células se llaman «pigmentarias».

Para que las células transparentes puedan ser observadas es menester colorearlas por medio de colorantes especiales, tales como el azul de metileno y el violeta genciana.

El número de células que concurren a formar el cuerpo de los individuos puede ser muy variado, pero es siempre constante para cada especie y para cada individuo, claro que dentro de ciertos límites de variación máxima y mínima.

## PARTES DE LA CELULA

En una célula distinguimos las siguientes partes principales: membrana celular, citoplasma, carioplasma o núcleo y centrosoma (en las células animales).

El citoplasma y el carioplasma reciben el nombre genérico de «protoplasma», palabra que se refiere a toda la materia viva de la célula. De modo que el protoplasma que forma el núcleo se llama «carioplasma», y el restante se denomina «citoplasma».

**La Membrana.**— Es más visible en las células vegetales que en las animales. En las primeras es gruesa y casi rígida. Son pocas las células que carecen de ella. En cambio en el reino animal son relativamente escasas las células con membrana celular.

La membrana tiene por función principal proteger el contenido vivo de la célula y dar mayor resistencia al tejido. Es interpretada como una producción del citoplasma, ya sea debida a precipitaciones de sales o

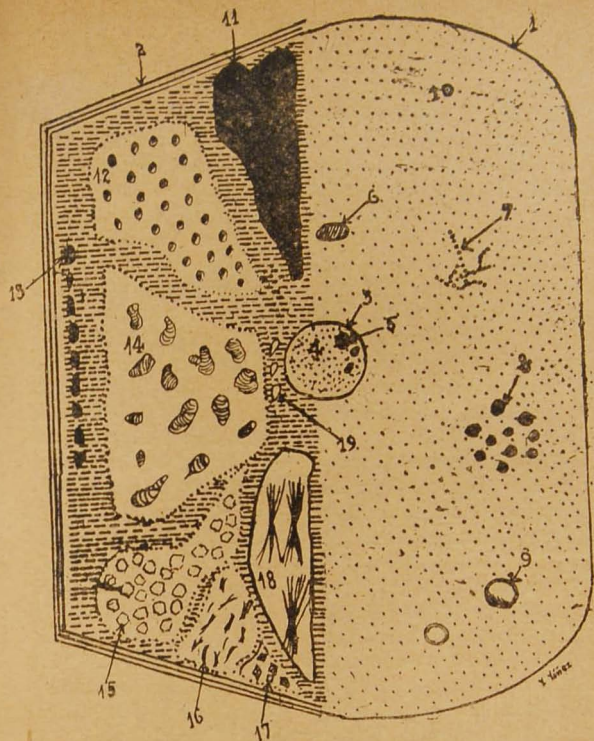


Fig. 1

Dibujo esquemático de una célula.— (A la izquierda, la célula vegetal; a la derecha, la célula animal). — (Según Pujula).— 1. Membrana celular animal.— 2. Membrana vegetal, con sus estratos primario, secundario y terciario.— 3. Carioplasma o Núcleo, con su membrana nuclear. 4. Gránulos de cromatina.— 5. Nucléolo; a su lado, cariosomas.— 6. Centrozoma, propio de la célula animal.— 7. Mitocondrios.— 8. Inclusiones de otras clases.— 9. Vacuolas de nutrición.— 10. Citoplasma, que con el carioplasma constituyen el Protoplasma o contenido celular total.— 11. Antocianina llenando una vacuola.— 12. Esferitas de aceite o grasa.— 13. Cloroplastos.— 14. Granos de almidón.— 15. Cristales de albuminoides.— 16. Cromoplastos.— 17. Otros cristales.— 18. Rafidios de oxalato de calcio.— 19. Leucoplastos.

generadas por la diferencia de tensión superficial de la célula.

**Citoplasma.**— Aquí encontramos los organoides adecuados para la digestión y asimilación de los alimentos, y también hallamos sustancias ya prontas a ser eliminadas, como el anhídrido carbónico y otras.

También hay gránulos de pigmento, inclusiones y retículos. (Fig. 1).

**Carioplasma.**— Está rodeado por una membrana llamada «membrana nuclear», que lo separa del citoplasma. En el interior hay dos clases de sustancias: una que se tiñe fácilmente con los colorantes y se llama «cromatina», y otra que resiste a estos colorantes, denominada «acromatina».

La cromatina tiene la forma de gránulos o de un hilo enrollado en ovillo, entre cuyas fibras hay un líquido llamado «jugo nuclear». A ella se le atribuye la importante misión de servir de vehículo a la herencia de los caracteres de la especie.

El núcleo tiene diversas formas, pero casi siempre repite la misma forma de la célula a que pertenece.

En cuanto al número, por lo general existe uno solo; pero también hay células binucleadas y polinucleadas.

Sin núcleo las células no pueden vivir.

Para demostrar que las células no pueden vivir sin núcleo, se han verificado las «experiencias de merotomía». Para esto se elige, por lo general, una célula voluminosa, como es, por ejemplo, la única que forma el cuerpo de un protozoo de gran tamaño. Con un instrumento cortante, muy afilado dividimos el cuerpo del protozoo en dos porciones, de suerte que una de ellas quede contenido el núcleo o, por lo menos, parte de él. Observaremos que esta porción nucleada continúa desarrollando sus actividades normales sin que, al parecer, resulte gravemente afectada por la operación. En cambio, la porción completamente privada de materia nuclear cambia de aspecto poco a poco, sus movimientos se hacen cada vez más lentos y el citoplasma muere en pocas horas.

Pero no debemos inferir de lo anterior que el núcleo es más necesario en la célula que el citoplasma, pues de experiencias análogas se ha llegado a la conclusión que el núcleo perece en ausencia del citoplasma.

El fenómeno vital de la célula requiere, para producirse, la cooperación de ambos factores morfológicos.

También suele existir dentro del núcleo, o fuera, un corpúsculo muy refringente llamado «nucléolo», de diversas formas.

**Centrosoma.**— Llamado también «microcentro» o aparato central. Se encuentra en casi todas las células animales y aparece en forma de corpúsculo intensamente coloreable situado en las inmediaciones del núcleo o adherido a él.

No se sabe si es un órgano permanente de la célula, así como tampoco se ha llegado a conocer perfectamente su funcionalidad, atribuyéndosele tan solo la dirección del proceso de división celular.

**Estructura física del Protoplasma.**—El protoplasma tiene una consistencia que varía entre la de la clara de huevo y la de un cuerpo semi sólido.

Algunos estudiosos dicen que tiene estructura «fibrillar»; otros, «reticular»; otros, «granular»; y por fin algunos dicen que es «alveolar». Esta última hipótesis es la más aceptada.

**Composición química del Protoplasma.**— Hoy se acepta universalmente que el protoplasma es una mezcla de sustancias que en parte afectan la forma de «cristaloides» (que atraviesan las membranas permeables) y en parte el estado de soluciones «coloides» (que atraviesan difícilmente las membranas permeables). }

Las principales sustancias que entran en la composición química del protoplasma son: «albúminas» (formadas de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno; a veces también azufre), «hidratos de carbono» (formados de carbono, hidrógeno y oxígeno), «grasas» (formadas también de carbono, hidrógeno y oxígeno), sales minerales (de sodio, potasio, magnesio, calcio, etc., en

forma de cloruros, fosfatos, carbonatos, etc.), y agua, que forma las tres cuartas partes de la materia viviente.

El «carbono» es el elemento más importante en la composición del protoplasma, por lo cual se dice que es la base del mundo organizado.

## CUADRO ESQUEMATICO DE LAS PARTES DE LA CELULA

I.—Protoplasma (Sus diferenciaciones)	{	Citoplasma (Sus diferenciaciones)	{	Vacuolas	
				Utrículo primordial	
				Tonoplastos.	
				Centrosoma	
				Cilios	
				Flagelos	
				Blefaroplastos	
				Mitocondrios	
				Plastidios	
				Mionemas	
				Fibrillas	
				Miofriscos	
				Nematocistos	
				Tricocistos, etc.	
Carioplasma (Sus diferenciaciones)	{	{	Gránulos de cromatina		
			Filamento acromático		
			Nucléolos		
			Nucleolillos		
			Estroma de linina		
II.—Secreciones protoplas- máticas	{	Internas	{	Almidón	Esencias
				Azúcares	Resinas
				Materias grasas	Glucósidos
				Aleurona	Alcaloides
				Acidos orgánicos	
				Sales diversas	
		Externas	{	Membrana celular	

## FISIOLOGIA CELULAR

Son dos las funciones principales de la célula: la «nutrición» y la «reproducción».

**La Nutrición.**—Se efectúa por «ósmosis» a través de la membrana celular. Consta de dos corrientes: la «asimilación» o corriente «anabólica», y la «desasimilación» o corriente «catabólica». (Fig. 2).

En la «desasimilación» o «catabolismo», la célula desprende energía en forma de calor, movimiento, electricidad, etc., y elimina ciertos compuestos químicos sencillos que derivan de la transformación de las albúminas, lípidos y demás componentes del protoplasma.

En el fenómeno de recomposición, denominado «asimilación» o «anabolismo», la célula recupera la materia perdida y, con ella, la energía que había desgastado.

Las funciones anabólica y catabólica reciben en conjunto el nombre de «metabolismo celular».

Algunos autores, con fines didácticos, dividen el proceso del metabolismo en tres fases:

1.º Absorción o entrada de materia y energía en el protoplasma.

2.º Transformación del material y energía penetrados.

3.º Eliminación de los productos formados o absorbidos que no se incorporan al protoplasma.

**La Reproducción.**—Una vez llegada al estado adulto, y dentro de ciertas condiciones de alimentación, la célula procede a multiplicarse.

La multiplicación puede efectuarse de dos maneras: «directa» o «indirectamente».

La división directa se llama también «amitosis», y la indirecta, «mitosis», «carioquinesis» o «cariodiéresis».

### Tejidos

Las células de los Metazoos, que poseen ciertas cualidades comunes, se reúnen entre sí formando asociacio-

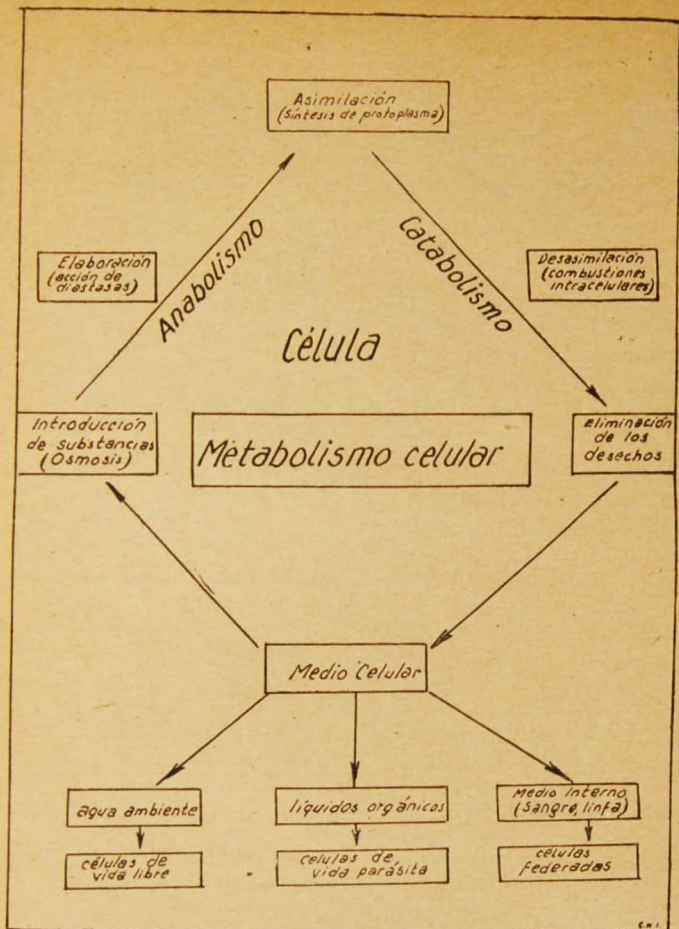


Fig. 2

Esquema que representa el Metabolismo celular, indicando el medio de donde la célula puede tomar su alimento.  
(Original del Prof. don L. Capurro S.)

nes denominadas «tejidos». Por lo cual decimos que tejido es un conjunto de células que desempeñan una misma función y tienen el mismo origen embrional.

La reunión de varios tejidos diferentes da por resultado la formación de un órgano.

El profesor E. Fernández Galiano, hace a este respecto la siguiente acertada comparación, para diferenciar un tejido de un órgano:

«Los obreros que habitan en una ciudad pueden ser clasificados en grupos por sus oficios respectivos: carpinteros, herreros, mecánicos, albañiles, etc. Cada una de estas agrupaciones o gremios puede ser comparada con un tejido y cada uno de los obreros que la componen, con una célula.

«Pues bien, en un momento determinado del día hallaremos que unos cuantos carpinteros, por ejemplo, están trabajando en su taller, que otros están colocando puertas y ventanas en una casa en construcción, que otros se ocupan en reparar los vagones en la estación del ferrocarril y así sucesivamente. De suerte que los carpinteros se encuentran esparcidos por toda la ciudad.

«Análogamente, vemos que las células del tejido muscular, verbigracia, es decir, las que componen la parte principal de los músculos, se hallan dispersas por todo el organismo: hay células musculares en la cabeza, en el tronco, en las extremidades, reunidas en grupos más o menos. Pero estos grupos están esparcidos aquí y allá por todo el cuerpo, del mismo modo que los carpinteros del ejemplo trabajan en grupos dispersos por toda la población.

«Más, penetremos ahora en una casa en construcción, y veremos que allí no hay solamente carpinteros, sino también albañiles, fontaneros, cerrajeros, electricistas, etc., cada cual dedicado a su trabajo particular. Y, puesto que hemos comparado las diferentes agrupaciones por oficios a los diversos tejidos, podemos comparar la casa en construcción a un órgano, ya que en la obra intervienen operarios de distintos oficios.

«Así, por ejemplo, el corazón es un órgano constituido por diversas clases de tejidos. La masa principal del corazón (miocardio) está formada por ciertas células alargadas en forma de fibras, llamadas **musculares**, unidas unas con otras para formar una especie de red, y que poseen la facultad de contraerse».

Las contracciones de las fibras musculares son las que producen los típicos movimientos del corazón.

Este órgano posee en su interior cuatro cavidades, las cuales están tapizadas por una membrana (endocardio) que protege y recubre a las fibras musculares yacentes por debajo de ella.

Esta membrana protectora está constituida por una lámina de **tejido epitelial** a la cual adhiere exteriormente una capa fibrosa muy rica en fibras elásticas. También está recubierta de tejido fibroso la capa de naturaleza conjuntiva que envuelve la masa muscular del corazón.

Pero tanto, las fibras musculares como las células epiteliales necesitan nutrirse y el alimento lo reciben de la sangre que circula por el espesor del órgano dentro de ciertos conductos o **vasos** de pequeñísimo calibre, que forman parte del **tejido vascular**.

Además, separando unas de otras las fibras musculares e impidiendo su mutuo contacto extiéndese una complicadísima trama de fibras muy finas que forman el **tejido conjuntivo**. Y, finalmente, en el corazón existen también células y fibras nerviosas que componen el **tejido nervioso**.

Cosa análoga acontece en los vegetales. Si examinamos al microscopio la hoja de una planta, observaremos que también en ella existen diferentes clases de tejidos, como lo probaremos oportunamente en la parte correspondiente de este libro.

## LAS FUNCIONES PRIMORDIALES DE LA VIDA

Así como la célula posee dos funciones exclusivas de su protoplasma, la nutrición y la reproducción, así también en los Metazoos observamos estas dos funciones básicas que se manifiestan en todos los seres con el carácter de verdaderos instintos.

Estas dos funciones referidas al medio que rodea a los individuos, tienen una finalidad claramente dinámica y pueden designarse también con el nombre de «función de coconservación individual», la que se refiere a la nutrición, y «función de conservación de la especie», la que se refiere a la reproducción.

Algunos autores las llaman sencillamente «instinto de conservación individual», servido por las funciones respectivas, e «instinto de conservación de la especie», también servido por sus funciones correspondientes.

Se cree que el hombre se distingue del animal por la falta de instintos; pero en realidad, esta aparente ausencia de instintos se debe a que él cohibe las tendencias naturales, las adapta a fines superiores de orden altruista, las embellece con el arte y el refinamiento de la civilización y las modifica a veces en beneficio de la especie, o sea, de la colectividad. (1).

**Funciones de conservación del individuo.**— Pueden ser de dos clases: de «Nutrición» y de «Relación».

Entre las funciones de nutrición tenemos la «asimilación» y la «desasimilación», con sus modalidades de «digestión», «absorción», «circulación», «respiración» y «excreción».

Entre las funciones de relación tenemos la «locomoción» y la «sensibilidad».

(1) A los dos instintos anteriores, de «amor» o «conservación de la especie» y de «hambre» o «conservación individual», se agrega, en el hombre, el «instinto social», fundamento de la vida en colectividad y sólido basamento de la moral y la educación.

Ahora nos corresponde estudiar exclusivamente las funciones de conservación del individuo, tanto en los vegetales como en los animales, sólo en sus modalidades de «nutrición», o sea, de asimilación y desasimilación.

## **FUNCIONES DE LA NUTRICION**

Las funciones de la nutrición consisten, desde el punto de vista químico, en un cambio continuo de materia. Substancias inertes, que vienen de fuera, se transforman poco a poco hasta llegar a constituir materia viva; y después estas sustancias que integran el organismo vivo se descomponen para ser a su vez transformadas en materias inútiles y aún nocivas que forzosamente deben ser eliminadas.

Estas son en síntesis las dos corrientes de la nutrición: la asimilación y la desasimilación, que constituyen las corrientes anabólica y catabólica de los organismos, o sea, de «composición» y «descomposición» de las materias alimenticias.

Este cambio continuo de materia, con sus dos corrientes, importa un conjunto de procesos parciales llamados «digestión», «absorción», etc., en los animales; y «asimilación clorofílica», «circulación», «respiración», etc., en los vegetales.

## SEGUNDA PARTE

# Biología Animal

## CAPITULO I

### DIGESTION

#### MORFOLOGIA DEL APARATO DIGESTIVO

El tubo digestivo de los diversos animales presenta variaciones morfológicas bien claras que ya se han hecho presentes en el estudio sistemático de los primeros cursos de humanidades.

Por ahora nos corresponde estudiar el Aparato Digestivo humano que, por razones elementales de interés personal, de higiene y de cultura general, debemos conocer preferentemente.

Las principales partes del Aparato Digestivo son: El Tubo Digestivo y las Glándulas Anexas. El Tubo Digestivo está formado por: la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso.

Las glándulas anexas son: las Salivales, el Hígado y el Páncreas.

#### 1.º La Boca

La entrada de nuestro aparato digestivo es la boca, que se encuentra tapizada interiormente por un tejido especial que recibe el nombre de «mucosa bucal», pues posee glándulas propias que secretan un líquido llamado «mucus», que está destinado a mantener, junto con la saliva, la humedad de la boca, y desempeña también otras funciones.

En la boca distinguimos varias partes: primero, los labios, que desempeñan una importante función en la

succión y para tomar los alimentos líquidos; segundo, el paladar duro o cielo de la boca; tercero, el paladar blando en la parte posterior; cuarto, el velo del paladar que constituye el istmo de las fauces; quinto, los dientes; y por último, la lengua, órgano esencialmente muscular, plano-convexo, alargado y protráctil hacia fuera y que desempeña varias funciones.

**Los dientes.**— Adoptan diversas formas en los animales según sea su régimen alimenticio. En el hombre son de tres clases: «incisivos» (4 arriba y 4 abajo), que sirven para cortar; «caninos» (1 arriba y 1 abajo y a cada lado) que sirven para desgarrar; y «molares» (5 arriba y 5 abajo y a cada lado) de superficie rugosa, que sirven para triturar.

Los dientes están insertos en los «alvéolos dentarios» de la mandíbula y de las maxilas. Los incisivos y caninos tienen una sola raíz de inserción; los premolares también son uniradiculados; y los molares restantes pueden tener dos y tres raíces de inserción. (Fig. 3).

El hombre adulto tiene 32 dientes. La dentición de «leche» sólo consta de 20 dientes, faltando tres molares arriba y tres abajo y a cada lado. Los dientes de leche caen después de los siete años para ser substituídos por los dientes definitivos.

Las épocas diversas en que aparecen los primeros dientes, en los niños normales, pueden designarse en la siguiente forma:

Del 6.º al 8.º mes	Incisivos medios inferiores
Del 7.º al 10.º mes	Incisivos medios superiores
Del 8.º al 16.º mes	Incisivos laterales inferiores
Del 10.º al 18.º mes	Incisivos laterales superiores
Del 22.º al 24.º mes	Primeros molares inferiores
Del 24.º al 26.º mes	Primeros molares superiores
Del 28.º al 30.º mes	Caninos inferiores
Del 30.º al 34.º mes	Caninos superiores
Del 32.º al 36.º mes	Segundos molares inferiores y superiores

De modo que a los dos años y medio o tres, el niño se halla provisto de los 20 dientes que constituyen su primera dentición.

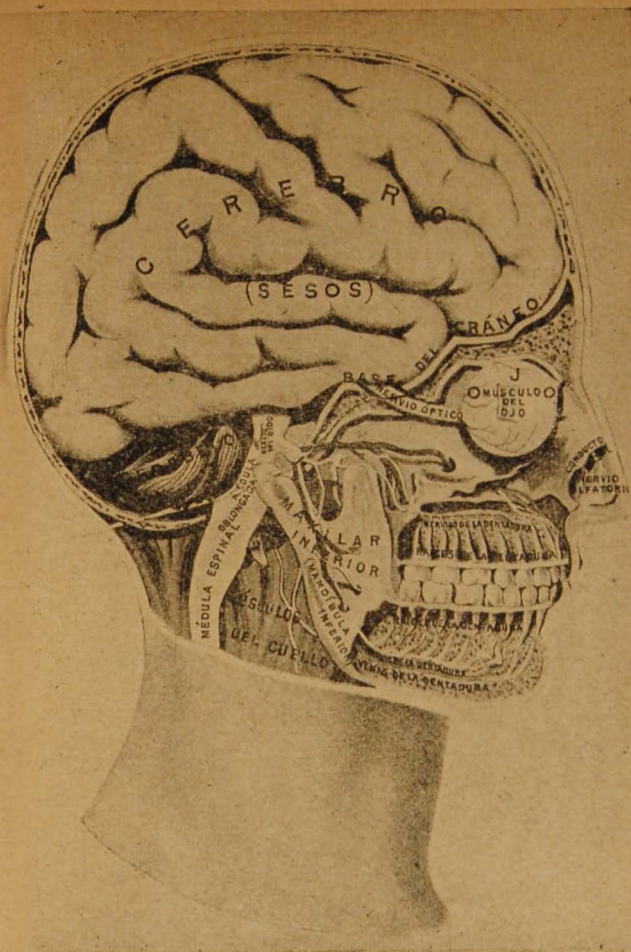
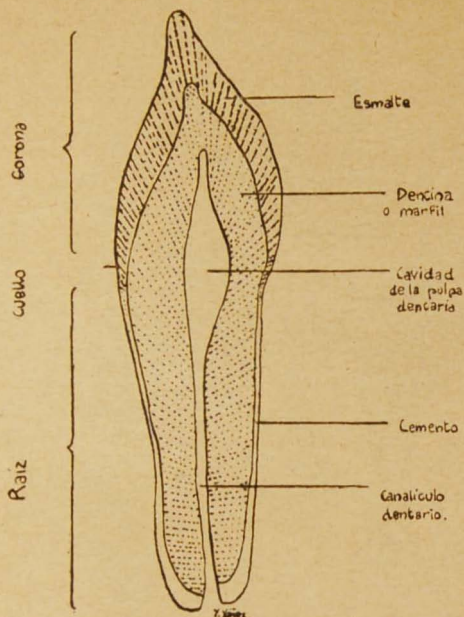


Fig. 3

En esta lámina se muestra la disposición de los dientes en la mandíbula respectiva y su inervación correspondiente.

Cada diente consta de tres partes: «raíz», «cuello» y «corona». (Fig. 4).



Corte esquemático de un diente incisivo.

Fig. 4

Como ya dijimos, la raíz va oculta en el alvéolo dentario; el cuello se encuentra al nivel de la encía; y la corona es la parte saliente o visible del diente.

Haciendo un corte longitudinal por él encontramos en la corona las siguientes capas constitutivas: el «esmalte», corteza muy dura y brillante que recubre el diente, y es una variedad especial de tejido óseo; el

«marfil» o «dentina», que forma la masa principal del diente y deja en su interior una cavidad llamada «pulpa dentaria», llena de un tejido blando muy rico en vasos sanguíneos y nervios que llegan a la corona por los canalículos de la raíz.

Las raíces están formadas por otra variedad de tejido óseo que se denomina «cemento», y dejan en su interior un conducto delgado por donde pasan los nervios que sensibilizan la corona, y las arteriolas y vénulas que la nutren.

**La lengua.**— La lengua es un órgano musculoso constituido por fibras musculares estriadas que se entrecruzan siguiendo diversas direcciones. La estudiaremos con más detalles al tratar de los órganos sensoriales. Por ahora nos concretaremos a decir que desempeña diversas funciones importantes para la vida del hombre, entre las cuales podemos nombrar el lenguaje, el gusto, el tacto y, desde el punto de vista digestivo, sirve para ayudar a empujar los alimentos hacia la faringe, acción que se conoce con el nombre de «deglución».

**Velo del paladar.**— Denominado también «velo bucal», limita la parte posterior de la boca y está constituido por dos repliegues laterales que forman el «istmo de las fauces», y por un apéndice situado en la parte media superior, que cuelga sobre la base de la lengua, llamado «úvula» o «campanilla». (Fig. 5).

Entre los dos repliegues o «pilares laterales del velo» se encuentran las glándulas «amígdalas» o «tonsilas», destinadas a producir linfocitos (glóbulos defensores del organismo), pero se inflaman fácilmente produciendo las «anginas».

## 2.º La Faringe

Es un conducto situado a continuación de la boca, y que a su vez se continúa hacia abajo en el esófago.

En la Faringe se encuentran las siguientes aberturas: en la parte superior, las de las fosas nasales o

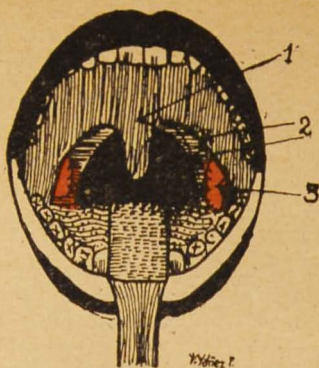


Fig. 5

Istmo de las fauces.— Velo bucal o del paladar.

- 1.—Campanilla o úvula.
- 2.—Repliegues del velo.— (anterior y posterior).
- 3.—Glándulas amígdalas o tonsilas.

«coanas»; más abajo el istmo de las fauces; y por último la abertura de la laringe, hacia donde sigue solamente el aire. Esta abertura puede cerrarse merced a un repliegue cartilaginoso y muscular que sirve de puerta de entrada a la laringe, el cual se denomina «epiglotis». (Fig. 6).

Junto a las coanas o aberturas posteriores de las fosas nasales en las paredes laterales, se encuentran las aberturas de las «trompas de Eustaquio», que comunican este órgano con el oído medio.

### 3.º El esófago

Es un tubo alargado, de paredes laxas y resistentes que forman una cavidad «virtual», es decir, que sólo se abre al paso de los alimentos, quedando el resto del tiempo plegado, o mejor dicho, con sus paredes juntas como las de un saco vacío.

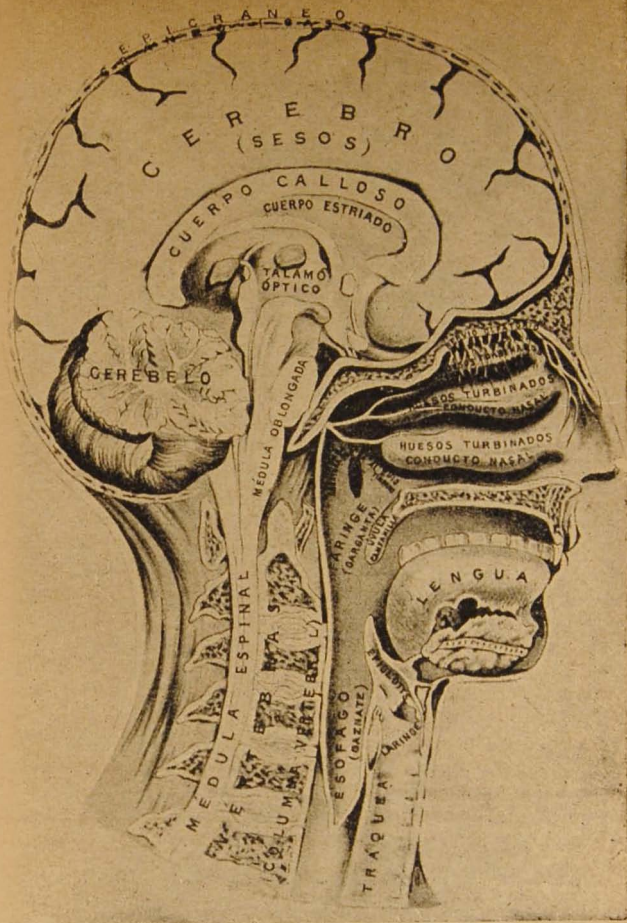


Fig. 6.

En esta figura esquemática se nota perfectamente la Faringe, la Lengua, las glándulas Sublinguales, el Esófago, la Laringe y la Tráquea. Está especialmente marcada la epiglotis.

También en el esófago encontramos diversas clases de glándulas.

Este conducto va a desembocar al estómago por una abertura denominada «cardias», de naturaleza muscular y que puede funcionar como un esfínter.

#### 4.º El Estómago

Es una especie de bolsa o dilatación del tubo digestivo que limita hacia arriba con el esófago y hacia abajo con el duodeno. Su abertura superior ya dijimos que se llamaba «cardias» y la abertura inferior recibe el nombre de «píloro». En estado de repleción mide unos 25 centímetros en su mayor diámetro; y su anchura es de unos 12 centímetros. (Fig. 7).

El estómago en su tercio inferior tiene una especie de cintura ligeramente visible que divide al órgano en dos partes: la más grande denominada «gran fondo», y la más pequeña, «cavidad pilórica» o «antepíloro».

Está situado en la parte superior de la cavidad abdominal, inmediatamente debajo del diafragma y del hígado, y su colocación, más que transversal es más bien vertical.

Al estómago se le ha asignado la forma de una «gaita» o, si se quiere, de un cono un poco aplanado, con su eje medio, en vez de rectilíneo, con una concavidad dirigida hacia arriba y a la derecha.

La capacidad del estómago varía ordinariamente de 1.000 a 1.500 centímetros cúbicos en el individuo adulto. Pero en ciertas condiciones patológicas, por la acción de los tóxicos principalmente, puede contraerse en forma considerable.

#### Constitución histológica de las paredes del estómago

Las paredes del estómago se componen de cuatro capas o túnica, que se superponen en el siguiente orden, procediendo de afuera hacia adentro: una túnica «serosa», una túnica «muscular», una túnica «celular» y una túnica «mucosa».

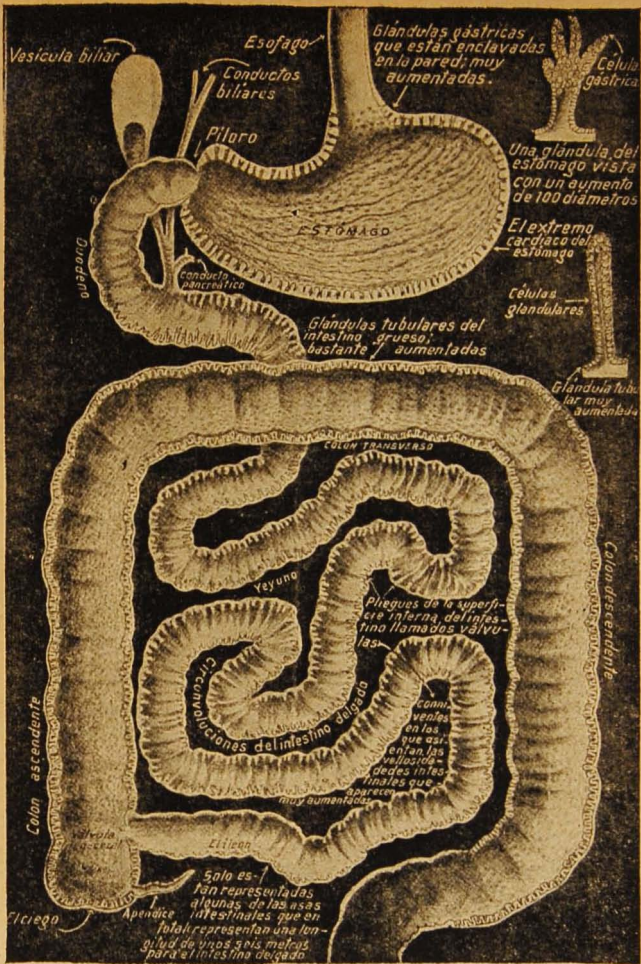


Fig. 7

Dibujo esquemático completo del tubo digestivo, desde el esófago hasta el recto.

**Túnica serosa.**—Es una dependencia del peritoneo que forma repliegues especiales que van a unir el estómago con los demás órganos viscerales que lo rodean. Es de naturaleza conjuntiva (o conexiva), y contiene los vasos y nervios que atraviesan y abastecen todas las demás capas.

**Túnica muscular.**—Las fibras musculares que la constituyen están dispuestas en tres planos superpuestos: uno «superficial» con fibras longitudinales; uno «medio» con fibras circulares; y uno «profundo» con fibras oblicuas.

Esta disposición de las fibras musculares se adapta a los diversos movimientos que debe hacer el estómago en su funcionamiento normal.

**Túnica celular.**—Es una túnica intermedia entre la muscular y la mucosa. Algunos autores la llaman «submucosa» y antiguamente se le denominaba «túnica nerviosa».

En su espesor se hallan numerosos vasos sanguíneos y masas nerviosas denominadas «plexos».

**Túnica mucosa.**—Esta túnica del estómago es la continuación, por arriba, de la mucosa esofágica, y se continúa hacia abajo, a nivel del píloro, con la mucosa del intestino delgado.

La mucosa estomacal lleva en su superficie una serie de repliegues ondulados que en su mayor parte se dirigen paralelamente al eje mayor del órgano. (Fig. 8).

En el espesor de la mucosa se encuentran diversas clases de glándulas que secretan en conjunto el jugo gástrico y otras formaciones químicas de gran utilidad para la digestión.

**Glándulas de la mucosa gástrica.**—Las glándulas de la mucosa gástrica forman una capa continua que se extiende desde el cardias al píloro. (Fig. 9). Son tan numerosas que algunos autores dicen que se han podido contar de 100 a 150 orificios en un milímetro cuadrado de la mucosa, haciendo un total cercano a los cinco millones.

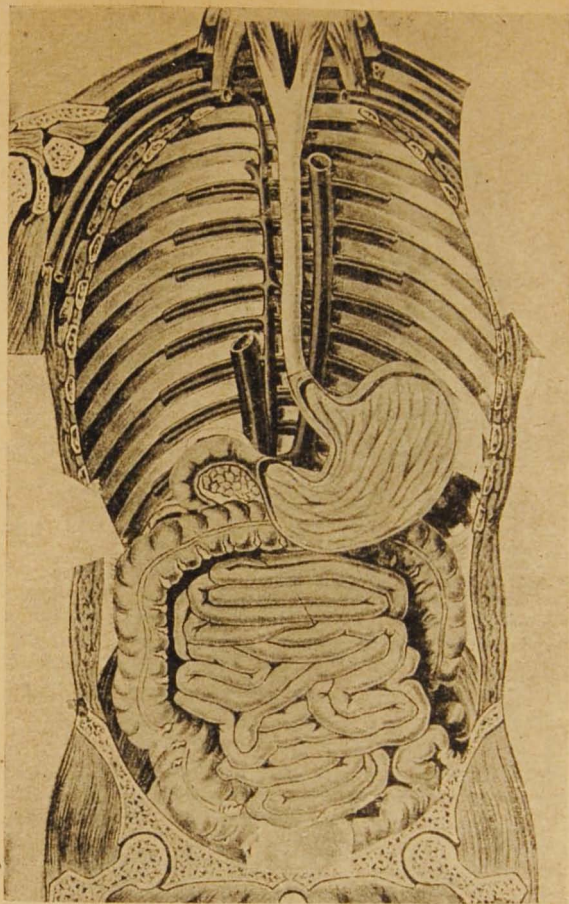


Fig. 8

Posición esquemática del Esófago, Estómago (en corte longitudinal), e intestinos: delgado y grueso.  
Nótense los repliegues ondulados de la mucosa estomacal.

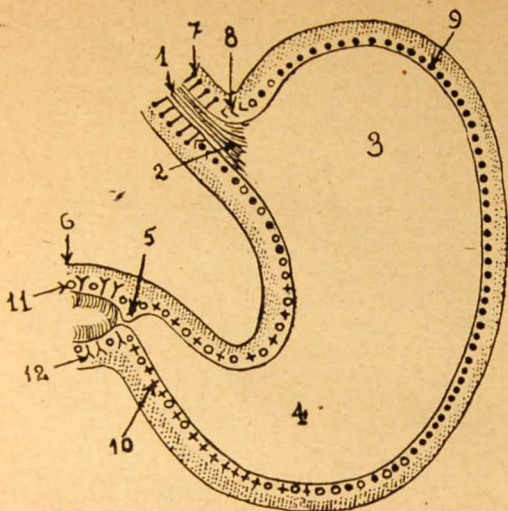


Fig. 9

Glándulas estomacales.— Dibujo esquemático, según las investigaciones de Jouvenel, sobre un individuo ajusticiado.

- 1.—Esófago.
- 2.—Cardias.
- 3.—Gran fondo.
- 4.—Ante píloro.
- 5.—Píloro.
- 6.—Duodeno.
- 7.—Glándulas esofágicas.
- 8.—Glándulas cardíacas.
- 9.—Glándulas fúndicas.
- 10.—Glándulas pilóricas.
- 11.—Glándulas de Lieberkühn.
- 12.—Glándulas de Brünner.

Son de dos clases: unas que están situadas en la proximidad del píloro, por lo que se les llama «glándulas pilóricas»; y otras que ocupan el resto de la mucosa y se les llama «glándulas fúndicas».

A estos grupos principales se pueden añadir otros accesorios, tales como las «glándulas cardíacas», cerca del cardias; y «glándulas del tipo intestinal» muy parecidas a las que se encuentran en el intestino delgado.

En cada tubo glandular, en el gran fondo, se encuentran dos clases de células: unas cúbicas llamadas «principales», a las que se atribuye la secreción de la «pepsina»; y otras redondeadas llamadas de «revestimiento», que se supone sean secretoras de ácido clorhídrico.

Cerca del cardias y del píloro hay glándulas un poco distintas, que se parecen más a las glándulas intestinales.

También encontramos en la mucosa gástrica formaciones «linfáticas» encargadas de producir elementos defensores del organismo, pues atacan los microbios que pueden venir con los alimentos.

### 5.º El intestino delgado

Comprende la parte del tubo digestivo que se extiende desde el estómago al intestino grueso, y es el trayecto más largo de todo el aparato destinado a la digestión de los alimentos.

Está limitado hacia arriba por una válvula llamada «válvula pilórica», y hacia abajo por otra válvula que se abre en el ciego y se llama «válvula íleo-cecal».

El intestino delgado se divide en tres tramos. El primero, denominado «duodeno», tiene la forma de una letra C. El segundo, el «yeyuno», que es la parte más larga del intestino delgado, y por falta de espacio se repliega muchas veces sobre sí mismo formando las «asas» intestinales. Y la última porción es el «íleon», que va a desembocar al ciego.

#### Constitución histológica del intestino delgado

El intestino delgado, en casi toda su extensión, presenta repliegues, eminencias y orificios que pertenecen a la mucosa intestinal.

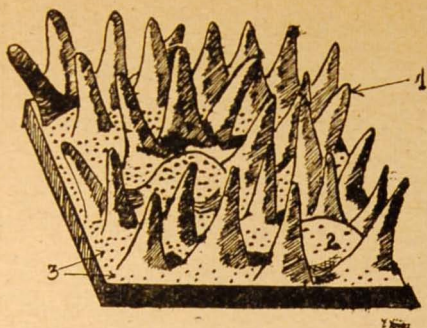


Fig. 10

Esquema de la mucosa del intestino delgado.

- 1.—Vellosidades intestinales.
- 2.—Folículos cerrados.
- 3.—Orificios de las glándulas tubulares de Lieberkühn.

Lo mismo que las paredes del estómago sus paredes se componen de cuatro capas o túnicas que se sobreponen en el siguiente orden, de fuera hacia adentro: túnica «serosa», túnica «muscular», túnica celular o «submucosa» y túnica «mucosa».

**Túnica serosa.**—Como la serosa estomacal, es una dependencia del peritoneo de naturaleza conjuntiva.

**Túnica muscular.**—Lleva dos planos de fibras musculares: uno superficial y otro profundo. El plano superficial está formado de fibras longitudinales destinadas a producir los movimientos «pendulares» (1) del intestino. Y el plano profundo, mucho más grueso, lleva fibras circulares, y está destinado a producir los movimientos «peristálticos» (2) del intestino.

**Túnica celular.**—Llamada también, como en el estómago, «submucosa», pero es más resistente que en este último órgano. Lleva también vasos sanguíneos y plexos nerviosos.

(1) Las asas se alargan y se acortan.

(2) Las asas aumentan y disminuyen su lumen.

**Túnica mucosa.**—Es la capa más importante del intestino delgado y difiere enormemente de la mucosa estomacal. Es de una estructura bastante complicada, pues junto con producir jugos digestivos, tiene formaciones especiales, llamadas «vellosidades», destinadas a la «absorción» de las materias elaboradas por el aparato digestivo.

Desde luego, observamos en la mucosa intestinal unos repliegues permanentes llamados «válvulas conni-ventes», que forman eminencias en el intestino delgado, en casi toda su extensión interior.

Tenemos también las «vellosidades intestinales», que son tan numerosas y tan próximas entre sí que dan a la mucosa un verdadero aspecto aterciopelado. Se calcula que existen alrededor de mil vellosidades por centímetro cuadrado. Su porte es más o menos de un quinto de milímetro a un milímetro, y su forma varía desde el duodeno, donde son «foliáceas», hasta el yeyuno-ileon, donde son cilíndricas. (Fig. 10).

La mucosa intestinal presenta también algunas formaciones linfáticas, siendo las más conocidas las denominadas «Placas de Peyer».

Las glándulas de la mucosa intestinal son de dos órdenes: las glándulas de «Brünner» y las glándulas de «Lieberkühn».

Las primeras son llamadas también «glándulas duodenales» y se componen de una serie de tubos, ya simples, ya ramificados, que desembocan en un conducto colector común, que viene a ser un verdadero canal excretor.

Las glándulas de Lieberkühn o «criptas de Galeatti» se encuentran al pie de las vellosidades y presentan la forma de un tubo cilíndrico rectilíneo o ligeramente flexuoso.

En todas las glándulas antes nombradas, al lado de las células ordinarias, de carácter glandular, existen otras que poseen diversas formas y funciones. Así tenemos, por ejemplo, las células «calciformes», secretoras

de «mucílago», una especie de barniz que tapiza el intestino para impedir que los jugos digestivos dañen las paredes del intestino; y las células de «Panet» que contienen granulaciones muy variadas.

### Estructura de las vellosidades

Toda vellosidad presenta una capa periférica de células epiteliales y una capa profunda de un tejido reticulado, con elementos contráctiles, en cuyo interior circulan vasos sanguíneos y nervios. (Fig. 11).

En el centro de la vellosidad existe un vaso linfático que por su situación recibe el nombre de «linfático

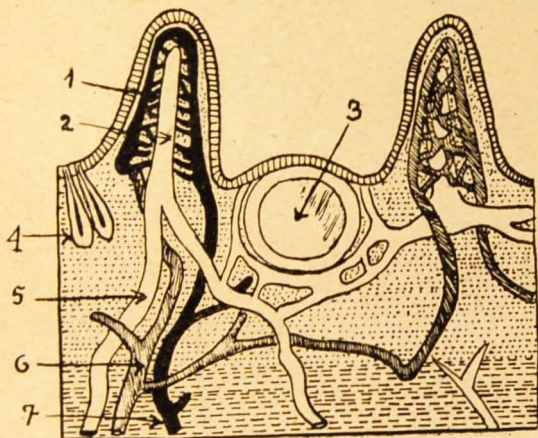


Fig. 11  
Vellosidades intestinales.

- 1.—Red de capilares sanguíneos.
- 2.—Quilífero central.
- 3.—Foliculo cerrado.
- 4.—Glándulas entéricas.
- 5.—Vaso quilífero.
- 6.—Arteria de la vellosidad.
- 7.—Vena de la vellosidad.

central» o «quilífero central». Tiene su origen debajo de la cúspide de la vellosidad; se dirige hacia abajo siguiendo el eje de la vellosidad, y al llegar a la base termina en la red linfática de la submucosa.

## 6.º Intestino grueso

Es el segmento terminal del tubo digestivo. Empieza al lado derecho e inferior de la cavidad abdominal, siendo su primera parte la «válvula ileo-cecal»; y se abre al exterior por un orificio provisto de un esfínter, denominado «orificio anal».

La primera parte es muy corta, tiene la forma de un fondo de saco y se denomina «ciego».

Sigue una porción media bastante larga que primero se dirige verticalmente hacia arriba, por el lado derecho; al llegar debajo del hígado se dobla en ángulo recto y se dirige transversalmente de derecha a izquierda, hasta el Bazo; desde aquí vuelve a cambiar de dirección para descender verticalmente por el lado izquierdo. Esta segunda parte del intestino grueso se llama «colon», con sus tres secciones: «colon ascendente», «colon transverso» y «colon descendente».

La última parte del intestino grueso se llama «recto», pues su dirección es casi verticalmente recta. (Fig. 12).

Esta parte del tubo digestivo mide de 1,40 mt. a 1,70 mt. de longitud y su diámetro es más o menos de 7 centímetros; en tanto que el intestino delgado mide de 6 a 8 metros y su diámetro medio es sólo de 3,5 centímetros en la parte superior y de 20 a 15 milímetros en las proximidades del intestino grueso.

Además de su longitud y calibre se distingue el intestino grueso del delgado, porque lleva tres cintas o fajas musculares de dirección longitudinal, que se observan claramente en su superficie externa. Una cinta es anterior, otra póstero interna y la otra póstero externa.

La válvula ileo-cecal, que se encuentra en la desembocadura del ileon en el ciego, impide el retroceso de los

## EL INTESTINO GRUESO

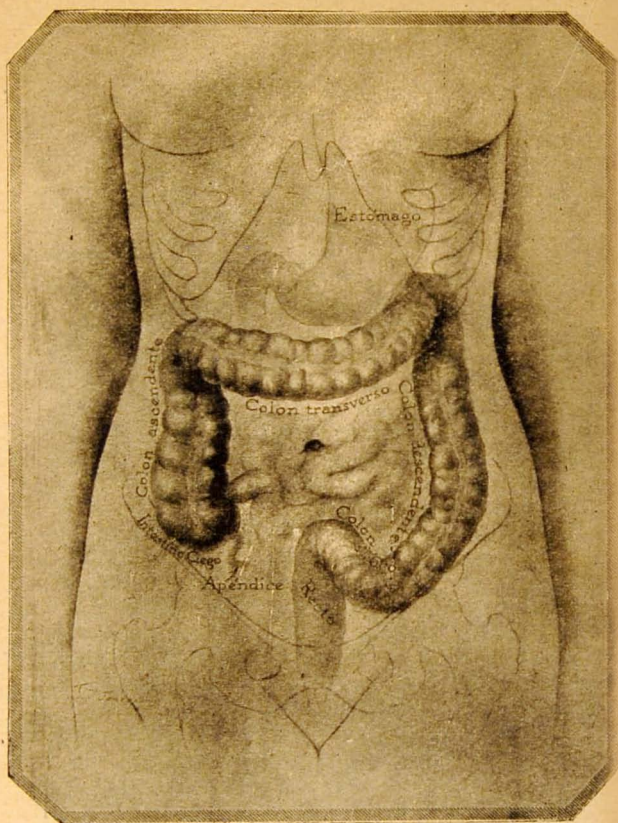


Fig. 12

El intestino grueso en su posición normal y con sus divisiones o tramos respectivos.

excrementos y su vuelta al estómago, en los casos de vómitos.

**Apéndice vermicular.**—El ciego presenta también en su cara lateral interna, un tubo cilíndrico, flexuoso, de 8 a 10 centímetros de longitud y de 6 a 8 milímetros de diámetro, denominado «Apéndice vermiforme o vermicular», llamado así por haberlo comparado a una lombriz. (Fig. 13).

En el apéndice se encuentran «centros linfáticos» encargados de producir elementos de defensa del organismo, para atacar los bacterios y cuerpos extraños que pueden llevar los alimentos. Por eso se le llama también «amígdala intestinal».

La irritación del apéndice produce la enfermedad llamada «apendicitis». Esta enfermedad, cuando se hace aguda purulenta, puede formar abscesos que al romperse en la cavidad peritoneal producen una «peritonitis» progresiva muy grave, acompañada de un súbito e intenso dolor abdominal y por colapso. Exige la inmediata intervención quirúrgica.

La causa inmediata de la apendicitis es bacteriana, pero tiene también causas predisponentes como la presencia de cuerpos extraños (pepitas de uva, bolitas, uñas, pelos, etc.) o concreciones formadas por precipitación de sales de calcio, que llegan a retener en el apéndice partículas fecales, las cuales determinan la inflamación de este órgano.

### Constitución histológica del intestino grueso

Lo mismo que el estómago y el intestino delgado, sus paredes se componen de 4 túnicas que se superponen de afuera adentro en el siguiente orden: túnica «serosa», túnica «muscular», túnica «celular o submucosa» y túnica «mucosa».

Las tres primeras son de idéntica constitución a las capas correspondientes del intestino delgado.

Pero la túnica mucosa es diferente, pues, a la vez

## EL APENDICE VERMICULAR

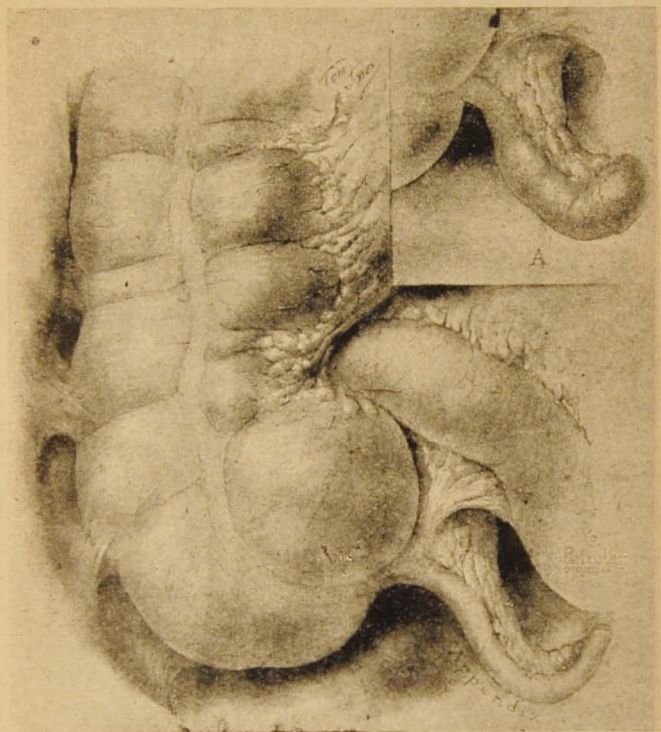


Fig. 13

El apéndice en su posición normal en el ciego.  
En el cuadro superior (A) se presenta un apéndice inflamado  
con abscesos purulentos próximos a reventar.  
Nótense las bandas musculares (anterior) del intestino grueso.

## CUADRO SINOPTICO DEL TUBO DIGESTIVO

1.º BOCA	{	labios dientes lengua velo del paladar (úvula, pilastras laterales y amígdalas)
2.º FARINGE	—	(epiglotis)
3.º ESOFAGO		
4.º ESTOMAGO	{	cardias gran fondo ante píloro píloro
5.º INTESTINO DELGADO	{	duodeno yeyuno ileon
6.º INTESTINO GRUESO	{	ciego (válvula ileo-cecal y apéndice) colon { ascendente transverso descendente recto (ano)

que es más gruesa y resistente, sus glándulas poseen una disposición muy diversa a las glándulas de la mucosa anterior, además que sus secreciones son de orden químico muy distinto, debido a la diversa función que desempeñan en el tubo digestivo.

# CONSTITUCION DE LAS PAREDES DEL TUBO DIGESTIVO

## ESTOMAGO

Túnica serosa

Túnica muscular

{  
fibras longitudinales  
fibras circulares  
fibras transversales

Túnica celular o submucosa

Túnica mucosa

{  
células principales  
células de revestimiento

## INTESTINOS GRUESO Y DELGADO

Túnica serosa

Túnica muscular

{  
fibras longitudinales  
fibras circulares

Túnica celular submucosa

Túnica mucosa

{  
glándulas de Brünner  
glándulas de Lieberkühn  
células de Panet  
placas de Peyer

## GLANDULAS EN GENERAL

Existen órganos encargados de la producción de determinadas sustancias, ya sean «excreciones» (perjudiciales al organismo) o «secreciones» (útiles al organismo).

El producto (saliva, bilis, etc.) elaborado por las células glandulares sale de la glándula por un conducto que comunica con una superficie libre, ya sea de la piel (glándulas sudoríparas), ya sea de una mucosa (glándulas salivales o de la mucosa gástrica).

Pero además de estas glándulas que podemos llamar «abiertas» o «exocrinas» o de «secreción externa», en atención a que comunican con el exterior mediante un conducto «excretor», existen otras que, por carecer de conducto de salida, se llaman glándulas «cerradas» o «endocrinas» o «de secreción interna».

Estas últimas están recorridas por una riquísima red de vasos capilares sanguíneos que vierten sus productos en la sangre que circula por ellos. De modo que las materias elaboradas por estas glándulas, las cuales han recibido el nombre de «hormonas» u «hormones», ingresan directamente al torrente circulatorio.

Las hormonas tienen la facultad de actuar a la distancia, sobre otros órganos, frenando, acelerando o determinando sus actividades propias.

La ausencia de algunas hormonas es causa de graves trastornos para el organismo.

Por último tenemos una tercera clase de glándulas, llamadas «mixtas», las cuales son endo y exocrinas a la vez.

Vamos a decir dos palabras acerca de la importancia de una glándula endocrina y de los trastornos que provoca su ablación (extirpación).

Nos referiremos a la **glándula tiroides**.

Los cirujanos suizos, Reverdin y Kocher comunicaron, en 1882, la observación de que después de extirpar los órganos tiroideos afectos de «bocio» (vulgarmente

«coto»), aparecía un cuadro sintomático con las siguientes características: hinchazón de la piel, la epidermis se reseca, se agrieta y se arruga; aparecen, además, lesiones en las uñas y en los dientes y caída del pelo. A esto se suma un decaimiento general, tanto corporal como intelectual. Cuando es un niño el enfermo, nótase gran limitación del crecimiento. Los mencionados cirujanos suizos hicieron ver que los efectos de la ablación del coto, por ellos practicada, recordaba también otra enfermedad que dichos facultativos habían tenido ocasión de observar con frecuencia, a saber, el «cretinismo» y cuyos síntomas consisten, asimismo, en enanismo, sequedad y palidez de la piel y torpeza intelectual. Muchas veces se acompaña de convulsiones violentas que terminan con la muerte del enfermo por debilidad cardíaca o parálisis de los músculos respiratorios.

La hormona que produce la glándula tiroides y cuya ausencia produce los trastornos antes anotados, es la «yodotirina», que Oswald caracterizó como una globulina denominada «yodotiroglobulina», que está contenida en los folículos tiroideos.

## CLASIFICACION DE LAS GLANDULAS

GLANDULAS	{	<b>Exocrinas o de Secreción externa</b> (Con conducto excretor)	{ Glándulas salivales Glándulas sudoríparas Glándulas mamarias Glándulas sebáceas
		<b>Endocrinas o de Secreción interna</b> (Sin conducto excretor)	{ Cápsulas suprarrenales Glándula tiroides Glándulas paratiroides Timo Bazo Hipófisis o Pituitaria Glándulas genitales, etc
		<b>Mixtas (Endo y exocrinas)</b>	{ Páncreas Hígado

## GLANDULAS ANEXAS AL TUBO DIGESTIVO

Son glándulas que existen en el trayecto del tubo digestivo y vierten en él ciertos líquidos especiales destinados a la transformación de las sustancias alimenticias.

Estas glándulas son: 1.º, las glándulas «SALIVALES»; 2.º, el «HIGADO»; 3.º, el «PANCREAS».

### Glándulas salivales

Son de dos clases: unas muy pequeñas diseminadas en el espesor de la mucosa bucal o debajo de ella, llamadas «glándulas labiales», «glándulas molares», «glán-

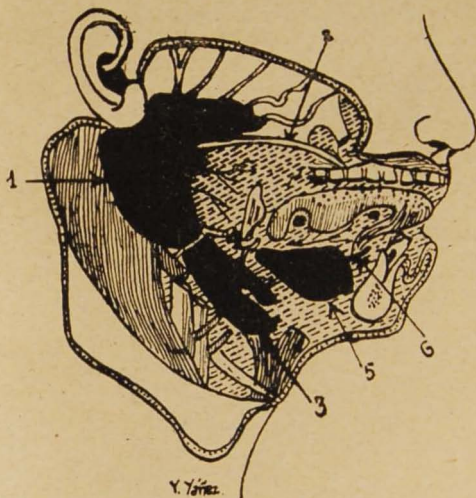


Fig. 14  
Glándulas salivares.

- 1.—Parótida.
- 2.—Conducto de Stenon.
- 3.—Glándula submaxilar.
- 4.—Conducto de Warthon.
- 5.—Glándula sublingual.
- 6.—Conducto de Rivinus, de Bartholin o de Walther.

dulas palatinas», etc. Las otras son más voluminosas y se disponen alrededor de la boca formando una especie de herradura glandular. Poseen conductos excretores especiales y su número es de tres a cada lado de la cara: dos «Parótidas», dos «Submaxilares» y dos «Sublinguales». (Fig. 13).

**Parótidas.**—Se les llama así por su vecindad con el conducto auditivo externo, pues están ubicadas por debajo y delante del pabellón de la oreja. Son las más voluminosas de las tres, y su conducto excretor, que va a desembocar a la altura del segundo molar superior se denomina «conducto de Stenon».

**Submaxilares.**—Están ubicadas en la cara interna del maxilar inferior, más o menos en el ángulo que forma este hueso al cambiar su dirección de arriba abajo y de atrás adelante. Su conducto excretor, denominado «conducto de Warthon», va a abrirse a los lados del frenillo de la lengua.

**Sublinguales.**—Están situadas en el suelo de la boca, inmediatamente por dentro del cuerpo del maxilar. Su conducto excretor, denominado «conducto de Rivinus o de Bartholin», se abre en el piso bucal junto a la desembocadura del conducto de Warthon.

Las glándulas salivales producen la «saliva» que tiene una importante misión en las funciones digestivas, como veremos más adelante.

## Hígado

Es la glándula más voluminosa del organismo y pesa alrededor de uno y medio a dos kilos. Está situado en la parte superior de la cavidad abdominal, por debajo del diafragma que lo cubre como una amplia cúpula, y está sobre el estómago y la gran masa intestinal. Funcionalmente, el hígado es una glándula mixta, es decir, endo y exocrina a la vez.

Es de color rojo pardo, poco uniforme, presentando un aspecto granuloso, y cada gránulo corresponde a un lobulillo. (Fig. 15).

## POSICION Y RELACIONES DEL HIGADO

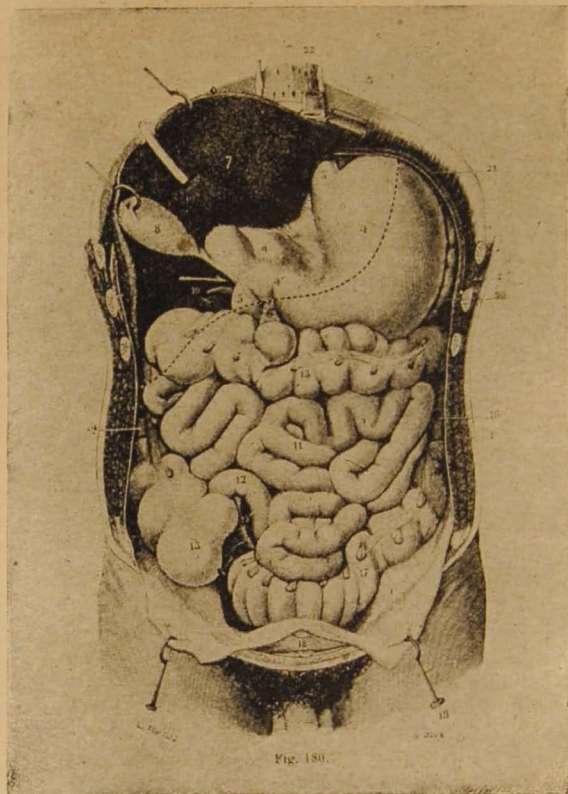


Fig. 15

Esta lámina muestra al Hígado desplazado hacia arriba y la línea de puntos indica la parte del tubo digestivo cubierto por esta voluminosa glándula. Pasa por el estómago, duodeno e intestino grueso. El Hígado está también sobre el riñón derecho desplazándolo ligeramente hacia abajo debido a su peso.

El Hígado visto por su cara inferior.

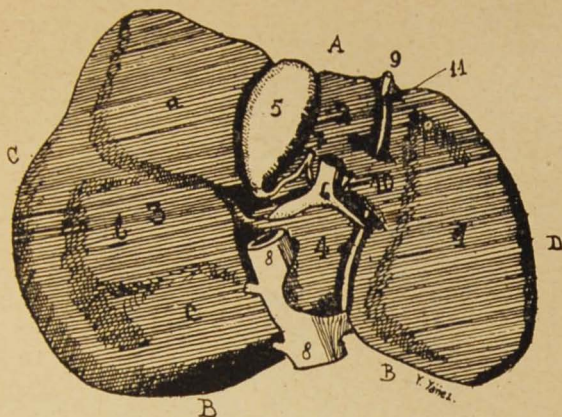


Fig. 16

- A.—Borde ántero-inferior.
- B.—Bórde póstero-superior.
- C.—Extremidad derecha.
- D.—Extremidad izquierda.
- 1.—Lóbulo izquierdo.
- 2.—Lóbulo cuadrado.
- 3.—Lóbulo derecho con
  - a).—depresión correspondiente al colon.
  - b).—depresión correspondiente al riñón derecho.
  - c).—depresión correspondiente a la cápsula suprarrenal respectiva.
- 4.—Lóbulo de Spiegel.
- 5.—Vesícula biliar o colecisto.
- 6.—Tronco de la vena porta.
- 7.—Canales hepáticos.
- 8.—Vena cara inferior.
- 9.—Ligamento redondo que ocupa el surco longitudinal.
- 10.—Puente de la substancia hepática, pasando por sobre el surco longitudinal.
- 11.—Surco longitudinal que separa el lóbulo izquierdo de los lóbulos cuadrado y de Spiegel.

Está dividido en cuatro lóbulos desiguales: el «cuadrado», el de «Spiegel», el «derecho» que es el más grande, y el «izquierdo». (Fig. 16).

Se encuentra cubierto por dos membranas: una capa que corresponde al peritoneo, que lo envuelve completamente, y una túnica fibrosa propia del hígado, que se conoce con el nombre de «cápsula de Glisson».

El tejido hepático, que forma toda la masa glandular, está recorrido por una multitud de conductos biliares que, reuniéndose en uno solo, forman el «canal hepático», que se divide en dos ramas: una que va a la «vesícula biliar», denominada «conducto cístico», y otra rama, denominada «canal colédoco», que va a desembocar en el duodeno, en un abultamiento de éste que se conoce con el nombre de «ampolla de Vater». Esta ampolla es un pequeño reservorio labrado en plena mucosa del duodeno y a la cual va a parar también, un poquito más abajo del colédoco, el conducto pancreático. De modo que la ampolla de Vater no es visible a la simple vista en la túnica externa del duodeno (sino que sólo se puede observar haciendo un corte de la pared duodenal siguiendo el eje del colédoco).

El hígado es una glándula tubulosa que, como dijimos, consta de varios lóbulos. Cada lóbulo se resuelve en «lobulillos», colocados perpendicularmente a la superficie. Cada lobulillo está formado por «trabéculas» unidas íntimamente entre sí. Y las paredes de las trabéculas están constituidas por dos células que dejan al centro el «conductillo hepático».

La «vesícula biliar» denominada también «vesícula de la hiel» o «colecisto», es un verdadero reservorio de la bilis, situada en la cara inferior del hígado, inmediatamente por fuera del lóbulo cuadrado. Su longitud media es más o menos de 9 a 11 centímetros, por 3,5 a 4 centímetros de anchura y su forma es las más veces una pera, con la parte más ancha dirigida hacia abajo y adelante.

El hígado tiene dos funciones principales. Una con-

siste en la producción de bilis. Y la otra, en la transformación de glucosa en «glucógeno», sustancia de reserva del organismo.

La transformación de glucosa en glucógeno se efectúa gracias a la intervención de una sustancia especial (hormona), que viene del Páncreas y que se denomina «hormona pancreática» o «insulina». Si falta la insulina, el hígado no transforma glucosa en glucógeno, y entonces el azúcar tiene que desbordar a la orina (diabetes) o se acumula en la sangre (glicosuria).

La glucosa que produce el tubo digestivo llega al hígado por la vena «porta», sólo después de efectuada la digestión. Pero vuelve a salir constantemente, en forma de glucosa también, por medio de las venas «suprahepáticas», para ser repartida a todo el organismo y proveer sus necesidades funcionales.

La bilis es una sustancia de color amarillo verdoso, de reacción alcalina, que tiene una importante función en la digestión.

Entre las sustancias que contiene la Bilis tenemos la «bilirrubina» y la «colesterina». Esta última al combinarse con algunas sales calcáreas, se precipita formando los «cálculos biliares» que a veces obstruyen los canales hepáticos, especialmente el colédoco, dando lugar a los cólicos hepáticos que producen agudos dolores.

Debido a la obstrucción del colédoco la bilis no puede vaciarse en el duodeno, pasando entonces a la sangre que toma un color amarillo parduzco y produce la «ictericia», pues toda la piel toma ese mismo color.

Otras funciones del hígado son las siguientes: «función hemolítica», que consiste en la destrucción de los glóbulos rojos envejecidos (después de 3 ó 4 semanas de vida); la «función hematopoyética», contraria a la anterior y que, como su nombre lo indica, es formadora de glóbulos rojos; la «función marcial», por la cual el hígado aprovecha el material de los glóbulos que destruye, para formar bilirrubina y biliverdina; la «función uropoyética», la producción de «fibrinógeno»; la

Colocación esquemática del estómago y  
páncreas.

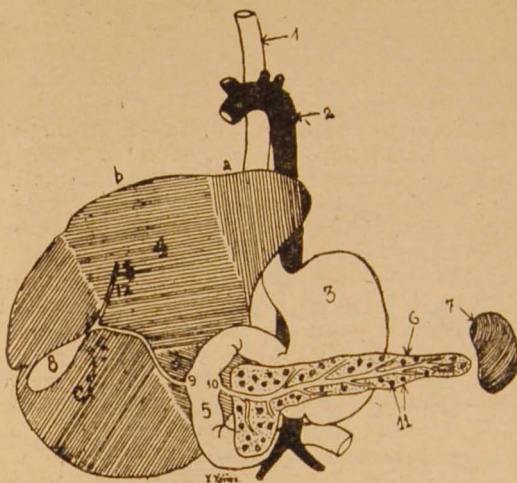


Fig. 17

- 1.—Esófago.
- 2.—Arteria aorta.
- 3.—Estómago.
- 4.—Higado; con
  - a).—Lóbulo izquierdo;
  - b).—Lóbulo cuadrado;
  - c).—Lóbulo derecho (el más grande) y
  - d).—Lóbulo de Spiegel.
- 5.—Duodeno.
- 6.—Páncreas.
- 7.—Bazo.
- 8.—Vesícula biliar.
- 9.—Desembocadura del canal colérico en la ampolla de Vater del duodeno.
- 10.—Desembocadura del canal de Wirsung (del Páncreas) en la ampolla de Vater.
- 11.—Islotes de Langerhans del Páncreas.
- 12.—Conducto cístico.

producción de «heparina»; la función de «desintoxicación»; rige el metabolismo de los prótidos; desaminación, síntesis de los aminoácidos, urea y ácido úrico; rige el metabolismo de los glúcidos y lípidos; por último, interviene en el metabolismo del agua y en la formación de vitamina A, a partir del caroteno, y almacenamiento de la vitamina B.

Otros autores asignan a la bilis una mayor importancia para la absorción de las grasas que para la digestión de las mismas. Los ácidos grasos se unen con las sales biliares para formar compuestos complejos y en esta forma es que se absorbe la mayor parte de las grasas a través de la pared intestinal.

También se le atribuye una función «antipútrida» y una acción «laxante», pues cuando se introduce bilis directamente en el recto o en el colon, se aceleran los movimientos peristálticos.

**Peritoneo.**—El Peritoneo es una membrana que tapiza las paredes de la cavidad abdominal y reviste la superficie externa de los órganos contenidos en ella.

Las funciones principales del peritoneo son: a) Facilitar el deslizamiento de los órganos abdominales, ya sea sobre la pared del abdomen o sobre los órganos vecinos. b) Por medio de los numerosos pliegues que emite su superficie, sostiene los órganos abdominales en su posición normal, sin que éstos puedan cambiar de lugar.

### El Páncreas

Es una glándula voluminosa anexa al duodeno, que vierte su secreción en esta parte del tubo digestivo por medio del conducto de «Wirsung». También es glándula mixta: endo y exocrina. (Fig. 17).

Su estructura presenta gran parecido con las glándulas salivales, por lo que se le ha llamado también «glándula salival abdominal».

Esta situado en la parte superior del abdomen, por delante de las vértebras lumbares, hacia el lado izquier-

do en sus dos tercios, y, a la derecha de la línea media del cuerpo, sólo en un tercio de su longitud.

Como la mayor parte de las vísceras presenta variaciones individuales en sus dimensiones. Pero su longitud media varía entre los 16 y 20 centímetros; su altura de 4 a 5 centímetros y su grosor de 2 a 3 centímetros. Su peso medio es de 70 gramos en el hombre y 66 gramos en la mujer.

Su forma también es irregular, aún cuando se le ha comparado con un gancho, un martillo, una lengua de perro o un cartabón de albañil. Y su color es más bien blanco grisáceo.

Se distinguen en él tres partes bien diferenciadas: una parte media o «cuerpo»; una extremidad derecha o «cabeza», situada en la concavidad del duodeno; y una extremidad izquierda o «cola», que termina en el Bazo.

Tiene dos funciones diferentes. Una, como glándula de «secreción externa» (con conducto excretor), y otra, como glándula «endocrina» o de secreción interna (sin conducto excretor, pasando la substancia producida directamente a la sangre).

Como glándula exocrina produce el «jugo pancreático» que sale por el canal de Wirsung y va a vaciarse al duodeno, en la ampolla de Vater, junto al colédoco. El jugo pancreático tiene una importante función en la digestión intestinal.

Además del canal de Wirsung existe un conducto pancreático accesorio, descrito por primera vez por Santorini, que va a desembocar en el duodeno, a 2 ó 3 centímetros por encima y un poco por delante de la ampolla de Vater. Recibe también la desembocadura de conductos de segundo orden y en caso que un obstáculo se opone a la libre emisión del jugo pancreático por el canal de Wirsung, él reemplaza esta vía ordinaria.

Como glándula endocrina produce una substancia especial u «hormona pancreática», aislada por Banting

y Best, denominada «insulina», la cual tiene la importante función de determinar en el hígado la transformación de glucosa en glicógeno, impidiendo la diabetes. También se cree que determina la combustión de los hidratos de carbono en los tejidos.

La insulina se produce en el interior del páncreas, en unos corpúsculos redondeados u ovals, diseminados sin orden en el tejido interior de la glándula. Estos corpúsculos se llaman «islotes de Langerhans». (De ahí el nombre de «insulina» dado a su hormona).

Las hormonas son productos químicos de las glándulas de secreción interna, que obran a la distancia sobre otros órganos, activando sus funciones o frenando otras.

### **Cavidad torácica y cavidad abdominal**

Antes de dar término al capítulo de la morfología del tubo digestivo y de sus glándulas anexas, debemos decir que el tronco se encuentra dividido en dos partes, por un tabique muscular denominado «diafragma». (Fig. 18).

En la parte superior del tabique quedan alojados los órganos torácicos, como los pulmones y el corazón. Y en la parte inferior del diafragma se encuentran las vísceras del tubo digestivo, sus glándulas más voluminosas, los riñones, el aparato excretorio renal, etc.

### **ALIMENTOS Y ALIMENTACION**

El organismo, en su trabajo diario, pierde una gran cantidad de sustancias que debe reponer inmediatamente por medio de la alimentación, y así impedir la declinación de la actividad vital.

Este desgaste es continuo, lo cual se demuestra colocando un animal en una balanza y equilibrándolo con pesas. Después de un tiempo, más o menos corto, se rompe el equilibrio y es necesario quitar tara para poder mantenerlo.

El cuerpo pierde por las vías de eliminación (riñones, piel, órganos respiratorios, etc.), unos 3 kilos de

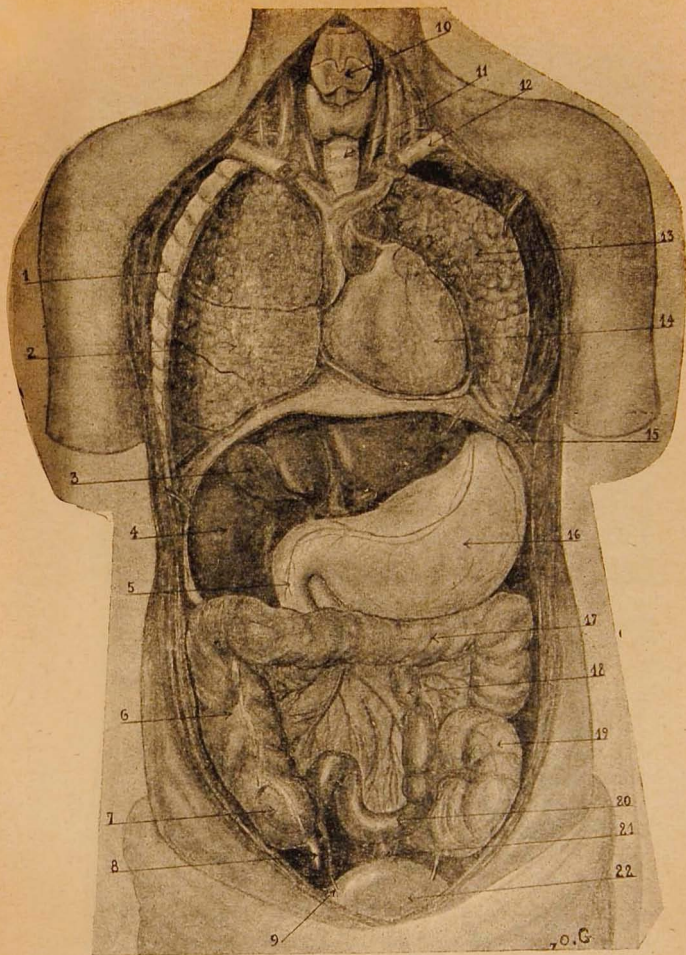


Fig. 18

1. Costillas.— 2. Pulmón derecho.— 3. Vesícula biliar.— 4. Hígado.— 5. Duodeno.— 6. Colon ascendente.— 7. Ciego.— 8. Apéndice.— 9. Ureter derecho.— 10. Laringe.— 11. Tráquea.— 12. Clavícula.— 13. Pulmón izquierdo.— 14. Corazón.— 15. Diafragma.— 16. Estómago.— 17. Colon transversal.— 18. Yeyuno.— 19. Colon descendente.— 20. Ileón.— 21. Recto.— 22. Vejiga urinaria.

agua por día; 300 gramos de carbono combinado con oxígeno, en forma de anhídrido carbónico; 20 gramos de nitrógeno, provenientes de la descomposición de las albúminas; y 25 gramos de sales minerales. Todo lo cual puede reducirse a calorías, cuya pérdida diaria es de, más o menos, dos mil calorías.

De lo cual se desprende que el organismo necesita reponer estas pérdidas, lo cual hace ingiriendo sustancias que, debidamente elaboradas, son capaces de mantener el equilibrio funcional del individuo.

Todos los alimentos contienen «principios nutritivos» que son indispensables para la vida.

En página especial damos un cuadro que contiene la clasificación completa de estos principios nutritivos. (Pág. 65).

## CLASIFICACION DE LOS ALIMENTOS

### 1.º Según su origen

La clasificación clásica de los alimentos está basada en su origen, pudiendo ser de origen animal, vegetal o mineral.

Los alimentos pueden tener todos o parte de los principios nutritivos que hemos visto en el cuadro anterior.

Cuando contienen todos los principios enunciados, se denominan «alimentos completos». Y, cuando sólo poseen alguno de ellos, se llaman «alimentos incompletos».

Un alimento incompleto no basta por si solo para mantener el organismo, aunque se ingiera en gran cantidad, sino que debe suplirse lo que le falta mediante otros alimentos.

Los alimentos completos pueden ser: a) de origen vegetal( cereales, legumbres, etc.); b) de origen animal (carne, leche, huevos, etc.).

Es de advertir que la carne va acompañada de sustancias altamente tóxicas que pueden llegar a producir trastornos en el organismo, en caso de debilidad congénita o adquirida, del hígado.

## CLASIFICACION DE LOS PRINCIPIOS NUTRITIVOS

<u>PRINCIPIOS</u> <u>NUTRITIVOS</u>	{                      	<u>MINERALES</u>	{ Agua Cloruro de sodio Carbonatos y fosfatos Sales de calcio, potasio, etc.		
				{ Glúcidos	{ Monosacáridos (Ej.: glucosa, levulosa) Bisacáridos (Ej.: sacarosa, lactosa, maltosa, etc.) Polisacáridos (Ej.: celulosa, almidón, gomas, etc.)
			{ Ternarios (C.-H.-O.)	{ Lípidos	{ Margarina (glicerina más ác. margárico) Oleína (glicerina más ác. oleico) Palmitina (glicerina más ác. palmítico) Estearina (glicerina más ác. esteárico)
		<u>ORGANICOS</u>	{ Cuaternarios (C.-H.-O.-N.)	{ Albúminas Gelatinas Vitaminas	{ Vegetales (gluten, legúmina) Animales (albúmina, miosina) Oseína Condrina Gelatina (De cuya clasificación se habla más adelante)

## 2.º Según su acción sobre el organismo

Tomando en cuenta la acción de los diversos alimentos sobre el organismo y la forma como éste reacciona para elaborarlos, podemos clasificarlos en general de la siguiente manera:

a) **Alimentos perjudiciales.**—Entre los cuales puede incluirse la carne, porque contiene tóxicos, produce fermentaciones pútridas en el intestino grueso, retarda la peristáltica y acidifica la sangre, produciendo el endurecimiento de los vasos sanguíneos.

De modo que las personas con órganos desintoxicadores y eliminadores debilitados (hígado, riñones) deben ser muy parcas en el consumo de carnes, como también cuidarse del exceso de leguminosas (porotos, lentejas, garbanzos, arvejas, etc.) y en especial de la ingestión de licores y aún del vino, antes de la edad adulta.

b) **Alimentos poco tolerables.**—Entre los cuales incluimos los quesos grasos, exceso de huevos, pescado frito, manteca, dulces de pastelerías no controladas, exceso de tomates, jamón, frutas verdes.

c) **Alimentos tolerables.**—Como por ejemplo, la leche y las legumbres (frejoles, arvejas, etc.), pero en dosis atinadas y no en exceso.

d) **Alimentos recomendables.**—Tales como los cereales (trigo, maíz, avena, cebada, centeno, arroz, etc.); frutas aceitosas u oleaginosas (avellanas, nueces, almendras, cocos, etc.); las farináceas o feculentas (castañas, paltas, lúcumas, etc.); frutas dulces secas (higos, pasas, ciruelas, peras, huesillos, etc.); frutas frescas (muy importantes por sus vitaminas); las hortalizas (papas, camotes, zapallos, betarragas, etc.); las verduras (ocupando el primer lugar la lechuga e importantes también por sus vitaminas); los bulbos (cebollas, ajos, etc.).

### Substancias indispensables

que los alimentos deben proporcionar a las células

Estas substancias absolutamente indispensables para la vida, pueden agruparse en siete órdenes:

**1.º Substancias plásticas o reparadoras.**—Constituídas por las albúminas. Las encontramos en la leche, en la carne, en el gluten de los cereales, en los huevos, en las frutas oleaginosas, etc.

Las substancias plásticas son necesarias porque ellas reponen el protoplasma celular desgastado.

**2.º Substancias energéticas o caloríficas.**—Son las que mantienen el calor animal. Entre ellas tenemos las grasas, los aceites, azúcares, almidón, etc.

**3.º Los fermentos.**—Son los que facilitan la transformación de la materia inerte que llega a la célula, en materia viva o protoplasma. Son llamadas comúnmente «diastasas» y sólo se encuentran en los alimentos crudos, especialmente frutas y leche, pues más allá de los 50 grados centígrados, se descomponen y no ejercen acción alguna.

**4.º Substancias catalíticas.**—Son compuestos absolutamente indispensables para que los fermentos puedan tener una acción benéfica para el organismo, y sólo obran por presencia, sin combinarse con los otros cuerpos sobre los cuales actúan.

Están constituídas por sales minerales, como los fosfatos de hierro, calcio, magnesio, potasio, sodio, etc., y se encuentran en abundancia en todos los granos, frutas, verduras y tubérculos.

Además de su papel catalizador, las sales minerales sirven también para mantener la concentración de la sangre, facilitar la secreción glandular y como plásticas en la formación del esqueleto.

**5.º Substancias biógenas o vitaminas.**—Que son verdaderas energías vivas que se transmiten directamente de las plantas a los animales y de éstos al hombre, o de las plantas al hombre.

Fueron descubiertas por el fisiólogo Funk, quien les dió el nombre de «vitaminas».

Estas pueden ser de varias clases, cada una de las cuales desempeñan funciones diferentes.

Las encontramos en los alimentos crudos de origen animal, como la leche y los huevos, y en todos los vegetales también crudos.

Las vitaminas pierden mucho de su valor por la cocción, y por la adición de bicarbonato a las comidas.

Las vitaminas principales son cinco, cada una de las cuales se designa con una letra, desde la A hasta la E. (1)

Para que se estime suficientemente la imperiosa necesidad de ingerir vitaminas, vamos a exponer brevemente los trastornos generales que sufre el organismo cuando faltan estas sustancias.

La falta de vitaminas A vuelve a las personas y en especial a los niños, poco resistentes a los resfríos, infecciones generales y tuberculosis.

Provoca el retardo del crecimiento al mismo tiempo que los cabellos se hacen ralos y sin brillo. Se encuentra vitaminas A en la mantequilla, yema de los huevos, zanahorias, etc.

La falta de vitaminas B produce una enfermedad llamada «beriberi» (polineuritis), que se caracteriza por irritación e inflamación de los nervios, parálisis de los miembros, se hincha la piel, produce diarrea y degeneración de algunas glándulas (genitales). Se encuentran en las partes verdes de las plantas, en las nueces, huevos, leche y frutas y semillas en germinación.

Las vitaminas C se encuentran en las frutas frescas. Si faltan producen una enfermedad llamada «escorbuto», que se caracteriza por hemorragias bajo la piel y en los órganos internos, dolor en las articulaciones y diarrea; también hipersensibilidad en las encías y dientes.

Las vitaminas D constituyen un grupo segregado de las vitaminas A, cuya ausencia provoca el raquitismo, y se encuentra en la mantequilla, leche y yema de huevo. También los baños de sol dados con método engendran en el organismo vitaminas D.

---

(1) Actualmente la clasificación de las vitaminas es mucho más científica.

La falta de vitaminas E provoca serios trastornos en las glándulas sexuales. Se encuentran en el trigo germinado y lechuga.

**6.º Substancias neutras.**—Estas no integran el protoplasma celular, pero contribuyen a excitar algunas funciones benéficas del organismo. Por ejemplo, la «celulosa» que se encuentra en todos los vegetales (pared celular), no tiene fermentos especiales que la desdoblen, pero ella aumenta la peristáltica intestinal evitando las fermentaciones pútridas y el envenenamiento del organismo. El estreñimiento se debe en gran parte a falta de fibras vegetales en las comidas.

**7.º El agua.**—Sirve de vehículo y regula la concentración de las substancias contenidas en el protoplasma celular y en el plasma sanguíneo. Constituye aproximadamente las tres cuartas partes de la materia viviente y a ella se deben las reacciones más esenciales inherentes a la vida.

Se le encuentra en gran abundancia en las frutas jugosas, las únicas que la tienen en estado «fisiológicamente puro».

### Ración alimenticia

Se denomina ración alimenticia a la cantidad de principios nutritivos que necesita el organismo para reparar sus pérdidas y sostener en buen estado normal sus fuerzas y actividades.

La ración alimenticia debe constar de todas las clases de principios nutritivos indispensables para la vida y que ya hemos analizado anteriormente.

Después de laboriosas investigaciones se ha llegado a averiguar, más o menos, la cantidad de substancias que necesita diariamente un hombre adulto: 107 grámos de albúmina; 64 gramos de grasa; y 407 gramos de hidratos de carbono (azúcares, almidón, féculas, etc.). Sin embargo ahora se tiende a considerar más conveniente no sobrepasar de ochenta gramos de albúmina por día, salvo en los adultos de gran altura.

Pero también se han confeccionado cuadros que indican la mínima porción de alimentos necesarios para conservar el equilibrio orgánico, según la edad y según el trabajo.

	Albúminas gramos	Grasas gramos	Hidratos de carbono gramos
Niños hasta de 1 $\frac{1}{2}$ año	20—25	30—50	60—90
Niños de 6 a 15 años	60—80	37—50	250—400
Hombres cuyo trabajo es mediano .....	80	64	407
Mujeres cuyo trabajo es mediano .....	70	44	400
Hombres cuyo trabajo es pesado .....	100	100	500
Ancianos .....	70	68	350
Ancianas .....	60	50	260

Toda esta cantidad de principios nutritivos debe obtenerse de los alimentos. Aún los alimentos completos, unos tienen más de una clase que la otra; y así hay que tomar la cantidad que de cada uno se necesita.

El siguiente cuadro nos indica el contenido de los alimentos más usuales y la ración alimenticia para un hombre normal de trabajo mediano.

Alimentos	Peso	Albúmina	Grasas	Hidratos de carb.
Pan .....	30 grs.	24 grs.	3 grs.	150 grs.
Carne (sin huesos) ...	100 „	20 „	2 „	
Huevos .....	100 „	16 „	12 „	
Leche .....	100 „	4 „	4 „	4 „
Legumbres .....	100 „	20 „	1 „	57 „
Azúcar .....	31 „	— „	— „	29 „
Papas .....	200 „	3 „	— „	40 „
Cuerpos grasos .....	50 „	— „	40 „	— „

Las raciones alimenticias varían, naturalmente, según las circunstancias individuales y el clima. Así por ejemplo, en los países fríos han de abundar las grasas

especialmente mantequilla en las comidas, que son los principios nutritivos que más calorías comunican al organismo; por el contrario en los países cálidos debe disminuirse notablemente el uso de las grasas. Y lo mismo debe referirse en cuanto a las estaciones de invierno y verano.

Al computar las sustancias nutritivas que existen en los alimentos, hay que tener presente que éstos, según su procedencia, son utilizados por el organismo de diferentes modos.

La albúmina de origen animal (carne, huevos, leche) es mucho más fácil de digerir que la procedente del reino vegetal (legumbres, harinas); de manera que si nuestras pérdidas de nitrógeno hubiéramos de reponerlas tan sólo con alimentos vegetales, nos sería indispensable tomar mucho mayor cantidad de éstos. Por el contrario, las pérdidas de carbono las reparamos mucho más fácilmente con los alimentos vegetales que con los procedentes de los animales.

Una alimentación compuesta exclusivamente de vegetales (vegetarianismo) puede llegar perfectamente a ser suficiente para reponer todas las pérdidas del organismo, en la vejez y como sistema periódico de desintoxicación de los organismos normales, para dejar reposar algún tiempo al riñón e hígado. De todos modos conviene consultar a los especialistas en medicina dietética.

En cambio, el régimen carnívoro presenta tales desventajas, en todos sentidos, que hoy día va siendo desplazado lentamente de las costumbres de la civilización occidental, haciéndose cada vez más mixto, con preferencia de vegetales (verduras, frutas dulces, tubérculos, cereales).

Para la elección de las sustancias alimenticias también hay que tomar en cuenta el precio de ellas, el cual es mayor, casi siempre, para los alimentos animales que para los vegetales.

## CALOR DE COMBUSTION POR CADA 100 GRAMOS DE PRODUCTO ALIMENTICIO

### Alimentos de origen animal

Carne de ternera (cocida) .....	118	calorías
Carne de cerdo (cocida) .....	180	"
Gallina (pechuga) .....	168	"
Pescado .....	93	"
Ternera asada .....	160	"
Cerdo asado .....	210	"
Ganso asado .....	711	"
Jamón .....	160	"
Embutido de sesos .....	525	"
Embutido de hígado .....	254	"
Arenque .....	166	"
Leche de vaca .....	65	"
Mantequilla .....	800	"
Queso .....	420	"
Huevos de gallina .....	166	"
Caviar .....	241	"
Caldo .....	10	"

### Alimentos de origen vegetal

Papas cocidas .....	96	calorías
Papas asadas .....	200	"
Coliflor .....	40	"
Espinaca .....	45	"
Espárragos .....	18	"
Rábanos .....	24	"
Puré de porotos .....	170	"
Pan blanco .....	265	"
Pan moreno .....	250	"
Pasteles .....	288	"
Sémola .....	80	"
Manzanas .....	51	"
Cerezas .....	52	"
Naranjas .....	26	"
Uvas .....	69	"

Nueces .....	652 calorías
Lechuga .....	18 „
Chocolate .....	498 „
Cerveza .....	50 „
Vino .....	65 „

Los procesos químicos que se desarrollan en el organismo, por efecto de la alimentación, son procesos de oxidación, y por consiguiente, la energía química contenida en los alimentos, puede ser expresada por el «calor de combustión de dichos alimentos».

La determinación de este calor de combustión se realiza en los laboratorios de Química, por procedimientos muy perfectos (Bomba calorimétrica de Berthelot) que nos dan cifras muy exactas.

• **Ración alimenticia sencilla y suficiente** (según v. Hoesslin, 1930):

Alimentos en gramos	Albúminas	Grasas	Hidratos de carbono	Calorías
500 leche .....	15,5	17,5	23,5	325
10 mantequilla .....	—	8,2	—	76
40 manteca .....	—	38,0	—	352
30 margarina .....	0,1	24,6	0,1	230
75 carne .....	12,7	10,5	—	150
50 queso .....	12,5	7,5	1,8	127
1 medio huevo .....	2,7	2,6	0,1	36
50 pescado .....	10,0	4,5	—	80
500 pan .....	29,0	—	242,5	1.130
250 papas .....	3,8	—	51,3	225
50 harina, pasta .....	5,5	0,2	35,0	166
100 legumbres .....	1,0	—	4,0	21
50 frutas .....	0,2	—	7,5	25
50 azúcar .....	—	—	49,0	200
Totales .....	93,0	113,6	414,8	3.143

Esta es una ración alimenticia económica y adecuada a las exigencias fisiológicas.

Como un dato de interés vamos a dar la clasificación de las profesiones, que ha hecho Rubner, en atención a su diferente necesidad de calorías aprovechables:

Calorias	
2.400	empleados, intelectuales, comerciantes, mecánicos.
3.000	obreros de industrias, artesanos, etc.
3.400	albañiles, sastres, soldados.
4.000 a 5.000	obreros del campo, mozos de cuerda, deportistas.

### Modo de tomar los alimentos.

#### Cuidado de la boca y de los dientes

La manera cómo debemos tomar nuestras comidas es de gran importancia para una buena alimentación.

Si son demasiado calientes, atacan la mucosa de la boca, faringe, esófago, produciendo también trastornos en el estómago.

Por el contrario, el uso de bebidas demasiado frías, paraliza las secreciones.

También es de mucha importancia que los alimentos no se tomen demasiado de prisa, sino que antes deben ser cuidadosamente masticados para evitarle así un trabajo excesivo al estómago, y producir una buena y cómoda digestión.

En las personas que carecen de dientes o que los tienen malos, se producen con frecuencia serios trastornos digestivos. Por eso, para conservar los dientes es necesario tener un cuidado especial con la limpieza de la boca.

Cuando la limpieza de los dientes no es suficiente, se depositan entre ellos y en sus cavidades, ligeros restos de comidas, los cuales, al descomponerse, irritan las partes con que están en contacto y producen serias afecciones a los dientes y las encías.

Además, los gérmenes de esta descomposición se unen fácilmente con los nuevos alimentos que llegan a la boca, pasan al tubo digestivo y provocan infecciones intestinales.

Los dientes se limpian con un cepillo y dentífricos que no sean irritantes ni ataquen el esmalte de la corona, lo cual favorece el desarrollo de las «picaduras».

Para conservar el esmalte tampoco deben exponerse los dientes a cambios bruscos de temperatura, ni querer romper con ellos cuerpos muy duros.

Se debe masticar siempre con ambos lados simultáneamente y el «sarro» que se acumula en la base debe ser extraído con toda oportunidad.

### **Cuántas veces debemos comer**

Dos comidas al día, unidas a un desayuno frugal, bastan para llenar las exigencias del organismo. Sin embargo, parece que existe un prurito en la mayor parte de los individuos por comer a toda hora «lo que venga».

El abuso en las comidas trae por consecuencia la fatiga de las vías digestivas y otros trastornos bastante peligrosos para la salud. A este respecto vamos a cederle la palabra a don Demetrio Salas Maturana, quien, en su «Higiene Biológica» dice a este respecto lo siguiente:

«El resultado de este abuso inconsiderado contra el estómago es, desde luego, el cansancio del tubo digestivo, con una deficiente elaboración de las sustancias alimenticias, quedando inaptas para proveer a nuestras funciones y para llevar los materiales fisiológicos necesarios a la vida de la célula. Además, se produce la irritación de las mucosas intestinales junto con el agotamiento de los músculos encargados de poner en movimiento las diversas secciones del aparato digestivo.

«Por su parte el sistema nervioso, solicitado con demasiada frecuencia para intervenir en trabajo tan laborioso, es alcanzado también por la fatiga, la cual le roba las energías con que debe presidir las demás funciones

orgánicas. De aquí la depresión general que de ordinario se conoce con el nombre de neurastenia o debilidad nerviosa».

El remedio para este abuso sólo podemos encontrarlo en el «ayuno relativo (no en el absoluto que es para los casos de graves enfermedades), con el cual se da descanso a los nervios y al tubo digestivo, y por lo tanto renovación de energías para todo el organismo. Un mal hábito en los adultos que no hacen trabajo pesado es el de tomar «once». Esta debe ser permitida sólo a los niños y trabajadores manuales.

### La alimentación y el crecimiento

Durante la época del desarrollo del niño existe en sus tiernos tejidos una abundante producción de nuevas células, que van a formar nuevos tejidos o a perfeccionar los ya existentes.

Para ayudar a esta acción de la naturaleza el propio niño desarrolla energías de diversas clases que nosotros estamos en la obligación de estimular para que el crecimiento se efectúe normalmente.

Estas energías son de tres clases: **químicas**, que las proporcionan los alimentos, en especial las sales; **físicas**, que se las da el movimiento constante del niño, además del aire, el calor del sol y la luz; y por último las energías **morales** que están formadas por la alegría sana y espontánea del niño, que es compañera inseparable de su salud.

Los tóxicos, como el alcohol, el tabaco, las drogas, el aire confinado, etc., son enemigos irreconciliables del crecimiento y desarrollo normal de los niños. De ahí la necesidad imprescindible de evitárselos a toda costa.

## DIGESTION

Se llama «digestión» al conjunto de procesos que se efectúan en el tubo digestivo y tienen por objeto hacer absorbibles (solubles y difusibles) los alimentos ingeridos.

Los alimentos sufren en el tubo digestivo una serie de transformaciones que se verifican por la acción de varios «jugos digestivos», que son productos de secreción glandular.

Pero estos jugos digestivos llevan en su composición unos cuerpos especiales llamados «fermentos» que actúan sobre los diversos principios nutritivos.

Cada grupo de alimentos tiene fermentos especiales que los atacan y desdoblan. Así por ejemplo, las albúminas son atacadas por la pepsina, la tripsina, etc.; los hidratos de carbono o glucidos, por la ptialina, la amilopsina, etc.; las grasas o lípidos por la esteapsina, etc.

Según la función que desempeñan los fermentos se dividen en tres categorías: 1.º Fermentos «proteolíticos», los que actúan sobre las albúminas; 2.º Fermentos «lipolíticos», los que actúan sobre los lípidos o grasas; y 3.º Fermentos «amilolíticos», los que actúan sobre los hidratos de carbono.

Los fermentos no los secretan las células al estado de fermento activo, es decir, que pueden actuar inmediatamente, sino que son producidos en estado inactivo o de «profermentos», que necesitan ser activados por otras sustancias. Por ejemplo, la pepsina del jugo gástrico se produce en estado inactivo de «pepsinógeno» o «propepsina», que para ser activada necesita la intervención del ácido clorhídrico, su activador.

Los activadores de los fermentos son productos de secreción celular como los fermentos mismos, y se llaman «quinasas». Por ejemplo: la «enteroquinasa» activadora de la protripsina; la «tromboquinasa» activadora de protrombina de la sangre, etc.

Los fermentos para desarrollar su acción química necesitan una temperatura adecuada, más o menos la misma del cuerpo (37°). A una temperatura mayor no obran (50°), y a una temperatura más elevada todavía se destruyen.

### ¿Cómo actúan los fermentos?

La palabra «fermentatio», usada desde hace mucho tiempo, da la idea de un desprendimiento de gases, como el que se observa en todo proceso de fermentación (por ejemplo, en la fermentación alcohólica). Así tenemos diversas clases de fermentaciones: gaseosas, pútridas, vínicas, ácidas, etc.

Sobre las causas de las fermentaciones hubo célebres polémicas entre los estudiosos. Liebig estableció su doctrina «mecanicista», admitiendo que la causa de la fermentación estaba en unas sustancias que, al descomponerse, arrastraban a otras en el despedazamiento de sus moléculas. Pasteur, con su doctrina «vitalista», estableció que toda fermentación estaba ligada a la presencia de microorganismos y relacionadas con el metabolismo de éstos.

Posteriormente se descubrieron unos fermentos que procedían, efectivamente, de la actividad de las células, pero que carecían de algunos signos de vitalidad (crecer y multiplicarse). Estos fueron llamados «fermentos amorfos», en oposición a los «fermentos figurados u organizados» y llamados después «enzimas».

Se comprobó en seguida que las «enzimas» ofrecen bastante semejanza con los fermentos figurados vivos, como por ejemplo su gran sensibilidad a las temperaturas elevadas y a las radiaciones ultravioletas. Por esta causa surgió la opinión de que las «enzimas» son «vestigios protoplasmáticos», pues hay todavía en ellas un resto de vida.

En la actualidad ha desaparecido esta diferencia entre fermentos figurados y amorfos, pues se cree que los elementos vivos actúan debido a la actividad química de ciertas «enzimas» «intracelulares» contenidas en ellos.

Abonan esta teoría diversos experimentos entre los cuales podemos mencionar el hecho que si alteramos por la cloroformización la levadura, ésta pierde su capacidad para transformar la sacarosa en glucosa y la adquiere, en cambio, el agua ambiente. Además debemos recordar los descubrimientos de Büchner, sancionados con el Premio Nobel, según los cuales las fermentaciones alcohólica, acética y láctica, pueden verificarse sin intervención alguna de los microorganismos respectivos. Para esto basta con prensar dichos bacilos, obteniendo un líquido que contiene «zimasa», es decir, una mezcla de las enzimas que aquellos contenían en el interior de su cuerpo vivo.

Con esto se logró sacar el proceso de las fermentaciones del misterioso campo de «lo vivo», pero se volvió a plantear la cuestión del modo de obrar de los fermentos.

Aún no se ha conseguido averiguar la constitución química de las enzimas y por lo tanto su «especificidad de acción», es decir la propiedad que tienen de provocar sólo algunas reacciones químicas bien determinadas.

Sin embargo algo se ha logrado avanzar en este sentido, especialmente cuando se establecieron las relaciones que existen entre las enzimas y los «catalizadores» (1), llegándose a incluir los fermentos en el grupo de estos cuerpos o sea, que actúan por presencia.

Favorecen esta teoría los siguientes hechos: a) Que las enzimas no se consumen en virtud de su acción, sino que subsisten íntegras una vez terminada la fermentación; b) Que existe un considerable número de reacciones que pueden ser provocadas indiferentemente por fermentos orgánicos o por sustancias inorgánicas. Por ejemplo: la oxidación del alcohol, para convertirse en ácido acético, puede verificarse lo mismo mediante el

---

(1) Según Berzelius, son «catalizadores» aquellos cuerpos que despiertan afinidades dormidas. También se les define diciendo que son sustancias que obran por «presencia», sin destruirse.

Mycoderma aceti, que con la intervención del platino finamente dividido.

Si los fermentos actúan como catalizadores ¿cuál es el mecanismo de la acción catalítica?

Tampoco este problema ha sido resuelto definitivamente, pero se admite en general que la catalisis se verifica mediante una «reacción intermediaria», en la cual el catalizador se descompone durante la reacción, para regenerarse después. (Ejemplo, la formación de éter por la acción del ácido sulfúrico sobre el alcohol etílico, en que el ácido obra como catalizador, siendo que primero forma sulfato ácido de etilo y en la segunda fase de la ecuación se regenera completamente).

Las enzimas, desde el punto de vista químico físico, parecen poseer propiedades de coloides, por lo cual, al actuar sobre las sustancias fermentables, forman compuestos inestables, que a continuación dejan en libertad la «enzima».

### Propiedades generales de los fermentos

Las diversas zimasas conocidas hasta hoy día, si bien tienen propiedades que son características para cada una de ellas, presentan un conjunto de cualidades que les son comunes, entre las que anotamos las siguientes principales:

1.º La propiedad fundamental de las enzimas es la que nos ha servido para su definición y consiste en que pequeñísimas cantidades son capaces de transformar grandes cantidades de sustancia. Por ejemplo: un gramo de amilasa es capaz de transformar 2.000 gramos de almidón; la pepsina es susceptible de solubilizar varios millones de veces su peso de fibrina.

2.º Los fermentos no entran en combinación con las sustancias que transforman ni con las que se producen.

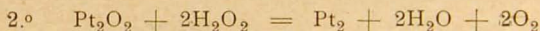
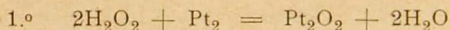
Terminada la transformación, las zimazas se encuentran en libertad y conservando sus propiedades.

Por esta última razón se les considera como sustancias catalizadoras o catalíticas.

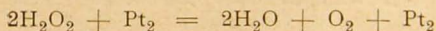
El siguiente ejemplo explicará mejor esta acción: el de la descomposición del agua oxigenada en presencia del platino.

Si ponemos un poco de musgo de platino en el fondo de un tubo de ensayo y vertemos encima una mezcla de agua oxigenada y agua destilada, observaremos inmediatamente la producción de una gran cantidad de pequeñas burbujas que se acumulan en la superficie del líquido. Estas burbujas son de oxígeno.

El proceso químico desarrollado en el líquido se ha efectuado en dos momentos o fases sucesivas que pueden explicarse así:



Estas dos fases pueden reducirse a una sola:



El platino parece haber actuado sólo por presencia sin haber intervenido directamente en la reacción. puesto que después de efectuada ésta encontramos en el tubo de ensayo exactamente la misma cantidad de platino que habíamos puesto al principio.

Si admitimos que los enzimos se comportan químicamente de la misma manera que el platino y en general de los catalizadores inorgánicos, nos explicaremos con facilidad la naturaleza de los procesos fermentativos que, de otro modo, aparece enigmática.

## La digestión en la boca

La transformación de los distintos alimentos destinados a nuestra nutrición principia en la boca. Aquí algunos de los alimentos son sometidos a la trituración y masticación (los sólidos), otros pasan directamente al estómago sin sufrir ninguna transformación (algunos líquidos), y otros, por fin, se desdoblan por la acción de fermentos especiales contenidos en la saliva y secretados por las glándulas salivales.

El trozo de alimento sólido que cortan los dientes incisivos y caninos se denomina «bocado», el cual tan pronto como está en la boca sufre la acción inmediata de la saliva. Esta cumple diversas y complicadas funciones:

1.º Por el agua que contiene diluye las soluciones concentradas.

2.º Lubrifica los alimentos, remojándolos, los aglutina y forma el «bolo alimenticio», al cual cubre completamente para hacerlo más resbaladizo hacia el interior.

3.º El único fermento que contiene la saliva se llama «ptialina» la cual obra solamente sobre los hidratos de carbono y especialmente sobre el almidón cocido, pues sobre el crudo actúa con mayor dificultad.

El almidón es un hidrato de carbono insoluble. La ptialina lo transforma poco a poco en otros hidratos de carbono, por ejemplo «maltosa», la cual termina por desdoblar-se en «glucosa» soluble.

## La deglución

Una vez transformado el bocado en bolo alimenticio, es «deglutido», acción en la cual toman parte la lengua, el velo del paladar y las paredes de la faringe. En el momento de la deglución se cierra la entrada de la laringe, por medio de la epiglotis, y el bolo puede deslizarse sin dificultad hasta el esófago. (Figs. 19 y 20).

La deglución es un acto voluntario, pero tan pronto como llega el alimento al esófago, sigue su camino descendente hasta llegar al estómago merced a movimientos involuntarios.

También se puede medir el tiempo de la deglución y se ha llegado a averiguar que los líquidos tardan en recorrer el conducto esofágico de 0,5 a 1,5 segundos; y los alimentos sólidos, a causa de la lentitud de la onda peristáltica, emplean más o menos 8 segundos.

La deglución se verifica gracias al funcionamiento de un complicado aparato muscular, cuya coordinación corre a cargo de un «centro de la deglución», situado en el bulbo raquídeo.

Los diversos segmentos musculares del esófago se contraen sucesivamente por influencia de este centro y cuando éste sufre algún trastorno, los individuos se atragantan o el alimento es expulsado por la boca y la nariz, sin cumplir con su deseo de «tragar».

El acto de la deglución es un fenómeno «reflejo», es decir, el centro de la deglución necesita la excitación transmitida por nervios sensitivos para poder actuar. Estos son, el trigémino, el glosofaríngeo y el laríngeo superior, los cuales inervan la cavidad faríngea con fibras sensitivas. Por eso los movimientos de la deglución se verifican una vez que los alimentos han llegado «voluntariamente» a la faringe.

Cuando el movimiento peristáltico llega al cardias, se relaja el esfínter de éste lentamente, al mismo tiempo que se relaja también la vecina región del estómago, con lo cual se facilita la entrada del bolo alimenticio en este órgano.

## Posición de la epiglotis antes y durante la deglución.

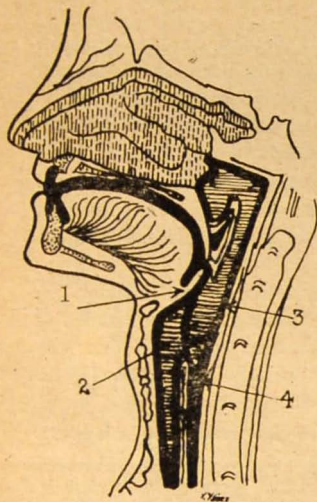


Fig. 19

- 1.—Epiglotis.
- 2.—Laringe.

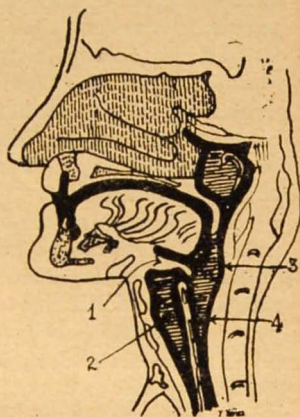


Fig. 20

- 3.—Faringe.
- 4.—Esófago.

## La digestión en el estómago

Los bolos alimenticios entran al estómago por la abertura denominada cardias. El estómago es un órgano contráctil, pues posee una túnica muscular que lleva fibras que ejecutan movimientos de retracción y extensión.

El estómago se va dilatando a medida que llegan los alimentos, los cuales se superponen por capas ocupando los últimos que llegan del centro de la cavidad.

Aquí se encuentran los alimentos con el segundo jugo digestivo: el JUGO GÁSTRICO, compuesto de 90 por ciento de agua, 2 por ciento de sales minerales, 2 por ciento de ácidos y 6 por ciento de sustancias orgánicas.

Entre las últimas tenemos los fermentos que actúan sobre las diversas clases de principios nutritivos.

Estos fermentos son:

1.º La PEPSINA, fermento proteolítico que actúa sobre las albúminas, transformándolas en «albumosas» y «peptonas».

2.º El FERMENTO LAB o CUAJO o QUIMOSINA, también proteolítico, que tiene la propiedad de coagular la leche, formándose a expensas de la caseína, un coágulo filamentososo de paracaseína. Todavía no se conoce bien este proceso químico, por el cual se convierte la caseína soluble en un coágulo insoluble. Se sabe, eso sí, con seguridad, que el calcio contenido en la leche interviene en dicha transformación.

La coagulación de la leche tiene una importante significación, pues como los líquidos pasan rápidamente por el estómago, la leche y en especial la caseína, llegarían al intestino sin digerir. Pero esto no sucede porque la leche se transforma en una masa sólida, el coágulo, que, como cualquiera otra materia albuminosa es atacada por la pepsina para transformarse en peptona.

3.º El ACIDO CLORHÍDRICO, que además de sus propiedades microbicidas, desempeña la importante misión de activador de la pepsina, la cual sólo es producida por las células estomacales como «pepsinógeno» o «pro-pepsina». Además, el ácido clorhídrico impide las fermentaciones del estómago, ataca las sales y resblandece los alimentos.

La cantidad de jugo gástrico secretado en las 24 horas es de, más o menos, cuatro a cinco litros.

El tiempo que dura la digestión estomacal depende de la calidad de los alimentos y del estado de conser-

vacación de este órgano. Los huevos claros (pasados por agua) son digeridos más o menos en media hora. Pero la carne de cerdo necesita de tres a cinco horas, solamente de digestión estomacal.

Una vez que termina la acción del jugo gástrico, los bolos alimenticios se transforman en «quimo estomacal», el cual pasa al duodeno por el píloro, gracias a las contracciones peristálticas de las paredes del estómago, especialmente de la cavidad pilórica.

### **Circunstancias que rigen la secreción del jugo gástrico**

Después de las experiencias de Pawlow se ha llegado a la conclusión que la secreción gástrica se produce de modo reflejo por excitación de los órganos gustativos. Pero la excitación puede partir también de otros sentidos, tales como el olfato, la vista, que forman los reflejos «condicionados» con idénticos efectos.

La vista del cuidador basta para excitar la producción de jugo gástrico en un perro o en una fiera enjaulada. Un niño enfermo a quien se acostumbró a dar el alimento al toque de una corneta o de una campana, bastaba el sonido de estos aparatos para excitar la producción de jugo gástrico, aunque no fuera acompañado de comida. Sugerir a una persona hipnotizada la idea que está comiendo, basta para una abundante secreción de este jugo.

De modo que las asociaciones de diversas sensaciones ejercen una influencia poderosa en la digestión, siempre que ellas sean agradables, pues se ha visto que los enojos, los disgustos, suspenden la digestión. En un perro, la vista de un gato es suficiente para cortar la producción de jugo gástrico.

### **Movimientos del estómago**

Los movimientos del estómago contribuyen a dar mayor eficacia a la acción del jugo gástrico, pues permiten que éste pueda mezclarse más íntimamente con los alimentos.

Estos movimientos dependen de las contracciones de las fibras musculares que forman la capa respectiva de la pared estomacal, y ellos son peristálticos, o sea, ondas rítmicas de contracción que se inician en el cardias, recorren el estómago y llegan hasta el píloro, sucediéndose con gran regularidad, ya que las ondas están separadas por intervalos de 10 a 20 segundos. Cada onda tarda, más o menos, medio minuto en recorrer el estómago.

El esfínter pilórico no se abre cada vez que llega al píloro una onda peristáltica, sino con intervalos más largos, con lo cual se logra que el contenido estomacal permanezca más tiempo en él y la digestión gástrica sea más completa.

Las grasas tienen una acción paralizante de los movimientos peristálticos y en cambio la comida abundante y cargada de especias, los excitan.

«La apertura del píloro es regulada por vía refleja, principalmente por el duodeno», teniendo excitantes mecánicos y químicos. Cuando el duodeno está repleto de alimentos y sus paredes tensas, el píloro se cierra hasta que haya pasado el alimento al yeyuno. Lo mismo sucede cuando persiste la acidez del quimo en el duodeno o hay muchas grasas. La evacuación del estómago queda suspendida hasta que la acidez del contenido intestinal sea neutralizada y las grasas estén bastante transformadas por la bilis y el jugo pancreático.

El estómago, aunque esté completamente vacío, ejecuta débiles movimientos peristálticos llamados movimientos «de hambre», porque su aparición es simultánea con la sensación de hambre.

En el vómito no hay movimientos antiperistálticos como se creía, sino que la evacuación de este órgano se verifica por acción de la «prensa abdominal», o sea, la contracción simultánea de los músculos abdominales y del diafragma.

El vómito es producido por vía refleja, mediante el «centro del vómito», que radica también en el bulbo raquídeo. Es éxcitado por la mucosa faríngea o gástrica, por la acción de algunos alimentos o de vómitos. O bien por acción directa sobre el bulbo, en algunas enfermedades infecto contagiosas, o por un tumor cerebral, una afección renal, por inyección de apomorfina, etc.

### **Inervación motriz del estómago**

La inervación del estómago se efectúa por medio del vago y del simpático, los cuales ejecutan una acción antagónica.

El vago actúa exaltando los movimientos peristálticos, en tanto que el simpático ejerce una acción frenadora de los mismos, todo lo contrario de lo que pasa en el corazón.

Sin embargo los movimientos peristálticos pueden realizarse con completa independencia de la acción nerviosa, pues no desaparecen aunque se seccionen todos los nervios.

Esto es lo que se llama un caso de «automatismo», pero bajo la acción modificadora del sistema nervioso.

### **Estratificación del contenido estomacal**

«Cuando los alimentos masticados penetran en el estómago por medio de porciones sucesivas, éstas no se mezclan íntimamente a favor de los enérgicos movimientos peristálticos, como antiguamente se creía, para empaparse uniformemente de jugo gástrico, sino que, en parte, quedan superpuestas unas a otras, y, en parte, se hunden las deglutidas últimamente en la masa de las anteriormente tragadas a las que desplazan lateralmente» —dice Höber en su obra «Tratado de Fisiología Humana».

De modo que las primeras porciones ingeridas quedan en la parte más profunda, en contacto con la pared estomacal, se impregnan de jugo gástrico y se

transforman en una papilla líquida que camina hacia el píloro.

Los alimentos que llegan posteriormente quedan situados en la parte central del estómago y en las inmediaciones del cardias, no poniéndose en inmediato contacto con el jugo gástrico.

Un procedimiento, dice ese mismo autor, para demostrar la «estratificación del contenido estomacal» consiste en mantener en ayunas una rata blanca durante dos días, darle después de comer, sucesivamente, una pequeña porción de pan blanco mezclado con carbón animal, otra mezclada con leche, y una tercera con carmín, y, finalmente matar la rata; sumergiendo luego el estómago del animal en una mezcla frigorífica hasta que se congele y cortándolo después verticalmente encontraremos las tres porciones alimenticias, roja, blanca y negra, colocadas en tres capas sucesivas y perfectamente distintas.

Los alimentos salen del estómago con una rapidez que depende de su consistencia. Una papilla muy diluída pasa rápidamente; una papilla de hidratos de carbono va más de prisa que una de albúminas, y ésta, más rápido que una papilla de grasas.

Los líquidos corren directamente desde el cardias al píloro a lo largo de la curvatura menor del estómago.

La digestión estomacal de una comida regular, hasta su total salida del estómago, dura de dos a tres horas, más o menos, en el hombre; y seis u ocho como máximo.

### **Digestión en el intestino delgado**

Tan pronto como llega el quimo al intestino delgado, sufre la acción de tres jugos digestivos diferentes: el JUGO PANCREATICO, producido por el páncreas; el JUGO ENTERICO o INTESTINAL, producido por las glándulas intestinales; y LA BILIS, secretada por el hígado.

## 1.º Jugo Pancreático

Es el producto intermitente de secreción del páncreas exocrino. La cantidad de jugo pancreático varía entre 600 y 900 gramos en las 24 horas. En los animales herbívoros se produce mucho más.

El jugo pancreático es uno de los jugos digestivos más completos del organismo, pues lleva en su composición las tres clases de fermentos: proteolíticos, amilolíticos y lipolíticos.

Como fermento amilolítico tenemos la AMILOPSINA o «ptialina pancreática», que actúa sobre los glúcidos transformándolos en maltosa y glucosa soluble. Es decir, una acción casi análoga a la ptialina de la saliva.

Como fermento proteolítico tenemos la TRIPSINA, mucho más activa y enérgica que la pepsina estomacal. Se produce al estado inactivo, como protripsina o tripsinógeno, encargándose de activarla una «enteroquinasa» producida en el intestino delgado.

La tripsina obra sobre las albúminas transformándolas en «peptonas», y a las peptonas producidas en el estómago las transforma en «amino-ácidos».

Existen muchos amino-ácidos, entre los cuales podemos nombrar la «fenil-alanina» y la «tirosina» que por acción de algunos microorganismos producen «índol». También tenemos la «arjinina» que por acción de un fermento intestinal produce la urea.

Otro fermento proteolítico del jugo pancreático es la QUIMOSINA PANCREATICA, que tiene una acción parecida a la del fermento Lab del jugo gástrico.

Como fermento lipolítico tenemos la ESTEAPSINA o LIPASA PANCREATICA, que obra sobre las grasas, previamente emulsionadas por la bilis, a las cuales desdobra en «glicerina» y el «ácido graso superior» respectivo.

La esteapsina se produce también al estado inactivo, como «esteapsinógeno», siendo sus activadores los ácidos

biliares, como el ácido «glicocólico» y el «ácido taurocólico».

Tal, es, en resumen, la acción del jugo pancreático.

## 2.º Bilis

Es un líquido de color amarillo verdoso compuesto del 86 por ciento de agua, y 14 por ciento entre substancias minerales y orgánicas.

Entre las substancias orgánicas principales tenemos la «colesterina», los «ácidos biliares» y la «bilirrubina».

En las 24 horas el organismo produce más o menos 1.200 gramos de bilis.

La bilis secretada por las células hepáticas se acumula en la vesícula o pasa al duodeno a través del colédoco.

No tiene fermentos para ninguno de los tres grupos de principios nutritivos ya mencionados, pero<sup>o</sup> lleva un activador de la esteapsina pancreática: los ácidos biliares.

Pero a pesar de esta carencia de fermentos la bilis tiene múltiples funciones de gran importancia para la digestión.

Entre estas funciones tenemos las siguientes:

1.º Neutraliza la reacción ácida del quimo estomacal, preparando la masa alimenticia para recibir la acción de los fermentos del jugo pancreático.

2.º Emulsiona las grasas, es decir, las divide en partículas finísimas, microscópicas, para dejarlas en situación ventajosa al recibir la acción de la esteapsina.

3.º Preserva de la putrefacción las heces fecales, pues la bilis se mezcla íntimamente con los alimentos y ejerce una acción antiséptica.

4.º Colorea las materias fecales dándoles tinción característica.

**Componentes de la bilis.**—La cantidad de bilis recogida en el hombre, en los casos de fístulas, ha sido de 500 a 1.100 gramos en 24 horas.

Con respecto a la composición de ella, es muy variable, puesto que se ha encontrado, por litro, de 20

gramos a 170 de materiales sólidos, comprendiendo los ácidos biliares, los pigmentos biliares, la mucina, la colessterina y otros lipoides, jabones, grasas neutras, trazas de urea y de cuerpos eterosulfúricos y materiales minerales.

Vamos a decir dos palabras de los ácidos biliares, las sales, los pigmentos biliares y la colessterina.

**Sales biliares.**—Son las sales alcalinas de dos ácidos: uno, nitrogenado exento de azufre, el ácido «glicocólico»; y otro nitrogenado y sulfurado, el ácido «taurocólico». Son antisépticos indirectos.

En la bilis humana, el glicocolato predomina en cantidad sobre el taurocolato.

El ácido glicocólico está formado por ácido colálico y glicocola; y el ácido taurocólico está formado de ácido colálico también y taurina.

**Pigmentos biliares.**—La bilis fresca parece no tener más que dos pigmentos: la «bilirrubina», de color amarillo de oro; y la «biliverdina» de color verde. La mezcla de estas dos substancias colorantes es la que da las variadas coloraciones de la bilis.

La bilirrubina, insoluble en agua, existe al estado de bilirrubinato alcalino. En estado de bilirrubinato de calcio, con un poco de colessterina, forma la mayor parte de los cálculos de color rojo pardo.

La biliverdina, se encuentra al estado de biliverdinato alcalino. Es también insoluble en agua.

**Colessterina.**—Tiene la estructura fundamental de los ácidos biliares. Es una excreción que se elimina principalmente por el hígado. También se elimina en pequeñas cantidades por las glándulas sebáceas.

**Formación de los cálculos biliares.**—Las principales materias que entran en la composición de los cálculos biliares, en el hombre, son la colessterina, la bilirrubina y la cal, y estas tres substancias proporcionan cálculos de «colessterina» pura, otros de colessterina y cal, otros de bilirrubinato de cal y por fin otros mixtos formados por colessterina, bilirrubina y cal.

La colessterina se coloca en primer lugar como agente formador de cálculos (propiedad litógena).

Concerniente a las causas, la teoría generalmente aceptada es la de Naunyn, que los atribuye a dos factores: el «éxtasis» o detención del flujo biliar, y la «infección» que, bastante rápidamente, es consecuencia del éxtasis y que, modificando las condiciones del medio biliar, originaría las causas inmediatas de las precipitaciones calcáreas. También se le atribuye a un «vicio nutritivo», pues la existencia de cálculos en una bilis estéril, demuestra que no es indispensable el factor infeccioso.

Estas causas modifican las condiciones de solubilidad de ciertos compuestos biliares, precipitando la colessterina y los otros componentes de la bilis.

### 3.º Jugo entérico

Es un producto de secreción de las glándulas de Brünner y de Lieberkühn, de la mucosa intestinal.

Entre los fermentos que contiene encontramos los siguientes:

**Amilolíticos.**—La INVERTINA o INVERTASA, que obra sobre la sacarosa transformándola en glucosa y levulosa. También se llama «Sucrasa».

La LACTASA, que actúa sobre la lactosa, y la transforma en glucosa.

La MALTASA, que actúa sobre la maltosa y también la transforma en glucosa.

El único hidrato de carbono que carece de fermento es la celulosa, la cual es desdoblada por algunos microorganismos que viven en el intestino.

**Lipolíticos.**—Lipasa en pequeña cantidad.

**Proteolíticos.**—El principal es la EREPSINA, que no obra sobre las albúminas sino sobre sus productos de desdoblamiento, albumosas y peptonas, transformándolas en amino-ácidos.

Otro fermento proteolítico es la ARGINASA, que obra sobre la «arginina», que es un amino-ácido (el ácido amino guanidín valeriánico), transformándola en «urea».

También tenemos en el jugo entérico la ENTEROQUINASA, que es la substancia activadora de la pro-tripsina, transformándola en tripsina activa.

La acción combinada de todos estos jugos digestivos del intestino delgado transforman poco a poco el quimo estomacal en el «quilo» intestinal, que es más fluido, de color amarillento y de reacción alcalina.

### **Digestión en el intestino grueso**

En el intestino grueso se vacía el quilo, el cual va perdiendo poco a poco el agua, cuya absorción principia en el colon ascendente, y el deshecho de los alimentos va tomando paulatinamente los caracteres de excremento.

En el intestino grueso se producen también dos clases de procesos importantes debidos a la acción de la flora microbiana que él contiene: 1.º Procesos de «putrefacción», característicos para las albúminas; 2.º Procesos de «fermentación», característicos para los hidratos de carbono y grasas.

### **La digestión en conjunto en el hombre**

Como hemos visto hasta aquí son cuatro los grupos principales de alimentos que son sometidos a procesos especiales de transformación en el tubo digestivo. Estos son: los hidratos de carbono, las albúminas o proteínas, las grasas y las sales.

Los hidratos de carbono son ingeridos bajo la forma de almidón, de dextrinas o de simples azúcares tales como la glucosa, fructosa y lactosa, ya sea en el pan, papas, vegetales, frutas, leche, etc.

En la boca los alimentos son fragmentados por la masticación, y el almidón y la dextrina son atacados por la ptialina que los reduce a maltosa. En esta forma deglutida pasa al estómago, donde la acción de aquella

enzima continúa hasta que el ácido clorhídrico lo impide. Se cree que mientras los hidratos de carbono permanecen en el estómago no sufren alteración alguna.

Después de dos o tres horas, estos alimentos pasan al duodeno, ya sea en forma de almidón, dextrina o maltosa, y aquí sufren la acción del jugo pancreático, el cual los convierte en glucosa. Esta acción continúa en el yeyuno e íleon, reforzada con la presencia de los fermentos amilolíticos del jugo entérico. Una vez formada la glucosa, ésta pasa fácilmente a través de las células de la mucosa intestinal y entra en el torrente circulatorio.

Las albúminas no experimentan cambios en la boca, excepto la división mecánica del alimento y su mezcla con la mucina salival. En el estómago, la pepsina las transforma sucesivamente en albumosas y peptonas. En el duodeno las albúminas, ya parcialmente digeridas, encuentran la tripsina, la cual continúa el ataque dando lugar primero a «polipéptidos» y finalmente a «amino-ácidos». Ayudan en esta operación los fermentos proteolíticos del jugo intestinal, como la erepsina. Los amino-ácidos son fácilmente absorbidos por las células de las vellosidades y pasan al torrente sanguíneo. Entre los principales amino-ácidos formados tenemos la «glicina», la «alanina», «leucina», «valina», «prolina», «ácido espártico», «ácido glutamínico», «arginina» e «histidina».

Las grasas se hallan contenidas principalmente en la manteca, la leche, carne y ciertos vegetales. Tampoco sufren cambio químico alguno en la boca; sólo son disgregadas y fluidificadas, pues ninguna grasa puede ser atacada si no se ha fluidificado a una temperatura de 37 grados. En el estómago aún permanecen sin ser atacadas, pero tan pronto como entran en el duodeno son atacadas por la «lipasa pancreática», bajo cuya acción se desdoblán en glicerina y ácidos grasos. Esta acción es facilitada porque las grasas se emulsionan previamente por influencia de las sales biliares y con este proceso de fina división la enzima encuentra una superficie muchísimo mayor sobre la cual actúa.

La glicerina y los ácidos grasos son absorbidos por la mucosa intestinal. Luego, en el interior de las células, tiene lugar una reconstitución de las moléculas de grasa.

Se discute acerca del paso de los ácidos grasos a las células de la mucosa intestinal, porque ellos no son solubles ni difusibles; pero esto puede verificarse porque se convierte en jabones al combinarse con los álcalis del jugo intestinal. Estos jabones difunden más fácilmente. Pero también se ha visto que esta absorción no tiene lugar en ausencia de sales biliares, por lo que se cree que los ácidos grasos ingresan al protoplasma de las células intestinales combinándose con las sales biliares mismas, pero deshaciéndose esta combinación después de haber atravesado la membrana. Lo seguro es que las sales biliares son absorbidas al mismo tiempo que los ácidos grasos.

### Movimientos intestinales

Los movimientos intestinales ayudan a mezclar los alimentos con los jugos digestivos y les permiten recorrer un largo camino (cuatro a cinco metros) hasta llegar al intestino grueso.

Por medio de procedimientos especiales se han logrado constatar dos formas de movimiento: los movimientos «pendulares» y los «peristálticos».

Los primeros son llamados así porque cada porción intestinal ejecuta oscilaciones de acortamiento y alargamiento en sentido longitudinal, merced a las contracciones y relajaciones de las fibras musculares longitudinales de las paredes intestinales. En el duodeno se efectúan de 17 a 21 movimientos pendulares por «minuto». y en el intestino grueso de 5 a 12 solamente. La sucesión de movimientos pendulares produce la «segmentación rítmica» del contenido intestinal.

Los movimientos peristálticos consisten en que, cuando en un momento determinado es dilatado el intestino en un cierto lugar, aparece una fuerte estrangulación por encima del sitio que sufre la excitación, la cual

progresar lentamente hacia el intestino grueso a modo de una onda, mientras que, simultánea e inmediatamente por debajo de la parte excitada, surge un ensanchamiento del tubo intestinal, originado por la relajación de la musculatura anular y contracción de la longitudinal.

Estos movimientos se parecen a los que ejecuta un gusano al reptar.

La función principal del movimiento pendular es formar una masa homogénea con el material alimenticio. Y los movimientos peristálticos hacen progresar el contenido intestinal hacia el ano.

Cuando el contenido intestinal está formado por una papilla muy flúida, la acción peristáltica se hace sentir débilmente, pero se intensifica cuando en el quimo hay materiales duros.

Las nueces, el pan moreno, el polvo de carbón, etc., aceleran los movimientos peristálticos. La alimentación demasiado fácil de digerir, por su fluidez, produce el «estreñimiento».

No existen movimientos «antiperistálticos» como antiguamente se creía.

### Acción del sistema nervioso

Todo el mecanismo motor intestinal actúa independientemente del sistema nervioso. El intestino, como el estómago, es un órgano «autónomo», lo cual se prueba porque un trozo de intestino de conejo continúa ejecutando movimientos peristálticos a pesar de estar separado del resto del tubo digestivo. Tan curioso es el experimento que si por el extremo superior del pedacito de intestino colocamos una sección de excrementos recién expulsados, vuelve a salir por el otro extremo gracias a los movimientos intestinales. Jamás sale en sentido opuesto.

Lo mismo que en el estómago, también la actividad del intestino puede ser modificada por el sistema nervioso central. El vago excitador y el esplénico, rama prin-

cial del simpático, es frenador. Esto explica la existencia de influjos procedentes de sitios lejanos, tales como del cerebro.

### Expulsión de los excrementos

Los excrementos avanzan por el intestino grueso hasta llegar al recto, donde se acumulan hasta que existe una cantidad suficiente que necesita su expulsión. En este acto no solamente toman parte el esfínter anal y las paredes del recto, sino también todos los músculos de la pared abdominal y el diafragma, produciendo lo que se llama la «prensa abdominal».

Cuando los excrementos pasan mucho tiempo en el recto (estreñimiento), se producen putrefacciones muy peligrosas para la salud, pues constituyen el mejor caldo alimenticio para que prosperen muchos microbios patógenos funestos para el organismo.

Por eso debemos acostumbrar nuestro organismo a expulsar diariamente las heces fecales. Y esto es fácil conseguirlo mediante la alimentación vegetariana, pues, como ya hemos dicho, la celulosa excita los movimientos pendulares y peristálticos del intestino, y por lo tanto facilita la expulsión de los deshechos.

Otro medio de excitar la expulsión de los excrementos es mediante el ayuno parcial, o acostumbrándose a comer en ayunas buenas cantidades de frutas.

Y a este respecto debemos aconsejar, con incansable majadería, la necesidad de ingerir frutas diariamente después de las comidas, y si no es tiempo de frutas frescas, el uso de las frutas secas cocidas.

El uso de los purgantes es peligroso, cuando se abusa constantemente de ellos, pues relajan la función de la defecación y se acostumbra el organismo en tal forma a su uso que después no es capaz de funcionar naturalmente.

La cantidad de heces que arroja al exterior un hombre normal al día, es más o menos de 200 a 400 gramos.

La defecación es un reflejo. Cuando sentimos la necesidad de defecar debido a que la porción terminal del recto está repleta de materias, se contraen la musculatura circular y longitudinal del recto, relajándose al mismo tiempo los esfínteres anales, internos y externos, y a esto se suma la acción de la prensa abdominal. Hay en esta acción una complicada coordinación muscular.

El centro llamado «anoespinal» se le supone situado en la médula lumbosacra, pues si un hombre sufre lesiones de las últimas vértebras lumbares, sobreviene incontinencia de las materias fecales, es decir, que la defecación no consiste ya en la periódica expulsión de excrementos, sino en la salida frecuente e irregular de pequeñas porciones por el ano entreabierto.

La defecación está sometida también al gobierno del cerebro, pues él permite mantener cerrados los esfínteres anales o relajarlos voluntariamente, para elegir el momento de la evacuación.

Las grandes emociones pueden provocar la evacuación del intestino de un modo reflejo, a menudo contra la voluntad del individuo, como se nos asegura sucede en el caso de la «diarrea» de los combatientes.

### El tubo digestivo de los Vertebrados

Todos los órganos están sometidos a la ley de la adaptación y del uso y desuso. El tubo digestivo varía según la calidad de los alimentos ingeridos.

#### A.—EN LOS MAMIFEROS.

**Los Carnívoros.**—Tienen un tubo digestivo parecido al del hombre, pero el intestino delgado es más corto y el grueso muy poco desarrollado.

**Los Herbívoros.**—Su intestino delgado es larguísimo (hasta 15 veces el cuerpo) y el intestino grueso muy voluminoso.

**Los Rumiantes.**—El estómago consta de cuatro partes.

En los Carnívoros es corto porque la **carne** disminuye los movimientos peristálticos del intestino y produce fermentaciones pútridas. Por eso es menester que salga luego el residuo.

En los Herbívoros, al contrario, es largo porque la **celulosa**, excita los movimientos intestinales y, como salen muy luego los alimentos, aumenta la longitud para aprovechar todo el quilo útil.

#### B.—EN LAS AVES.

Faltan los dientes, papilas gustativas de la lengua y las glándulas salivales. No mastican.

En el esófago hay un **buche** donde los granos sufren un comienzo de digestión al ser reblandecidos, al mismo tiempo que se hinchan.

Sigue el estómago verdadero en las aves carnívoras.

Después viene la «**molleja**» o «**estómago fuerte**», en las aves granívoras; especie de bolsa de paredes gruesas, con músculos fuertes.

Sigue el intestino delgado, cloaca y ano. A la cloaca va a desembocar también el oviducto y el uréter.

#### C.—EN LOS REPTILES.

En la boca tienen mandíbulas con dientes soldados que sujetan la presa, pero mastican. En las serpientes venenosas hay dientes venenosos acanalados al centro.

Poseen glándulas salivales. Con lengua que sirve de órgano del tacto, del gusto y, en el Camaleón, como órgano prehensor.

El esófago es largo. El estómago parecido al de las aves.

El intestino delgado describe pocas vueltas y es corto, menos en las tortugas que son herbívoras.

El intestino terminal es ancho y termina en la cloaca.

Poseen hígado y páncreas, como los Mamíferos y Aves.

#### D.—EN LOS ANFIBIOS.

Poseen cavidad bucal ampliamente hundida, cuyos huesos maxilares están generalmente armados de dien-

tes puntiagudos dirigidos hacia atrás y cuyo uso no es mascar sino retener la presa.

No mastican. La lengua es fija y a veces falta.

Sigue un esófago corto que conduce a un estómago, describe varias vueltas y se continúa en el intestino terminal, dilatado en forma de vejiga.

Sin glándulas salivales, pero con hígado y páncreas.

#### E.—EN LOS PECES.

A la boca sigue la cavidad faríngea, muy amplia, lo mismo que las mandíbulas armadas de dientes. También pueden tener dientes los arcos branquiales.

En el fondo de la cavidad faríngea hay una lengua pequeña apenas movable. Sigue el esófago corto, un estómago espacioso que se prolonga en un saco ciego voluminoso.

A continuación viene el intestino con apéndices ciegos, sin vellosidades, pero con válvulas en espiral en forma de repliegues.

El ano, situado atrás en la cara ventral, está delante del desagüe de los órganos urinarios y sexuales.

No tienen glándulas salivales, pero tienen un hígado voluminoso con vesícula biliar y páncreas pequeño.

Como prolongación del intestino se desarrolla en algunos peces la vejiga natatoria, órgano que, morfológicamente, corresponde a los pulmones de los otros animales.

## CUADRO SINOPTICO DE LA DIGESTION

Lugar Anatómico	Jugos Digestivos	Fermentos	Acción	Otras Substancias	Acción
«Bocado»					
Boca	Saliva	Ptialina (amilolítico)	Transforma el almidón y féculas en glucosa soluble.		
Bolo alimenticio					
		Pepsina (proteolítico)	Transforma las albúminas en albumosas y peptonas.	Acido clorhídrico	Microbicida Activa la pepsina. Impide putrefacciones.
Estómago	Jugo Gástrico	Fermento Lab. (proteolítico)	Desdobra la caseína de la leche. Forma el coágulo de paracaseína.		Reblandece los alimentos.
«Quimo»					

Duodeno	{	Bilis	{	Neutraliza la reacción ácida del quimo. Emulsiona la grasa. Preserva las heces de putrefacción. Colorea los excrementos.	{	Bilirrubina Colesterina Acidos biliar- res	Activa la pro esteapsina	
		Jugo Pancre- ático		Amilopsina (amilolítico)		Transforma los hidra- tos de carbono en glucosa soluble.		
				Tripsina (proteolítico)		Transforma las albúmi- nas en peptonas y éstas en amino-áci- dos.		
Yeyuno-Ileon	{	Jugo Enté- rico.	{	Esteapsina (lipolítico)	{	Enteroqui- nasa	Activa la pro tripsina	
				Erepsina (proteolítico)				Transforma las pepto- nas en amino-ácidos.
				Invertina (amilolítico)				Transforma la sacarosa en glucosa.
«Quilo»	{		{	Maltasa (amilolítico)	{			
				Lactasa (amilolítico)				Transforma la lactosa en glucosa.
				Arginasa (proteolítico)				Transforma la arginina en urea.

## CAPITULO II

### A B S O R C I O N

Trata la absorción, del destino y utilización de los productos elaborados por la digestión. Desde luego debemos adelantar que ellos pasan por «osmosis» (fenómeno por el cual algunas substancias atraviesan las membranas permeables) al torrente circulatorio, el cual las hace llegar posteriormente a todas las células del organismo. (Fig. 21).

Para calcular lo que el organismo aprovecha es necesario conocer la composición y cantidad de los alimentos. Después se determina la cantidad y composición de los excrementos; y comparando los dos resultados se obtiene, por diferencia, lo que el organismo ha aprovechado.

**Hambre y sed.**—La necesidad que siente un ser de introducir alimentos sólidos a su organismo, se manifiesta mediante la sensación de «hambre»; esta sensación se manifiesta especialmente en el estómago y en el esófago. Y la necesidad de introducir alimentos líquidos se manifiesta mediante la sensación de «sed», la cual la referimos principalmente a la boca y la garganta.

**Sitio de la absorción.**—Se admite generalmente que los principios nutritivos elaborados por el tubo digestivo son «absorbidos allí mismo donde son digeridos»; esto es, en la mucosa bucal, faríngea, esofágica, estomacal e intestinal.

Por eso a veces basta remojar levemente la mucosa de los labios, con un poco de agua, para calmar la sed. Y si a un perro se le pone en contacto con la mucosa de la faringe una pequeña cantidad de cianuro de potasio, el animal muere rápidamente por la absorción que se efectúa en dicho sitio.

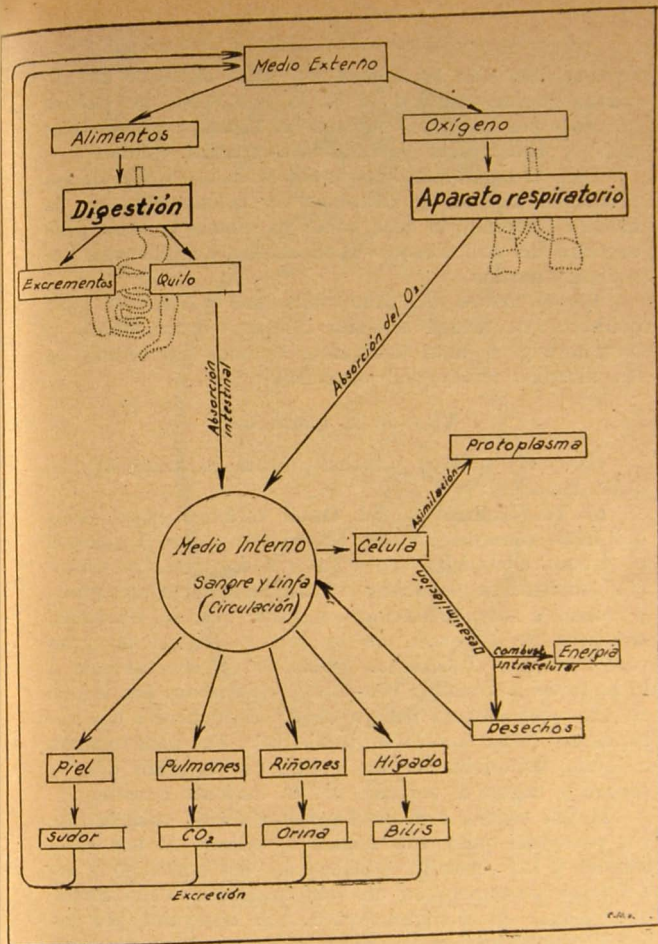


Fig. 21

Este esquema nos indica el aprovechamiento de los alimentos y el Oxígeno del aire, su paso por los Aparatos respectivos, la Absorción, su camino hacia el Medio Interno (sangre y linfa), su aprovechamiento por las células de los tejidos y la eliminación de los desechos por la Piel, Pulmones, Riñones, Hígado y su vuelta al Medio Externo.

(Esquema original del Prof. L. Capurro S.)

Pero no sólo la mucosa del tubo digestivo es absorbente, sino también lo es la piel, pues se pueden absorber por sus poros sustancias líquidas (usando presión) y sustancias gaseosas (respiración cutánea).

Pero el lugar más importante de la absorción de los productos solubles y difusibles de la digestión, es la mucosa intestinal, la cual, como ya sabemos, posee gran cantidad de «vellosidades» destinadas a cumplir esta importante función.

En el centro de cada vellosidad existe un vaso quilífero que recoge el quilo intestinal para pasarlo a la sangre y de aquí finalmente a todas las células de los diversos tejidos del organismo.

### Vías de la absorción

Hay dos caminos principales para la absorción del quilo intestinal:

a) **Vía linfática o del Canal torácico.**—Los vasos quilíferos centrales de las vellosidades, que pertenecen al sistema «linfático», van a parar a unos troncos comunes provistos de pequeños ensanchamientos o «ganglios» y llegan a una dilatación alargada que se denomina «Cisterna de Pecquet», de la que se origina un gran vaso linfático, el CANAL TORAXICO, el cual sale a lo largo de la columna vertebral y desemboca por último en una vena situada debajo de la clavícula del hombro izquierdo (vena subclavia izquierda). De esta manera el quilo, especialmente las grasas, se mezclan con la sangre y llegan al corazón por la aurícula derecha.

b) **Vía venosa o de la Vena Porta.**—Es para la mayor parte del quilo. Los capilares venosos de las vellosidades y las venas intestinales, las del estómago y las del bazo, se reúnen en un solo tronco, la Vena Porta, que penetra en el hígado, para salir enseguida por las venas suprahepáticas y desembocar en la vena cava inferior. Así llegan a la sangre y al corazón, por la aurícula derecha, las sales del quilo, los lípidos y los amino-ácidos. (Fig. 22).

# Esquema de la circulación sanguínea y linfática.

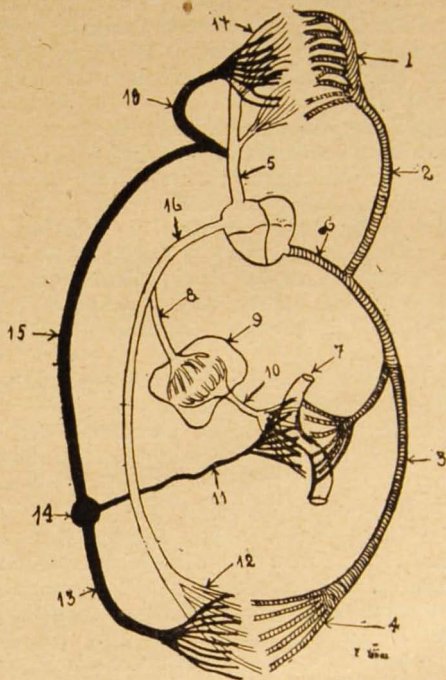


Fig. 22

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.—Capilares arteriales superiores. | 10.—Vena porta.                      |
| 2.—Arterias superiores.             | 11.—Vasos quilíferos.                |
| 3.—Arterias inferiores.             | 12.—Capilares venosos inferiores.    |
| 4.—Capilares arteriales inferiores. | 13.—Vasos linfáticos inferiores.     |
| 5.—Vena cava superior.              | 14.—Cisterna de Pecquet.             |
| 6.—Arteria aorta.                   | 15.—Gran conducto torácico.          |
| 7.—Sección del intestino delgado.   | 16.—Vena cava inferior o ascendente. |
| 8.—Venas supra hepáticas.           | 17.—Capilares venosos superiores.    |
| 9.—Hígado.                          | 18.—Gran vena linfática.             |

**Substancias que se absorben.**—Las albúminas para ser absorbidas tienen que ser transformadas por la digestión hasta hacerse solubles y difusibles. Estos productos de las albúminas que pasan a la sangre son los amino-ácidos.

Los glúcidos para ser absorbidos deben ser transformados en monosacaridos solubles, tales como la glucosa y fructosa. La cantidad normal de glucosa en la sangre debe ser de 1 a  $1\frac{1}{2}$  por mil.

Hemos visto que las grasas se desdoblan en el intestino delgado en glicerina y ácidos grasos respectivos. Estos forman con los álcalis jabones que son absorbidos. Los ácidos grasos que no alcanzan a ser saponificados son disueltos por las sales de los ácidos biliares.

La glicerina es absorbida al estado de tal por las células de las paredes intestinales.

Pero posteriormente, en el interior de las células de la mucosa intestinal, se reconstituyen las grasas por la acción de los jabones y la glicerina, y de esta reconstitución provienen las gotitas de grasa que se encuentran en las células durante la absorción.

De las células de la mucosa intestinal, las gotitas de grasa pasan primero al espacio linfático central de la vellosidad y por último por los vasos linfáticos van a la sangre.

La cantidad máxima de grasa absorbida en 24 horas puede ser de 300 gramos.

### Linfa y ganglios linfáticos

La linfa es el líquido encargado de llevar hasta las células mismas los distintos productos elaborados durante la digestión, y al mismo tiempo se encarga de alejar de las células los productos tóxicos de eliminación (catabólicos).

La linfa consta de un líquido llamado «plasma linfático», parecido al de la sangre, pero de aspecto lechoso,

especialmente en los vasos quilíferos correspondientes a las vellosidades intestinales.

La linfa se está produciendo continuamente y no se acumula en los tejidos porque tiene un sistema especial de drenaje: el sistema de vasos linfáticos que se inicia con los capilares linfáticos a nivel de los tejidos; van en seguida formando vasos de mayor importancia y se reúnen por último en dos grandes troncos; el CONDUCTO TORAXICO y la GRAN VENA LINFÁTICA, que van a desembocar al sistema venoso del organismo.

Se ha calculado que se vacían en la sangre venosa, por medio del conducto torácico y la vena linfática. 100 gramos de linfa por hora, en el hombre. En el buey, 90 litros por día.

Los vasos linfáticos presentan ensanchamientos y estrecheces en las cuales hay válvulas que impiden el retroceso de la linfa.

### Vasos linfáticos

En los innumerables espacios, infinitamente pequeños que existen entre capilares y células de nuestro organismo, nacen ciertos conductos finísimos (los canales linfáticos), los cuales, entrelazándose entre sí y fusionándose en canales cada vez menos numerosos y cada vez más grandes, acaban por formar corrientes que de todas partes del cuerpo se dirigen hacia el Conducto Torácico y la Gran Vena Linfática derecha.

La linfa es extraordinariamente abundante, más o menos 4 a 6 veces más que la sangre del organismo. Es incolora, rica en glóbulos blancos y en plasma.

Los capilares linfáticos forman una red aún más espesa que la de los capilares sanguíneos. Pero son más anchos que éstos, en tanto que los vasos linfáticos de mayor calibre, no alcanzan a tener el grosor de las venas y de las arterias a cuyo lado se hallan. Además son poco visibles, porque, conteniendo linfa incolora, resultan también casi transparentes.

## Ganglios linfáticos

La circulación linfática, además del gran número de vasos linfáticos que se entrelazan desembocando uno en otro para formar una red finísima, se complica por el hecho de que con frecuencia numerosos linfáticos de una región determinada van a verterse en una especie de pequeño depósito, donde se aglomeran y se apelotonan. Cuando la linfa sale de ellos, es bastante más rica en glóbulos blancos. Estos depósitos se llaman «ganglios linfáticos» y a veces se reúnen entre sí en ciertas zonas del cuerpo (cuello, tórax, ingles, etc.) para formar los «plexos linfáticos».

Cada ganglio es un productor activo de glóbulos blancos para la defensa del organismo contra las invasiones microbianas.

### Significación fisiológica y composición de la linfa

Los productos de desasimilación, que se forman durante los procesos metabólicos, son expulsados de las células y se acumularían en las inmediaciones de éstas si no existiese una corriente líquida que riega las intimidades de los órganos: este líquido es la linfa.

La linfa procede de la sangre y está encargada también de proporcionar a las células las sustancias nutritivas necesarias, puesto que no todos los elementos celulares están en inmediata proximidad de los capilares sanguíneos.

De modo que la linfa tiene un doble objeto: suministrar alimento a las células para la asimilación y retirar los productos de la desasimilación.

De acuerdo con su origen, la linfa tiene una composición cualitativa muy semejante a la del plasma sanguíneo. En su plasma hay seroalbúmina, fibrinógeno, sales, gotitas de grasa, colessterina, lecitina, etc. Lo mismo que la sangre la linfa se coagula espontáneamente pero el coágulo es menos compacto.

También contienen elementos celulares, esto es, linfocitos o glóbulos blancos y muy poca cantidad de glóbulos rojos.

### **Calor animal**

La actividad vital significa, desde el punto de vista físico-químico, una producción constante de calor. De ahí que algunos hombres de ciencia hayan llegado a decir que la vida no es más que «una oxidación lenta».

El oxígeno de la respiración, combinándose en el interior del organismo, con las diversas sustancias elaboradas por la digestión, produce una serie de combustiones.

En virtud de este calor los animales pueden ser «homotermos» (de calor constante) y «poiquilotermos» (de calor variable). Los primeros se llaman también «hematermos» o de sangre caliente. Y los segundos, «hemacrinós» o de sangre fría.

La constancia de la temperatura no es rígida en los animales de sangre caliente, sino que varía en el día entre 0,5 y 1 grado. En la tarde y después de las comidas es siempre superior.

Para mantener esta relativa constancia existe un aparato regulador de la temperatura, el cual está constituido por la sangre en combinación con el sistema nervioso.

Organos productores de calor son todos los que tienen una actividad metabólica, tales como las glándulas intestinales, el hígado, el páncreas, los músculos. De estos órganos toma la sangre el calor y lo distribuye por todo el cuerpo. Y este calor se pierde en seguida por irradiación y evaporación, necesitándose nuevamente reponerlo por medio de la nutrición y la respiración.

### **La acción del alcohol**

Se ha dicho con mucha frecuencia que el alcohol ayuda la digestión y aumenta el calor animal, lo cual parece que es un profundo error, pues el alcohol actúa

sobre los centros nerviosos «vasodilatadores», produciendo una dilatación de los vasos periféricos. Y, como afluye a ellos mayor cantidad de sangre, tenemos una falsa sensación de calor, a expensas, naturalmente, del calor de los órganos internos que tendrán menos sangre, y por lo tanto trabajarán menos, rendirán menor cantidad de calor y producirán un desequilibrio calórico en todo el organismo.

Además, tenemos que considerar el efecto pernicioso del alcohol sobre las paredes de los vasos sanguíneos, las que se endurecen y quebrajan (arterioesclerosis).

## CAPITULO III

### RESPIRACION

La corriente anabólica del organismo no sólo consta de sustancias líquidas, sino también de sustancias gaseosas absolutamente indispensables para la vida. Uno de los gases más necesarios para el organismo, y tal vez el principal, es el oxígeno, que circula en un aparato especial y es absorbido por el «APARATO RESPIRATORIO». Cumple su misión fisiológica en las células de los tejidos, volviendo nuevamente a la naturaleza transformado en un compuesto tóxico para los animales, pero útil a los vegetales: el anhídrido carbónico.

El conjunto de estos fenómenos, tanto de entrada del oxígeno como la salida del anhídrido carbónico, es lo que se conoce con el nombre de RESPIRACION, cuyo aparato es necesario conocer previamente con cierto detenimiento.

La respiración de los animales puede efectuarse de varias maneras. Los seres unicelulares y los microorganismos en general no tienen aparatos especiales para la respiración, sino que aprovechan su membrana externa, la cual les sirve para efectuar el intercambio de gases.

Sabemos que el oxígeno se encuentra ya sea en el aire atmosférico o bien disuelto en el agua. De ahí que distingamos en los Metazoos dos clases de respiración: la «aérea» y la «acuática» (de los peces).

Ahora bien, la respiración aérea puede ser «traqueal» (insectos) o «pulmonar» (mamíferos, aves, reptiles). Los anfibios respiran por pulmones sólo en la edad adulta.

Los peces, por tener respiración acuática, respiran por medio de «branquias».

También existe la «respiración cutánea», de la cual hablaremos más adelante.

## El aparato respiratorio humano

Puede dividirse en dos partes: el «conducto aéreo» o «parte conductora» y los «pulmones» o «parte respiratoria». (Fig. 23).

El conducto aéreo está constituido por las «fosas nasales», la «laringe», la «tráquea» y los «bronquios».

Las fosas nasales son dos conductos separados por el tabique nasal, que empiezan en las ventanas de la nariz. Las paredes laterales ofrecen tres repliegues denominados «cornetes» (superior, medio e inferior) tapizados por la mucosa «pituitaria», muy rica en vasos sanguíneos. El calor provocado por la mayor afluencia de sangre tiene por objeto entibiar el aire que va a los pulmones, pues el aire frío puede provocar el desarrollo de algunas enfermedades, tales como la «neumonía», cuyos bacilos viven en los alvéolos pulmonares y sólo esperan un cambio brusco de temperatura para desarrollarse. (1).

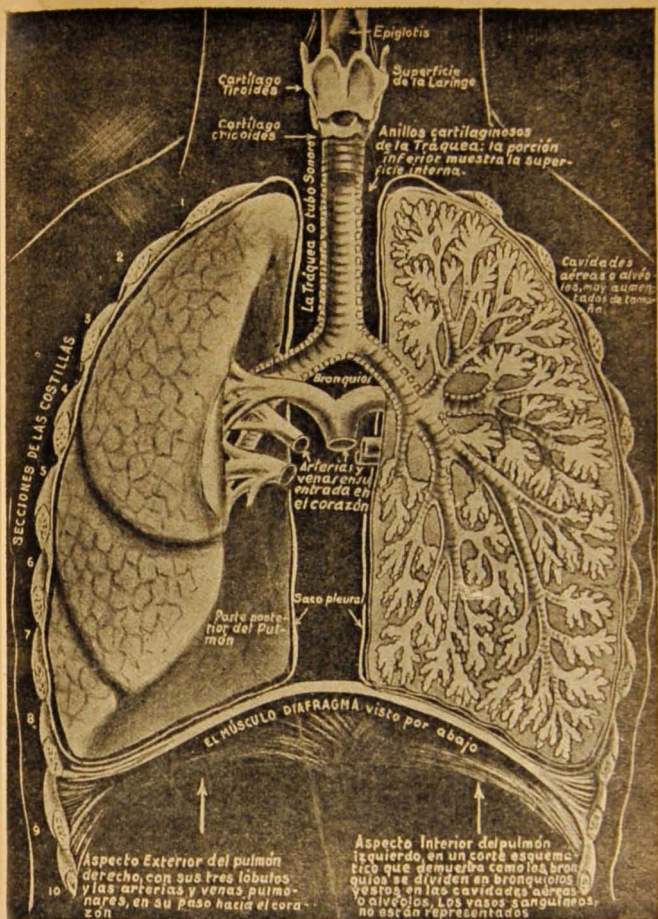
Más al interior de las fosas nasales sigue la «Laringe», la cual en su parte inferior lleva dos aberturas: una, que da nacimiento al esófago por donde siguen los alimentos; y otra, que lleva a la «Laringe», por donde sigue el aire. Esta última abertura lleva una puertecita de entrada denominada «epiglottis».

**La laringe** es un conducto formado por varios cartílagos (un tiroides, un cricoides y dos aritenoides) y lleva en su interior cuatro repliegues llamados «cuerdas vocales». Los dos repliegues superiores son gruesos y poco pronunciados, denominados «falsas cuerdas vocales»; y los dos repliegues inferiores son delgados y extensibles, llamados «cuerdas vocales verdaderas». (Fig. 24).

**Tráquea y bronquios.**—Sigue después de la laringe la TRAQUARTERIA o sencillamente TRAQUEA, que

---

(1) De acuerdo con los programas de Biología, la nariz y el olfato, lo mismo que la laringe y la fonación se estudiarán con detenimiento en el 5.º año de humanidades.



Esquema completo del aparato respiratorio. El pulmón derecho por su cara exterior. El pulmón izquierdo, por su corte interior.

Fig. 23

# POSICION ESQUEMATICA DE LA LARINGE

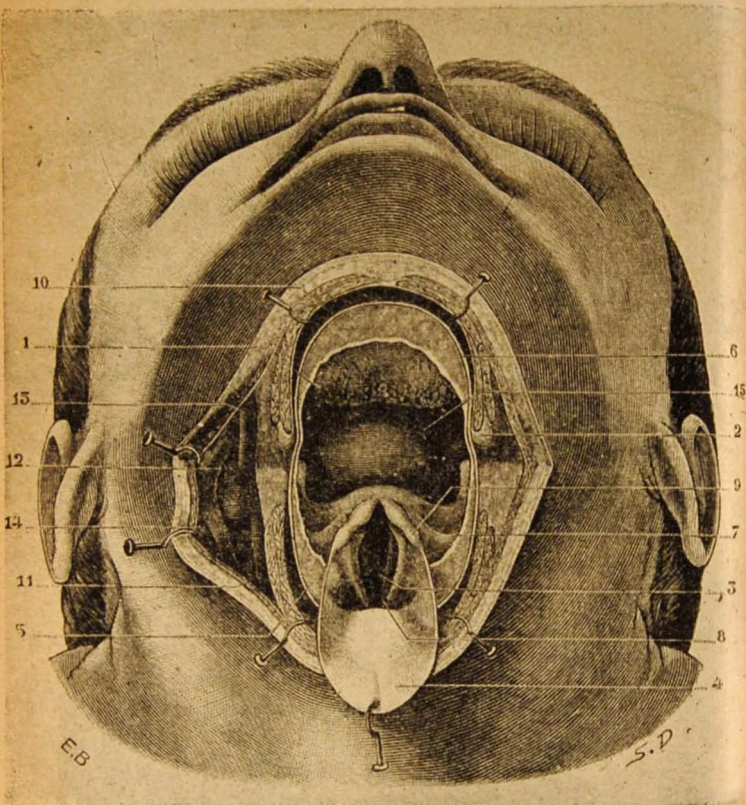


Fig. 24

Corte esquemático por la Laringe, en el cual se ha desplazado hacia abajo y atrás la «epiglotis», dejando a la vista las cuerdas vocales.

es un tubo largo, más o menos cilíndrico por delante y aplanado en su cara posterior.

Al contrario del esófago, éste es un conducto que debe estar continuamente abierto para facilitar el paso del aire, lo cual se logra mediante la posesión de 18 a 20 «anillos cartilagosos», que no tienen la forma de anillos completos sino más bien de una letra C abierta hacia atrás. Por lo tanto son sólo semi anillos.

La tráquea es, pues, un tubo largo que se extiende desde la quinta vértebra cervical hasta la cara inferior de la tercera vértebra dorsal, donde se bifurca en dos ramas denominadas BRONQUIOS.

Los bronquios, derecho e izquierdo, se extienden desde la extremidad inferior de la tráquea hasta los pulmones, para continuar ramificándose en el interior de estos órganos.

El bronquio derecho mide aproximadamente 2,5 centímetros, tiene una dirección casi horizontal y penetra en el pulmón derecho a nivel de la cuarta vértebra dorsal.

El bronquio izquierdo, más alargado, penetra en el pulmón respectivo al nivel de la quinta vértebra dorsal.

La conformación interior de los bronquios y su estructura histológica, son las mismas de la tráquea. Es decir, están compuestos de varias capas, a saber una «mucosa», una capa «muscular», una «submucosa» y una túnica «adventicia» en el interior.

El bronquio derecho tiene de 6 a 8 semi anillos cartilagosos; y el izquierdo, de 9 a 12.

Con esto termina el «conducto aéreo» o «parte conductora» del aparato respiratorio y pasamos a explicar la parte «respiratoria».

**Pulmones.**—Son dos masas espongosas de color rosado, situadas en las partes laterales de la cavidad torácica, y son menos pesados que el agua, por el aire que contienen. El volumen es variable para cada individuo.

Ambos pulmones dejan al medio el corazón. (Fig. 25).

La cantidad de aire que pueden contener los pulmones es de 4.500 a 5.000 centímetros cúbicos, y su peso puede ser, en los adultos, de 1.200 gramos en el hombre y de 950 gramos en la mujer.

El pulmón derecho es un poco más voluminoso que el izquierdo y está dividido en tres lóbulos, mientras que el otro está dividido sólo en dos lóbulos.

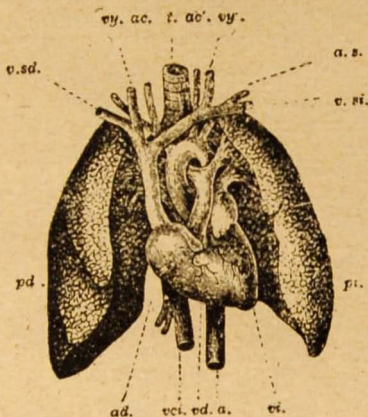


Fig. 25

Tráquea y pulmones humanos y sus relaciones con el corazón y grandes vasos.

pi.—pulmón izquierdo.

pd.—pulmón derecho (ambos pulmones están separados más de lo normal para ver mejor sus relaciones).

vsi, vci.—venas subclavias derecha e izquierda, que originan la vena cava superior.

t.—tráquea.

vci.—vena cava inferior.

a.—arteria aorta.

vi, vd, ad.—corazón.

La estructura de los pulmones es esponjosa y elástica y cede fácilmente bajo la presión de los dedos dando una sensación especial de crepitación. La elasticidad de los pulmones es bastante acentuada, lo cual les permite seguir perfectamente los movimientos de la caja torácica.

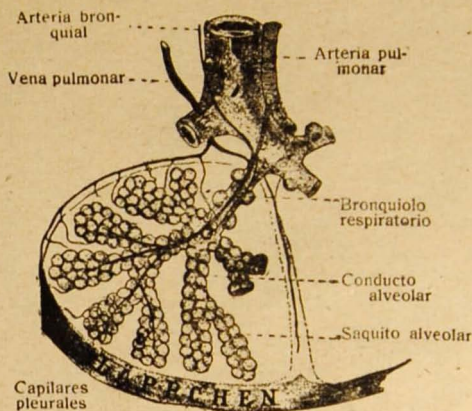


Fig. 26  
Lobulillo pulmonar.

Esquema de la ramificación terminal del árbol bronquial humano con sus vasos sanguíneos.

La superficie de los pulmones es lisa y húmeda y tienen una forma cónica, con una base, un vértice, dos caras y dos bordes.

El vértice es redondeado; la base es cóncava y representa un plano inclinado que mira hacia adelante y abajo.

La cara externa es convexa y sigue la forma de la caja torácica formada por las costillas.

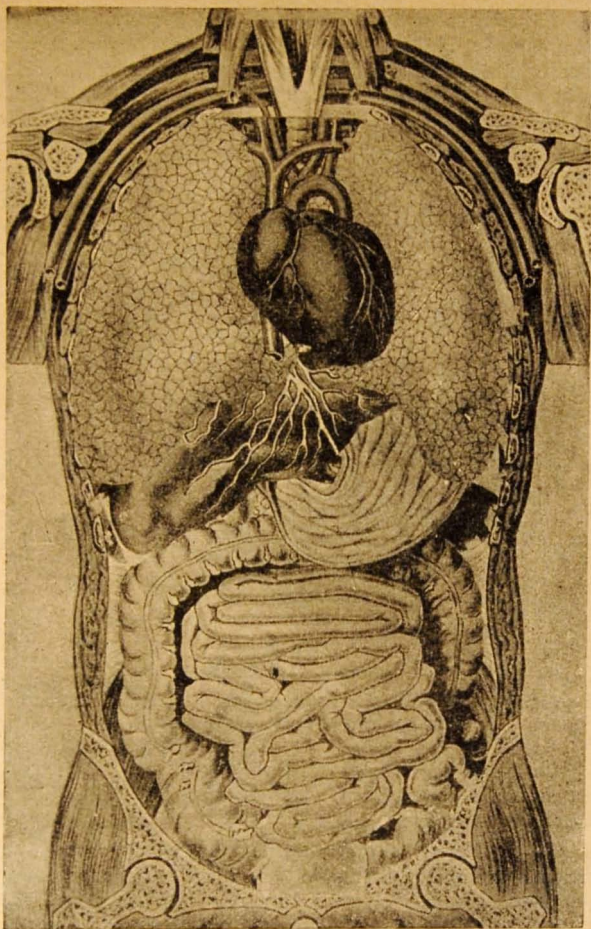


Fig. 27

Los pulmones y el corazón en su posición normal en la cavidad torácica. En la cavidad abdominal: Hígado y Tubo Digestivo.

La cara interior o «cardiaca» está dividida en dos partes por el «hilio» del pulmón, o sea, el lugar por donde penetran los bronquios, la arteria pulmonar y la vena pulmonar.

**Estructura interna de los pulmones.**—Tan pronto como los bronquios penetran por el «hilio» a los pulmones, se ramifican. El bronquio derecho se divide en tres ramas principales, o bronquios de segundo orden (uno para cada lóbulo). Y el bronquio izquierdo sólo se divide en dos ramas de segundo orden. (Figs. 26 y 28).

Cada bronquio de segundo orden se divide a su vez en «bronquíolos», y cada uno de éstos, después de ramificarse bastante, termina en fondos ciegos o saquitos llamados «alvéolos pulmonares» o «infundíbulos», los cuales a su vez están formados por pequeñas cavidades hemisféricas denominadas «vesículas pulmonares».

Por otra parte, los lóbulos pulmonares se dividen en lobulillos, los cuales corresponden internamente a los alvéolos y vesículas. (Fig. 27).

Las vesículas pulmonares se componen de una membrana fundamental muy delgada y de una abundante red de capilares sanguíneos. A través de dicha membrana y de las paredes de los capilares se efectúa el intercambio de gases que estudiaremos en la función respiratoria.

**Pleura.**—Finalmente debemos decir que los pulmones están envueltos por una membrana de doble pared, cuyas hojas se denominan «pleuras». Una de ellas está en contacto con la pared torácica y se llama «pleura parietal»; y la otra está en contacto con los pulmones, llamándose «pleura visceral».

Entre ambas capas pleurales queda un espacio que lleva un líquido denominado «líquido pleural», el cual al aumentar de cantidad y de volumen produce la enfermedad conocida con el nombre de «pleuresía».

Corte interior por los Pulmones y el Corazón,  
en su posición normal.

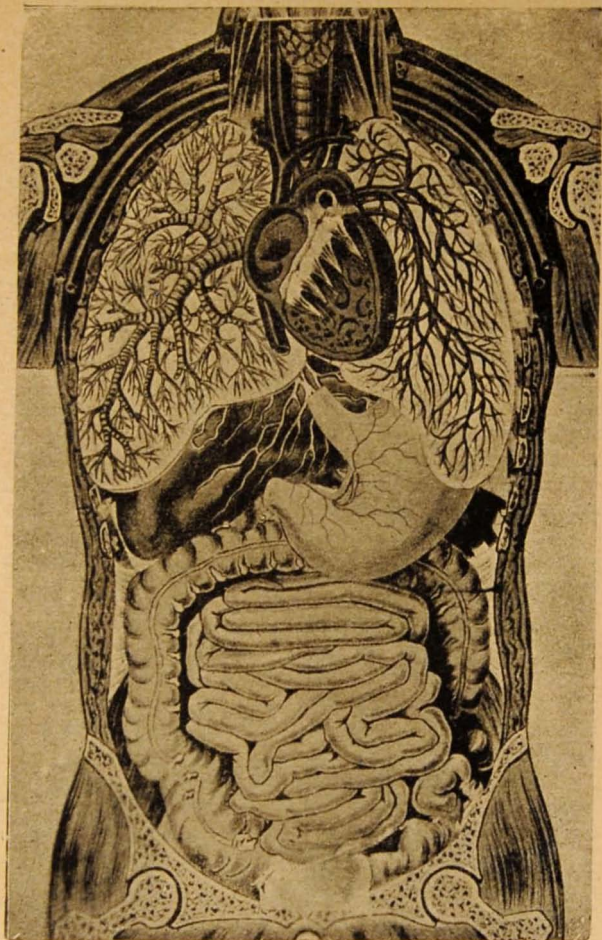


Fig. 28

## LA FUNCION RESPIRATORIA

Dos actos bien diferenciados caracterizan la función respiratoria: la «inspiración» y la «espiración».

Estos dos movimientos realizan en conjunto dos clases de fenómenos: mecánicos y físico-químicos, los cuales estudiaremos separadamente.

**Fenómenos mecánicos.**— a) **La inspiración.**—En este acto intervienen los músculos inspiradores, que actúan ensanchando los tres diámetros del tórax: el ántero posterior, el transversal y el vertical.

Los dos primeros diámetros aumentan debido al movimiento que le imprimen a las costillas los músculos elevadores de ellas, tales como los pectorales, el serrato mayor y los intercostales. (Fig. 29).

El diámetro vertical crece debido a la contracción del diafragma, que es el principal músculo inspirador.

b) **La espiración.**—En este acto disminuyen los tres diámetros, o mejor dicho, vuelven a su posición normal sin producir la compresión de los pulmones.

Los principales músculos espiratorios son: el diafragma, los intercostales internos, el dorsal ancho y los abdominales.

Las vísceras abdominales al descender, empujadas por el diafragma, ejercen presión sobre las paredes abdominales, lo que se manifiesta por un sollevamiento de la pared abdominal anterior. Este es el «tipo abdominal» de la respiración, que es propio del hombre.

En la mujer, que es de «tipo costal», se levantan más las costillas, y el diafragma baja mucho menos que en el hombre.

En la inspiración forzada intervienen igualmente todos los músculos inspiradores y espiradores.

Los pulmones, en la inspiración, descienden hasta 7 y 8 centímetros, y el aire al penetrar a los alvéolos produce un ruido especial, el cual se puede percibir por la «auscultación».

## MOVIMIENTOS DE INSPIRACION

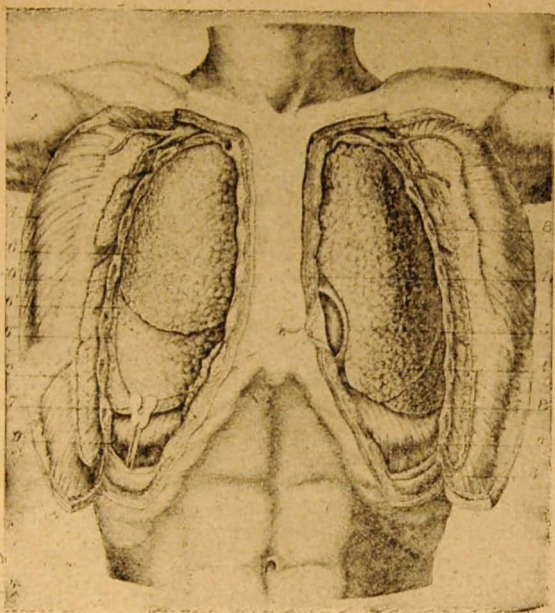


Fig. 29

Las costillas suben y el diafragma baja, dejando un espacio costal y permitiendo el aumento del diámetro vertical de los pulmones.

La auscultación consiste en percibir dicho ruido, llamado también «murmullo vesicular». Sucede lo mismo que cuando se aspira aire estando con los labios casi juntos. En la inspiración el ruido es más largo que en la espiración, pero hay ciertas enfermedades, como la tuberculosis, que se caracterizan por una espiración más prolongada y el murmullo se hace más largo.

Nosotros efectuamos alrededor de 16 a 18 respiraciones por minuto.

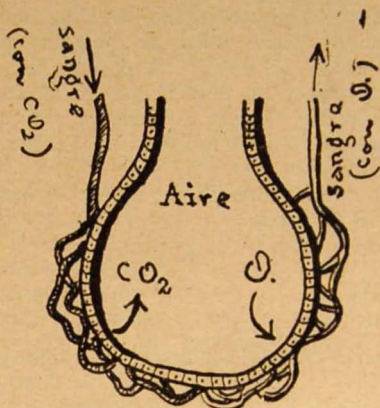


Fig. 30

Esquema de la respiración animal.  
Según Vaccari.

### Fenómenos Físico-Químicos

El intercambio de gases, que se efectúa a través de las paredes de las vesículas pulmonares, se denomina «hematosis» o «respiración externa», en la cual los pulmones tienen la función de extraer el oxígeno del aire para entregarlo a la sangre, y extraer de ésta el anhídrido carbónico, para entregarlo al aire.

Debemos distinguir la «respiración externa» de la «respiración interna», que consiste en el intercambio de gases que se verifica a nivel de los tejidos del organismo. Aquí pasa oxígeno de la sangre a los tejidos y anhídrido carbónico de los tejidos a la sangre.

El paso del oxígeno del aire a la sangre se produce en el acto que conocemos con el nombre de «inspiración». Y el paso del anhídrido carbónico al aire se produce en la «expiración».

Según esto, el aire espirado es más rico en anhídrido carbónico y más pobre en oxígeno que el aire inspirado, lo cual se puede comprobar por medio de la lechada de cal y su enturbiamiento al soplarle con un tubo el aire de nuestra respiración. En cambio, dejándola expuesta al aire, sencillamente, demora muchos días en enturbiarse.

He aquí la diferencia de composición entre el aire inspirado y el espirado:

	Anhidrido Nitrogeno Oxígeno carbónico		
Aire inspirado .....	79%	20%	0,03%
Aire espirado .....	79%	16%	4,5 %

La relación entre el oxígeno absorbido y el anhídrido carbónico eliminado es lo que se llama «COEFICIENTE RESPIRATORIO», que es casi siempre menor que 1, pues, por cada cinco volúmenes de oxígeno que el organismo inspira, elimina sólo  $4\frac{1}{2}$  volúmenes de anhídrido carbónico, es decir, medio volumen menos que el oxígeno absorbido.

El hombre absorbe más o menos 750 gramos de oxígeno en las 24 horas, lo que corresponde a 516 litros. Y expelle 900 gramos de anhídrido carbónico, lo que corresponde a 455 litros.

En los distintos animales, en general, mientras más grande son, menor es el gasto de oxígeno y menor la producción de anhídrido carbónico, en relación con su masa orgánica. Por eso el niño tiene un intercambio gaseoso más intenso que el adulto. Y las aves más pequeñas tienen un intensísimo intercambio respiratorio.

Este intercambio varía también según el estado físico del animal. Así por ejemplo, en el trabajo forzado se quintuplica la producción de anhídrido carbónico, y durante el sueño disminuye notablemente.

## **Cómo se efectúa el intercambio gaseoso**

El aire inspirado se pone en contacto con las finas paredes de las vesículas pulmonares, llenas de capilares sanguíneos, y que son las últimas ramificaciones de la arteria pulmonar.

La sangre de los capilares contiene también gases, es pobre en oxígeno y rica en anhídrido carbónico. En cambio el aire de las vesículas, al contrario, es rico en oxígeno y pobre en anhídrido carbónico. Luego hay entre los gases de la sangre y los de la cavidad pulmonar una gran diferencia de «tensión».

La tensión del oxígeno es mayor en el aire de los pulmones que en la sangre. Y la tensión del anhídrido carbónico es mayor en la sangre que en el aire de los pulmones.

De donde resulta que al efectuarse la «osmosis», que trata de «equilibrar las tensiones», pasa oxígeno del aire alveolar a la sangre; y de ésta pasa anhídrido carbónico al aire de los pulmones. Y la sangre, de color rojo oscuro que era, se torna en sangre de color rojo escarlata.

El oxígeno que pasa a la sangre se combina fácilmente con la «hemoglobina» de los glóbulos rojos, y esta combinación se llama «oxi-hemoglobina».

Después la sangre llega a los tejidos y entrega su oxígeno para las combustiones orgánicas, tomando en cambio el anhídrido carbónico, que es un producto de la actividad celular. La combinación del anhídrido carbónico con la hemoglobina de la sangre se llama «meta-hemoglobina» o «hemoglobina oxicarbonada».

## **Estudio de conjunto de la mecánica respiratoria**

El intercambio de gases entre el aire alveolar y la sangre pulmonar sería insuficiente para satisfacer la demanda de oxígeno por parte del organismo y la necesidad de eliminar el ácido carbónico si no contara con la ayuda del mecanismo ventilador del tórax.

Sólo el intercambio de gases en los alvéolos pulmonares no basta para que llegue a los pulmones aire puro en cantidad necesaria y se renueve después de impurificado con la exhalación de  $\text{CO}_2$ .

Además, por el hecho que el intercambio de gases se realice en los profundos y estrechos alvéolos, supone una gran superficie respiratoria. Es así como los alvéolos con su división en vesículas llegan a producir una superficie de absorción en los pulmones de más o menos 90 metros cuadrados.

En los animales que respiran por branquias se consigue la gran extensión respiratoria gracias a las evaginaciones abundantemente ramificadas de la pared faríngea. Se caracterizan también estas superficies por estar rodeadas de una tupida red de capilares sanguíneos.

La ventilación pulmonar, completa, se efectúa por los movimientos alternativos de expansión y reducción de la **Cavidad Torácica** donde están encerrados los pulmones.

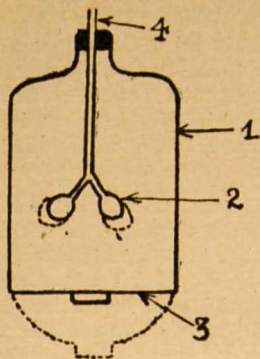
Al ensancharse la cavidad por la acción de los músculos correspondientes, se dilatan «pasivamente» las paredes elásticas de los pulmones. En virtud de esta dilatación penetra en los pulmones una cantidad dada de aire (inspiración).

Al producir la contracción del tórax, los pulmones se acomodan de nuevo a su espacio normal más reducido y expulsan determinada cantidad de aire viciado (expiración). (Fig. 31).

Es de advertir que los pulmones no quedan completamente vacíos después de la espiración, de modo que el acto respiratorio efectúa solamente una renovación parcial del aire alveolar.

Los músculos que provocan la inspiración son: el diafragma, los intercostales externos e internos. Además ayudan levemente el pectoral mayor que es elevador de las costillas y los escalenos.

Aparato para demostrar el mecanismo de la respiración.



- 1.—Campana de vidrio.
  - 2.—Vejiguitas de caucho o de conejo recién muerto.
  - 3.—Membrana de caucho con un botón al centro para moverla.
  - 4.—Tubo de vidrio.
- (Esquema según Folch).

Para operar con este aparato se procede de la siguiente manera: al itrar el botón hacia abajo, se baja la membrana de caucho, agrandándose la capacidad de la campana; entonces se ve que los pulmones del conejo se inflan. Es un acto semejante al de la inspiración.

Fig. 31

Después, al soltar el botón, la membrana elástica recupera su posición primitiva, disminuyendo la capacidad pulmonar y por lo tanto los pulmones se desinflan. Este es un acto semejante a la espiración.

La caja torácica desempeña un papel igual al de la campana de vidrio; la membrana de caucho representa al diafragma y la tráquea y los pulmones están representados por el tubo de vidrio y las vejiguitas.

La contracción del diafragma amplía la cavidad torácica en la dirección «vertical».

Las costillas se elevan por la acción de los músculos intercostales y como quiera que las costillas se dirigen de atrás adelante y de arriba abajo, su elevación implica el aumento del diámetro sagital o ántero posterior del tórax, haciendo mayor la distancia que existe entre la columna vertebral y el esternón.

Además aumenta el diámetro frontal o transversal, especialmente en la porción inferior del tórax, lo cual es debido a que los ejes de rotación de las costillas en su articulación con la columna vertebral no siguen la dirección frontal, sino que los ejes de las dos costillas

de un par convergen hacia adelante formando un ángulo mayor o menor.

La espiración se verifica más bien de un modo pasivo, debido a las fuerzas elásticas que provienen de diversos puntos. En primer lugar tenemos la «fuerza de retracción pulmonar» que al principio de la espiración alcanza su mayor fuerza para disminuir gradualmente en el transcurso de ella.

Pero las fibras elásticas no pierden completamente su estado de distensión cuando la espiración ha terminado, como lo demuestra el siguiente experimento: si se practica un orificio en la pared torácica de un cadáver, cuyo tórax se halla en posición de espiración, la superficie externa de los pulmones se despegas de la pared torácica dejando un hueco entre la pleura parietal y la visceral, en el cual penetra el aire atmosférico. Los pulmones al mismo tiempo expulsan cierta cantidad de aire por las vías respiratorias.

Lo mismo puede acontecer en un ser vivo, cuando ha recibido una herida o se perfora la parte pulmonar debido a un proceso infeccioso purulento, el pulmón se retrae y el aire penetra en la cavidad pleural, formándose lo que se llama un «neumotórax».

Por lo general, en los casos de tuberculosis unilateral, los médicos, con el objeto de dejar ese pulmón en reposo, recurren al neumotórax artificialmente, inyectando en la cavidad pleural un gas (casi siempre nitrógeno).

Para distender el pulmón retraído a un pequeño volumen por el neumotórax, se recurre a forzar su presión interior desde la boca. Esto se consigue, entre otros procedimientos, si el paciente y el operador se instalan en una cámara herméticamente cerrada, una de cuyas paredes tienen un agujero por el cual asoma exclusivamente la cabeza del enfermo; enrareciendo ahora el aire de esta cámara hasta lograr un determinado descenso de la presión atmosférica, el aire exterior que penetra por la boca del paciente llega a los pulmones

y hace recobrar a estos su tamaño normal.

En la espiración colaboran también la fuerza elástica de los cartílagos costales, la presión de las paredes abdominales, la fuerza de gravedad que trae hacia abajo las costillas y los músculos espiradores, tales como el diafragma, los músculos abdominales que atraen el esternón hacia abajo, el serrato menor posterior y el cuadrado lumbar.

### Capacidad pulmonar

Normalmente en cada inspiración introducimos, más o menos, medio litro de aire. Igual cantidad sale con la espiración. Este se llama «aire corriente».

Pero en una inspiración profunda se introduce litro y medio más de aire, al cual se le llama «aire complementario». (Fig. 32).

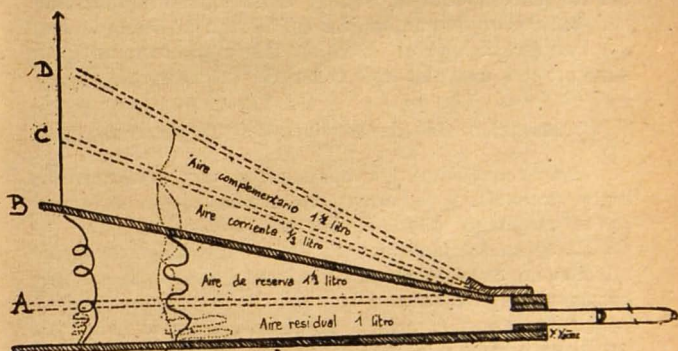


Fig. 32

Esquema de la Capacidad pulmonar.

A.—Posición de la tapa del fuelle en una espiración forzada.

B. - C.—Respiración normal.

D.—Posición de la tapa del fuelle en una inspiración forzada.

(Dibujo de Pujiula)

Lo mismo en una espiración forzada, eliminamos litro y medio más de aire que el normal, el cual se denomina «aire de reserva».

Pero jamás los pulmones expelen todo el aire que contienen en sus alvéolos, sino que siempre queda una pequeña cantidad en su interior, calculándose más o menos en un litro. Este se llama «aire residual».

De todo lo cual inferimos que la capacidad total de los pulmones varía entre 4,5 y 5 litros de aire.

### **El clima de altura y la respiración**

Sabemos que por cada once metros que ascendemos, la presión desciende un milímetro. Y al descender la presión se enrarece el aire y por lo tanto el oxígeno.

Pero el organismo necesita mantener el coeficiente respiratorio para poder servir todas sus funciones. Y en tal caso necesita aumentar la superficie de absorción del oxígeno. Y esta superficie se aumenta multiplicando los glóbulos rojos que son los que llevan la hemoglobina.

Por eso es que el clima de altura produce un gran aumento en los glóbulos rojos de la sangre.

### **Inervación de los movimientos respiratorios**

Nos encontramos nuevamente con una acción rítmica y automática, o sea, involuntaria, como acontece en el estómago y en el intestino.

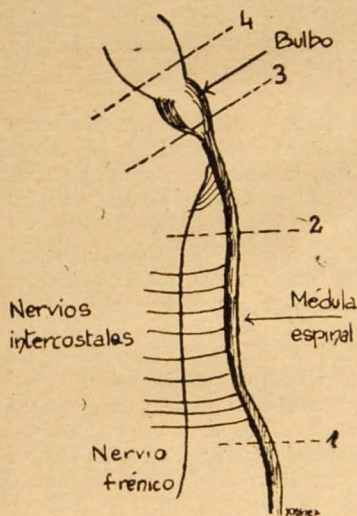
El estímulo determinante de los movimientos respiratorios no es propiamente autónomo, sino que los impulsos vienen de fuera.

¿Dónde está el origen de estos impulsos? (Fig. 33).

Si se secciona la médula espinal en su porción dorsal (1), continúan ejecutando sus movimientos respiratorios aquellas partes del tórax inervadas por nervios que nacen de puntos medulares situados por encima de la sección. Si el corte se hace en (2), o sea, se separa la médula dorsal de la cervical, persisten únicamente los movimientos respiratorios diafragmáticos. Si se practica

la sección por encima del tercer segmento cervical, más arriba del origen de los nervios frénicos, (3), se paraliza también el diafragma y sobreviene la muerte por asfixia, subsistiendo sólo los movimientos accesorios de la nariz.

De todo esto se infiere que los impulsos motores de los músculos respiratorios tienen que proceder de un sitio ubicado encima de estas tres secciones. Para esto hacemos un corte (4) por encima del bulbo raquídeo, con lo cual siguen normalmente los movimientos respiratorios.



Representación esquemática de la inervación de los músculos respiratorios. Secciones por (1) la médula espinal; por (2) la médula cervical; por (3) encima de los nervios frénicos; y por (4) encima del bulbo raquídeo.

Fig. 33

Luego es la médula oblongada o bulbo raquídeo, el sitio donde tienen su principal origen los impulsos motores de la respiración. Y es así como se estableció que si se practica la punción del bulbo al nivel de los

pares craneanos 8.º a 10.º, quedan abolidos todos los movimientos respiratorios.

Este «centro respiratorio», llamado por Flourens «nudo o punto vital», es de gran importancia para la vida, pues al ser lesionado no sólo se extinguen los movimientos respiratorios, sino que también deja de latir el corazón y el animal cae desplomado por una muerte instantánea. Es que allí tienen su origen las fibras nerviosas que transmiten sus impulsos a los órganos vitales más importantes del organismo.

Esto no se opone al automatismo de los órganos respiratorios, pues éstos siguen funcionando, lo mismo que el estómago o un pedazo de intestino sumergidos en una solución de Ringer, una vez separados del resto del organismo.

También debemos dejar constancia que la mayor o menor actividad del centro respiratorio y, en general, su funcionamiento mismo, depende de determinadas condiciones de la sangre y especialmente de su venosidad o toxicidad.

Cuando aumenta la cantidad de  $\text{CO}_2$  y disminuye la de O, los movimientos respiratorios se intensifican y sobreviene la «disnea» o «hiperpnea». Por el contrario, la disminución de la venosidad ocasionada, por ejemplo, por un exceso de ventilación, da por resultado la «apnea» o suspensión de los movimientos respiratorios.

Los movimientos respiratorios están, pues, supeditados a las exigencias de la respiración y cuando la sangre contiene las proporciones normales de O y de  $\text{CO}_2$ , se dice que el organismo se halla en estado de «eupnea».

## RESPIRACION CUTANEA

El intercambio gaseoso que se produce a través de la piel tiene mucha importancia en los animales de sangre fría (poiquilotermos), como por ejemplo en la rana.

Los pulmones de la rana son simples sacos que pueden ligarse y quedar sin comunicación con el exterior. Estos animales pueden vivir perfectamente en estas condiciones. Pero si en cambio se les barniza la piel, les falta oxígeno y mueren. En el primer caso viven con el aire que absorben por la respiración cutánea.

Los animales de sangre caliente (homotermos), incluso el hombre, tienen que mantener una temperatura elevada y el oxígeno absorbido por la piel no basta y se hace indispensable la respiración pulmonar. Y por el contrario, el hombre puede resistir con la piel barnizada, hasta 10 días, sin que se produzcan en él trastornos de importancia. Es que el oxígeno de su respiración pulmonar basta para mantener el calor animal.

Es un error creer que los animales homotermos mueren cuando se les barniza la piel, por falta de oxígeno o porque no pueden eliminar por los poros algunas sustancias tóxicas. Lo que sucede es que el barniz provoca una dilatación de los vasos sanguíneos periféricos (lo mismo que el alcohol), y el animal se enfría por excesiva pérdida de calor, y aún llega a morir. Si se le envuelve en algodones o lana, no se produce la muerte sino una simple postración.

### **Tóxicos de la respiración**

Entre los gases tóxicos para la respiración tenemos el anhídrido carbónico. En una atmósfera con cuatro por ciento de este gas el individuo muere.

Otro gas tóxico para la respiración es el óxido de carbono, que es un producto de la combustión incompleta del carbón vegetal. En una atmósfera con el uno por ciento de este gas, se produce la muerte.

Otro gas tóxico es el hidrógeno sulfurado o ácido sulfhídrico, que también puede llegar a producir la muerte por asfixia, pues se combina con la hemoglobina

de la sangre produciendo la sulfohemoglobina que es altamente venenosa.

El óxido de carbono se produce al encender bráceros con carbón en las piezas destinadas a las habitaciones, lo cual debe hacerse mejor al aire libre.

El anhídrido carbónico, cuando se encuentra en gran cantidad forma el llamado «aire confinado», el cual se produce cuando no se ventilan las piezas en que hay muchas personas (salas de clases, teatros, etc.).

El hidrógeno sulfurado se produce al destapar letrinas o en los respiraderos de alcantarillado.

También producen anhídrido carbónico las plantas, en la respiración durante la noche. Por eso no conviene dejar flores en los dormitorios.

### **Aspectos especiales de la respiración**

El hipo y el sollozo son inspiraciones ocasionadas por contracciones del diafragma. En el caso del hipo son rítmicas.

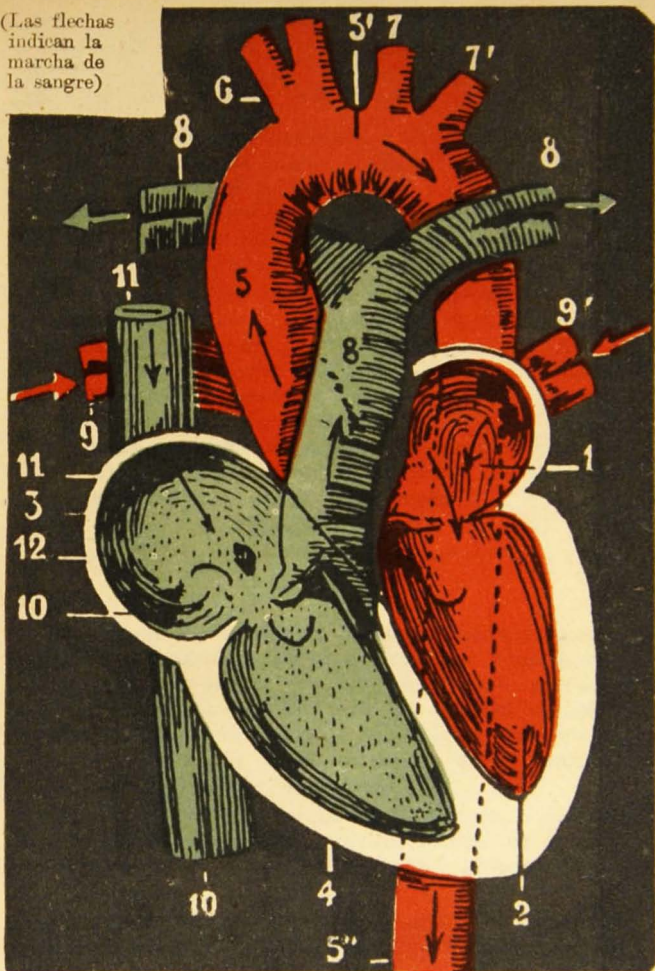
El bostezo y el suspiro son inspiraciones prolongadas.

La expectoración, el estornudo y la risa son espiraciones violentas y rápidas.

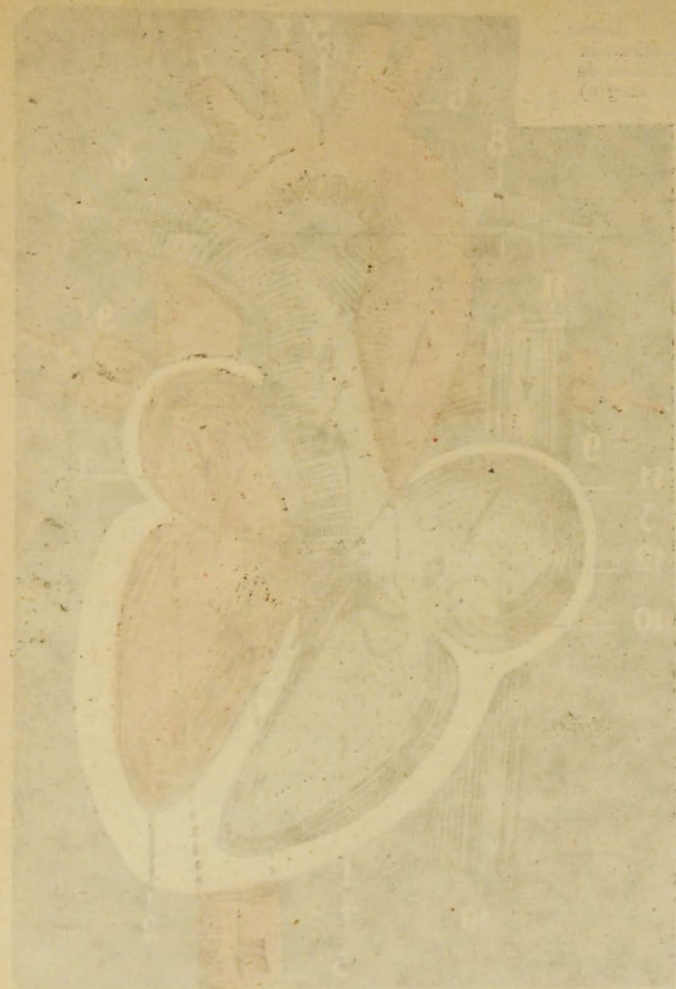
En la tos, que es una espiración violenta, el aire sale con mucha presión y el organismo consigue con esto expulsar cuerpos extraños que se pueden depositar en las vías respiratorias.

# Esquema del corazón mostrando la desembocadura de los grandes vasos

(Las flechas indican la marcha de la sangre)



1. Aurícula izquierda.— 2. Ventrículo izquierdo.— 3. Aurícula derecha.— 4. Ventrículo derecho.— 5. Aorta ascendente.— 5'. Cayado de la aorta.— 5''. Rama descendente.— 6. Tronco braquio-cefálico.— 7. Carótida izquierda.— 7'. Subclavia izquierda.— 8. Arteria pulmonar y sus ramas.— 9. Las dos venas pulmonares derechas.— 9'. Las dos venas pulmonares izquierdas.— 10. Vena cava inferior.— 11. Vena cava superior.— 12. Desembocadura de las venas coronarias.



## CAPITULO IV

### C I R C U L A C I O N

La circulación está destinada a distribuir por todo el organismo, hasta la última célula, el material nutritivo elaborado por el tubo digestivo y el material gaseoso absorbido por los pulmones. Y también sirve para eliminar las sustancias tóxicas formadas en las células y tejidos debido a la incesante actividad metabólica.

Los elementos que contribuyen a proveer esta función distribuidora son los siguientes: el CORAZON, como centro propulsor; los VASOS SANGUINEOS, como tubos distribuidores; y la SANGRE, como vehículo transportador de sustancias anabólicas y catabólicas.

Antes de estudiar la circulación en sí misma vamos a considerar someramente la anatomía macro y microscópica del aparato circulatorio, de acuerdo con los tres elementos principales que lo constituyen.

### C O R A Z O N

El corazón es un músculo hueco que desempeña las funciones de bomba aspirante e impelente, situado entre los pulmones que se separan por la parte anterior para darle alojamiento. La cara inferior del corazón descansa sobre el diafragma, y por delante está protegido por el esternón y los cartílagos de la tercera, cuarta y quinta costillas verdaderas.

Como en todos los mamíferos, el corazón ocupa la parte media de la cavidad torácica, delante de la columna vertebral (4.<sup>a</sup>, 5.<sup>a</sup>, 6.<sup>a</sup>, 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup> vértebras dorsales).

Tiene la forma de un cono aplanado y su dirección es oblicua de atrás adelante, de derecha a izquierda y un poco de arriba abajo. Su base está dirigida hacia

arriba, y su vértice o punta hacia abajo, a la izquierda y adelante.

El volumen del corazón varía según el sexo y la edad. El gran anatomista Laenec lo comparaba con el puño cerrado de cada persona.

Para estudiar la estructura del corazón debemos considerar sus dos partes principales: el corazón propiamente dicho o «miocardio» y sus membranas envolventes.

**El miocardio.**—El miocardio está compuesto de fibras musculares contráctiles y de fibras de otro tejido que une entre sí los elementos contráctiles (fibras conjuntivas).

Está dividido por un tabique medio en dos mitades laterales análogamente constituidas: el corazón derecho y el corazón izquierdo.

Cada mitad se subdivide a su vez en dos cavidades situadas una encima de la otra. La superior, de paredes delgadas, llamada «aurícula». Y la cavidad inferior, de paredes gruesas y resistentes, llamada «ventrículo».

Las aurículas y ventrículos no comunican entre sí, sino que cada aurícula comunica con el ventrículo de su mismo lado, por medio de un orificio llamado «aurículo-ventricular». Y cada orificio lleva unas válvulas especiales destinadas a impedir el retroceso de la sangre.

El orificio aurículo-ventricular izquierdo lleva la válvula «mitral» (con dos valvas); y el orificio derecho lleva la válvula «tricúspide» (con tres valvas).

**Membranas.**—Las membranas del corazón son dos: una que envuelve toda la superficie externa del órgano, llamada «pericardio»; y otra que tapiza la superficie de sus cuatro cavidades, llamada «endocardio». (Figs. 34, 35 y 36).

**Aurículas y ventrículos.**—La aurícula izquierda, además del orificio que la comunica con el ventrículo izquierdo, lleva cuatro orificios por donde llega la sangre que viene de los pulmones. Estos son los orificios de las «venas pulmonares», que carecen de válvulas.

## EL PERICARDIO FIBROSO

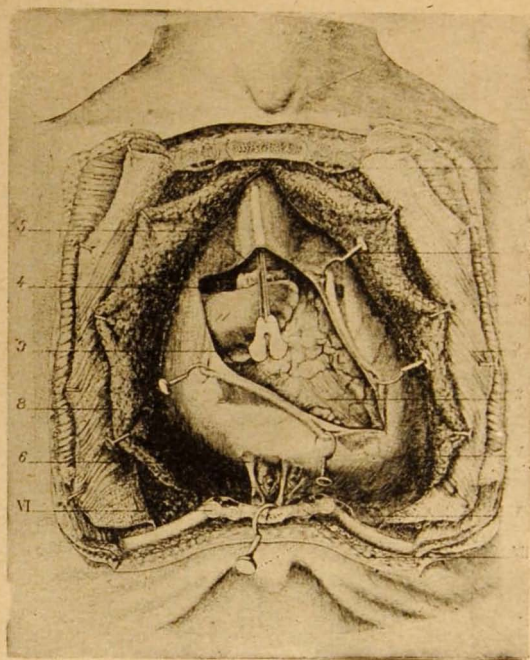


Fig. 34

El pericardio es un saco fibroso-seroso que envuelve al corazón y el origen de los grandes vasos. Se compone de dos partes muy distintas, aunque íntimamente unidas: el pericardio fibroso y el pericardio membranoso en inmediato contacto con el miocardio. Esta figura representa una incisión por el saco pericardial fibroso, notándose en el interior el corazón envuelto todavía por el saco pericardial seroso o «pericardio propiamente dicho».

## EL PERICARDIO SEROSO

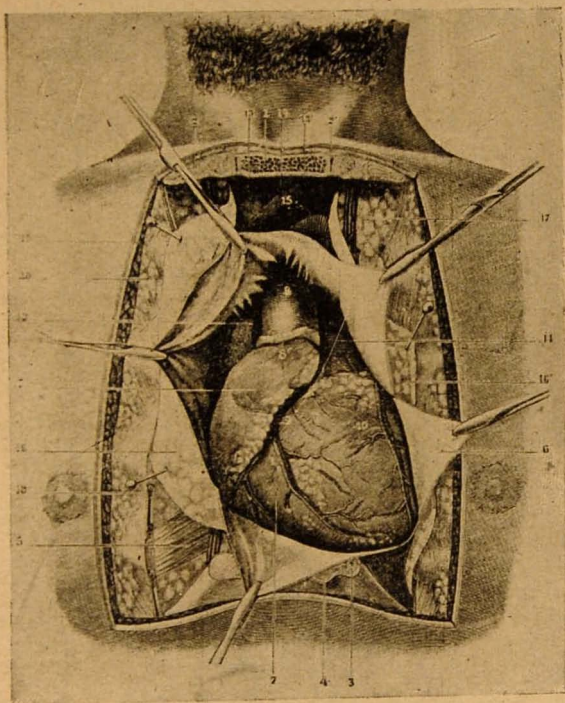


Fig. 35

Esta lámina representa el corazón al cual se le ha separado el pericardio fibroso y el pericardio seroso o «pericardio propiamente dicho». Muestra al interior el MIOCARDIO y el nacimiento de algunos grandes vasos.

## CAVIDADES DEL CORAZON

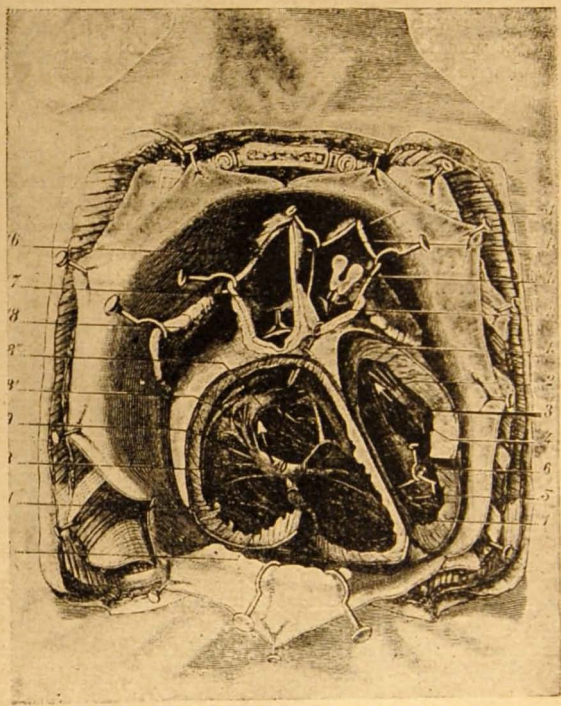


Fig. 36

Separado el pericardio, se ha hecho un corte esquemático por el corazón, dejando a la vista sus cavidades interiores y válvulas.

La aurícula derecha tiene también, además de su comunicación con el ventrículo derecho, dos orificios: uno por donde desembocan las venas «cavas», y el otro de la gran «vena coronaria».

El ventrículo izquierdo lleva el «orificio de la aorta», provisto de válvulas llamadas «sigmoideas».

Y el ventrículo derecho lleva el orificio de la «arteria pulmonar», que también posee válvulas sigmoideas.

### Vasos sanguíneos

Estos pueden ser: «arterias», «venas» y «capilares».

**Arterias.**—Son aquellos vasos que salen de los orificios ventriculares. Del ventrículo derecho sale la «arteria pulmonar» y del izquierdo sale la arteria «aorta».

La arteria pulmonar, tan pronto como sale del corazón, se divide en dos ramas, cada una de las cuales va a su respectivo pulmón, entrando por el hilio. Cada rama se ramifica en el interior de los pulmones, abundantemente, hasta formar una tupida red de capilares que llenan la pared de los alvéolos.

La arteria aorta da origen, inmediatamente que sale del corazón, a las «arterias coronarias» (izquierda y derecha). Luego se curva violentamente, primero hacia arriba y después hacia abajo, constituyendo el «cayado de la aorta». Del cayado sale el tronco «braquio céfálico», que está destinado a irrigar la mitad derecha de la cabeza, por medio de la «carótida derecha primitiva», la cual se bifurca frente al borde superior del cartílago tiroides, en una rama externa y otra interna, y todo el brazo mediante la «subclavia derecha». Más adelante sale del cayado la «carótida izquierda» que irriga la mitad izquierda de la cabeza, y más adelante viene la «subclavia» que irriga el brazo izquierdo. (Fig. 37).

De la aorta descendente, en su porción abdominal, nacen las siguientes grandes arterias:

**1.º Las diafragmáticas inferiores** (derecha e izquierda).

2.º **El tronco celíaco**, que a su vez se divide en tres ramas: la arteria hepática, la esplénica (al bazo) y la estomáquica o gástrica. Estas tres arterias forman lo que se llama el trípode celíaco.

3.º **La arteria mesentérica superior**, que se desprende a unos 2 centímetros por debajo del tronco celíaco y va a irrigar el intestino delgado y la mitad derecha del intestino grueso.

4.º **Las arterias capsulares medias** (izquierda y derecha) que van a las cápsulas suprarrenales.

5.º **Las arterias renales** (izquierda y derecha), destinadas a los riñones y proporcionan a estos órganos los materiales de la excreción urinaria.

6.º **Las arterias genitales**, espermáticas u ováricas (izquierda y derecha).

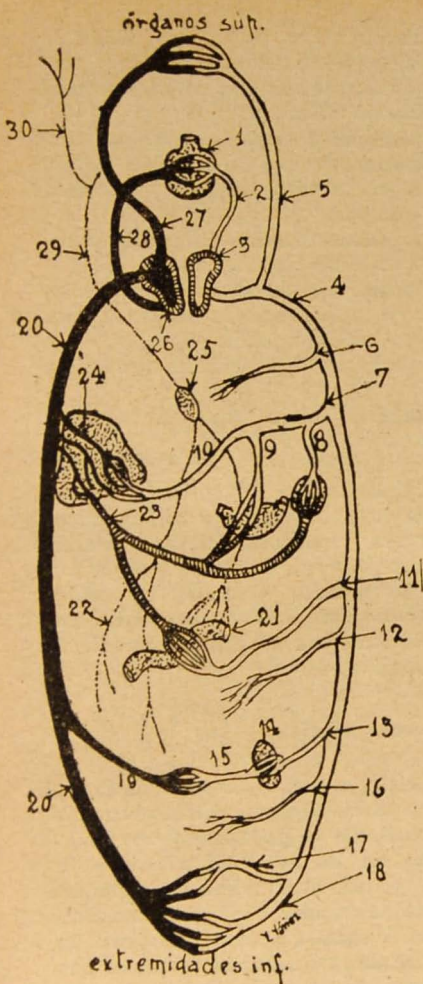
7.º **Arteria mesentérica inferior**, que es impar y termina en las hemorroidales.

Llegada la aorta a nivel de la 4.<sup>a</sup> vértebra lumbar, se divide ya muy disminuída en su calibre, en tres ramas terminales: una muy pequeña, la arteria sacra media; y 2 ramas laterales voluminosas llamadas **arterias ilíacas primitivas**. Estas últimas, llegan después a los muslos constituyendo las **arterias femorales**, las cuales a su vez, y más abajo se transforman en **arterias popliteas** que terminan dividiéndose en muchas ramas (tibiales, peroneanas y pedias).

### **Paredes arteriales**

Las arterias casi siempre están situadas profundas: una interna, otra media y otra externa adventicia.

La túnica interna es una delgada capa de endotelio. La túnica media, en las pequeñas arterias sólo consta de fibras musculares lisas, y en los grandes vasos consta de capas alternadas de tejido muscular liso y fibras elásticas, formando redes o láminas. La túnica externa está formada por un tejido especial bastante resistente, llamado tejido conjuntivo.



# Esquema completo de la circulación sanguínea.

1. Vesícula pulmonar.
2. Vena pulmonar.
3. Corazón izquierdo.
4. Arteria aorta.
5. Carótidas y subclavias.
6. Arterias diafragmáticas.
7. Tronco o tripode celiaco.
8. Arteria esplánica;
9. Arteria gástrica.
10. Arteria hepática.
11. Arteria mesentérica.
12. Arterias capsulares.
13. Arteria renal; con
14. Glomérulo de Malpighi y
15. Sistema porta renal.
16. Arteria genital.
- 17 y 18. Arterias ilíacas que van a las extremidades inferiores.
19. Vena renal.
20. Vena cava inferior.
21. Intestino.
22. Vasos linfáticos.
23. Vena porta.
24. Venas supra hepáticas.
25. Cisterna de Pecquet.
26. Corazón derecho.
27. Vena cava superior.
28. Arteria pulmonar.
29. Canal torácico.
30. Gran vena linfática.

Fig. 37

Las paredes de las arterias y venas, por ser órganos vivos necesitan también alimentarse, y para esto poseen unos pequeños vasos arteriales y venosos llamados «vasos de los vasos» (*vasa vasorum*).

Las arterias casi siempre están situadas profundamente entre los demás órganos del cuerpo, para evitar que sean fácilmente heridas, pues debido a las fibras elásticas de su túnica media no se cierran inmediatamente y bien podría vaciarse por su abertura toda la sangre del organismo.

Las únicas arterias que quedan más o menos superficiales son: la «radial» en la muñeca (sirve por esto para tomar el pulso), y la «temporal» en las sienes.

Por efectos del alcohol y del abuso de la carne, las paredes de las arterias se endurecen fácilmente (arterioesclerosis), lo cual predispone para que se formen algunas dilataciones llamadas «aneurismas», las que al reventar producen la muerte inmediata.

**Venas.**—Se llaman así todos esos vasos que llevan sangre al corazón.

Los capilares arteriales se transforman poco a poco, a medida que la sangre entrega oxígeno a los tejidos y se carga de anhídrido carbónico, en capilares venosos. Esto se van uniendo en vasos cada vez más grandes, hasta llegar a formar los grandes troncos venosos que van a desembocar al corazón.

Así por ejemplo a la aurícula derecha van a desembocar las «venas cavas superior e inferior» y la «vena coronaria» del corazón, las cuales se han formado por reunión de capilares, y vasos de orden superior.

La vena cava superior se forma de la reunión de todas las venas que vienen de la cabeza (yugulares) y de las que vienen de las extremidades torácicas (venas subclavias).

La vena cava inferior es el resultado de todas las venas que vienen de las extremidades inferiores, de las «venas renales», de las «suprahepáticas», etc.

También las venas tienen sus paredes formadas por tres túnicas: interna, media y externa. En la túnica media faltan las fibras elásticas. Y a veces falta toda la túnica media. Por eso sus paredes son menos elásticas que las paredes de las arterias.

En el interior de las venas se ven algunos repliegues de la túnica interna en forma de válvulas semejantes a nidos de golondrinas, que sirven para impedir el retroceso de la sangre en su ascensión hasta el corazón.

Las venas están colocadas en el cuerpo, más superficialmente que las arterias.

**Capilares.**—Como se ha dicho, las arterias se resuelven, después de ramificarse abundantemente, en los «capilares». Estos vasos, colocados entre las últimas ramas de las arteriolas y venillas, son conductos finísimos a través de cuyas paredes, que son muy delgadas, se verifican los cambios osmóticos entre la sangre y el aire alveolar.

Por graduaciones insensibles se pasa de las arteriolas a los capilares arteriales, y de éstos a los capilares venosos y después a las venillas y venas, sin que se pueda establecer un límite neto entre estos vasos.

Los capilares más finos tienen un diámetro que fluctúa entre 5 y 8 micrones. Los mayores capilares se encuentran en los huesos y miden entre 20 y 25 micrones.

Las venas y arterias, al resolverse cada vez en vasos más y más pequeños, van perdiendo sus túnicas hasta que en los capilares sólo queda la túnica interna, reducida a una sola fila de células, para poder permitir los intercambios gaseosos.

Las arterias y venas poseen nervios que en la túnica media forman «plexos» o redes nerviosas. Y los capilares poseen «filetes nerviosos», los cuales, por excitación eléctrica, o de otra naturaleza, pueden aumentar o disminuir el calibre del capilar, produciendo la «vasiconstricción» o la «vasidilatación».

**Redes capilares.**—Los capilares poseen la propiedad de poder dividirse y subdividirse sin que disminuya su calibre. Un solo capilar puede, pues, a consecuencia de divisiones sucesivas, suministrar diez, veinte, treinta o más capilares, teniendo cada uno el mismo diámetro de aquel del cual proceden.

Por eso no hay parte del cuerpo que no está invadida por abundantes capilares, cuyo papel fisiológico, como ya lo hemos apuntado, consiste en llevar alimentos a las células y librar a éstas de las sustancias tóxicas.

## S A N G R E

La sangre, en cuanto a tejido, debe ser estudiada en el sexto año de humanidades; pero ahora vamos a dar una ligera idea de su constitución química y de los elementos que la integran.

El material ingerido durante las comidas, y que está destinado a reemplazar las sustancias gastadas por el organismo, es transformado convenientemente por el tubo digestivo, y, una vez elaborado, pasa a los distintos tejidos llevado por un vehículo llamado SANGRE.

La sangre es un líquido que se presenta de color rojo escarlata en las arterias y de un color rojo obscuro en las venas. Esta distinta coloración no se debe a una distinta composición, sino a una mayor o menor proporción de oxígeno.

La sangre es opaca, y esta opacidad la debe a ciertos cuerpos o «elementos figurados» (glóbulos) que tiene en suspensión. De modo que la sangre puede hacerse transparente destruyendo sus glóbulos, especialmente los rojos.

El principio colorante de la sangre es el «hemocromógeno» que forma parte integrante de la «hemoglobina» que se encuentra en los glóbulos rojos; y si se disuelve este principio por destrucción de los glóbulos rojos, la sangre aparece roja pero transparente.

Los glóbulos se disuelven fácilmente en alcohol, eter, cloroformo y agua destilada. La destrucción de los glóbulos se denomina «hemolisis».

Si se recibe la sangre en un recipiente y se deja en reposo, muy pronto se «coagula» y se forma en la parte superficial un líquido transparente de color amarillo ambarino llamado «suero sanguíneo», que no debe confundirse con el plasma sanguíneo.

El coágulo está formado por los glóbulos que son aprisionados por una substancia especial llamada «fibrina», la cual se precipita en la coagulación formando verdaderas redes, en cuyas mallas quedan sujetos los glóbulos.

La sangre está formada por el «plasma» sanguíneo más los elementos figurados en suspensión, tales como los glóbulos rojos, los blancos y las plaquitas.

Y el suero es el plasma sin fibrina y sin elementos figurados.

En el plasma sanguíneo encontramos un 90% de agua, 8 a 9% de substancias orgánicas, y 0,9% a 1% de substancias inorgánicas.

Entre las substancias orgánicas tenemos: albúminas, grasas (0,1 a 0,7 por mil), urea (cantidad normal 0,35 por mil), glucosa (1 y medio por mil), anticuerpos, antitoxinas y alexinas.

La cantidad de sangre que posee un individuo es más o menos, la trece avas partes de su peso total. Así por ejemplo, una persona que pesa 52 kilos, puede tener más o menos cuatro litros de sangre. Pero se cree que esta cantidad es exagerada y se le ha asignado el 5 o 6% del peso total del cuerpo. Así, para 70 kilos corresponden 3 y medio a 4 litros.

Entre las substancias minerales de la sangre tenemos el cloruro de sodio (0,6%), sales de calcio, de potasio, de sodio, etc.

## Elementos figurados de la sangre

Los elementos figurados o elementos celulares o glóbulos de la sangre son los siguientes: los «glóbulos rojos», «eritrocitos» o «hematíes», los «glóbulos blancos» o «leucocitos» y las «plaquetas» o «trombocitos».

Todas estas células se diferencian de las restantes de nuestro organismo por la propiedad de no estar agrupadas en un tejido con elementos unidos por puentes protoplasmáticos, sino que se encuentran separadas entre sí, flotando libremente en el plasma sanguíneo.

**Glóbulos blancos o leucocitos.**—Se llaman así por su carencia de color, que contrasta con la coloración roja de los eritrocitos.

Los hay de diversas clases entre los cuales anotaremos los siguientes:

a) «Linfocitos», que son pequeñas células del tamaño de los glóbulos rojos, provistos de un núcleo esférico.

b) «Leucocitos» mononucleares grandes o «monocitos», de doble o triple tamaño que los eritrocitos. Con núcleo grande, redondo y lobulado.

c) «Leucocitos neutrófilos» con núcleo polimorfo, de la misma talla de los anteriores. Su protoplasma contiene granulaciones que se tiñen tanto con los colorantes básicos como con los ácidos.

d) «Leucocitos acidófilos» o «eosinófilos», con granulaciones gruesas que se tiñen con los colorantes ácidos y en especial con la eosina. De la misma forma y porte de los neutrófilos.

e) «Leucocitos basófilos» o células «cebadas», con núcleo lobulado y granulaciones que se tiñen con los colorantes básicos.

La función de los leucocitos es muy variada. Todos ellos, y en especial los neutrófilos, poseen la facultad de ejecutar movimientos amiboideos mediante pseudópodos que pueden englobar en el protoplasma

microbios y otras partículas. Esta facultad se llama «fagocitosis» y los leucocitos se transforman en «fagocitos» y «células emigrantes», pudiendo atravesar membranas por orificios muy pequeños (diapedesis).

Actuando como fagocitos se apoderan de las partículas extrañas al organismo, así como también de los hematíes de sangre extraña, de los restos de células y de tejidos o de gérmenes de todas clases.

Lo mismo que hacen las amibas, los leucocitos transforman muchos de aquellos cuerpos y los disuelven poco a poco, llevando a cabo una verdadera digestión intracelular. De esta manera actúan los leucocitos como órganos de defensa contra los más peligrosos enemigos de nuestro organismo, los microbios patógenos, y lo limpian también de los productos sólidos de desechos.

Su facultad emigrante la deben a sus propiedades «quimotácticas», es decir, mediante una sensibilidad especial que poseen para los excitantes químicos.

Además de una digestión intracelular, los leucocitos efectúan una digestión extracelular por medio de fermentos especiales que eliminan en el momento que lo necesitan para su función fagocitaria.

En el «pus» se encuentra por este motivo, gran cantidad de leucocitos, que reciben el nombre de «piocitos».

Los leucocitos se encuentran en la sangre en una proporción de cinco mil a diez mil por milímetro cúbico de sangre. En ciertos casos patológicos pueden aumentar o disminuir, llegando a la gran suma de 500.000 por milímetro cúbico de sangre (leucemia).

**Glóbulos rojos, eritrocitos e hematíes.**—Tienen forma de discos circulares cuyo diámetro mide más o menos 7 micrones. La parte central del disco está deprimida por falta de núcleo, de modo que visto de perfil aparece con la forma de un ocho, o como una lente biconcava.

El número de glóbulos rojos es, por término medio, de 5 millones por milímetro cuadrado, en el hombre; y de 4,5 millones en la mujer.

En una persona que tiene 5 litros de sangre el número de glóbulos rojos se eleva a la suma de 25 mil millones, cuya superficie total, obtenida por la suma de las superficies de todos los eritrocitos, asciende a unos 3.500 metros cuadrados. O sea, una superficie que es más o menos, 2.000 veces mayor que la de nuestro cuerpo.

Los hematíes se aglutinan formando especies de «pilas de monedas» y estas pueden formar grandes cúmulos perceptibles a la simple vista, tan pronto como deja de circular la sangre.

Los glóbulos rojos contienen en su interior una substancia de extraordinaria importancia: la «hemoglobina», que es la encargada de llevar el oxígeno a los tejidos, por el torrente arterial; y traer el  $\text{CO}_2$  para ser expulsados por la espiración, por medio de la corriente venosa.

La hemoglobina es un proteido formado por una proteína, la «globulina» y, en ausencia de oxígeno, un pigmento, el «hemocromógeno»; en presencia de oxígeno, la «hematina».

Con el ácido clorhídrico da un ester muy poco soluble denominado «hemina», que cristaliza con facilidad para formar los llamados «cristales de Teichmann», los cuales son utilizados en medicina legal para demostrar la presencia de sangre en las manchas dudosas que lo contengan.

El hierro forma parte de la hemoglobina, estando contenido especialmente en la hematina.

La fijación del oxígeno se verifica íntegramente en los hematíes, lo mismo que el anhídrido carbónico. De modo que los eritrocitos están al servicio de la función respiratoria. Con el oxígeno se forma la «oxihemoglobina» y su reacción es reversible.

En cuanto al anhídrido carbónico, no sólo lo fijan los hematíes sino también el plasma sanguíneo.

Por último vamos a decir dos palabras acerca de algunas reacciones de la hemoglobina. Tratándola por el ácido sulfúrico concentrado, se separa el hierro y se obtiene un pigmento de color pardo rojizo llamado «hematoporfina». Este pigmento es, químicamente, afin con la bilirrubina. Y un producto de desdoblamiento de la hematoporfirina es el «hemopirrol» que presenta gran semejanza con la clorofila de las plantas.

**Origen de los glóbulos.**—Se calcula que los glóbulos alcanzan una edad de 3 a 4 semanas, al fin de las cuales mueren o son destruídos. Los principales centros de destrucción son: el hígado y el bazo.

En el hígado su destrucción es muy interesante, porque este órgano aprovecha el material del glóbulo para producir bilirrubina.

El otro órgano hemolítico es el bazo, cuyas células envuelven con sus pseudópodos a los glóbulos y los digieren.

Sobre el origen de los glóbulos se ha discutido mucho, pero hoy se sabe que se forman en los órganos «hematopoyéticos» (formadores de sangre), tales como el hígado, el bazo y la médula de los huesos.

Estos órganos poseen unas células especiales llamadas «eritroblastos» y «linfoblastos», que evolucionan poco a poco hasta transformarse en glóbulos rojos y glóbulos blancos respectivamente.

Las «plaquitas» se encuentran en proporción mayor que la de los glóbulos blancos. Su número es, por término medio, de 200.000 a 300.000 por milímetro cúbico de sangre. Son muy pequeñas (1,5 a 3 micrones), su naturaleza misma aún no es bien conocida, y hay autores que le dan una gran importancia en la coagulación de la sangre, pues ayudaría a la precipitación de la fibrina.

## Transfusión de sangre y grupos sanguíneos

La transfusión de sangre se hace con el objeto de restaurar el volumen normal de sangre. Los líquidos empleados con este objeto pueden ser de tres clases:

- 1.—Soluciones salinas
- 2.—Soluciones gomosas
- 3.—Sangre total.

En los casos en que la disminución del volumen sanguíneo se debe a la dishidratación de los tejidos y a la pérdida de agua por la sangre, se usa la inyección intravenosa o subcutánea de solución salina, con glucosa.

Cuando disminuye el volumen sanguíneo por una hemorragia o un schok traumático, producen un gran efecto las inyecciones de una solución de goma de acacia al 6% en solución salina. La presión osmótica y viscosidad de esta solución son muy semejantes a las del plasma.

Bayliss demostró que la solución gomosa, muy usada durante la Guerra Mundial, puede ser retenida por mucho tiempo en el interior de los vasos. Un animal, al cual se le efectúa una sangría en que pierde el 40% del volumen de sangre, casi siempre muere. En cambio un animal puede soportar la pérdida del 70% de su sangre si se le restituye la cantidad perdida en forma de solución gomosa.

### Sangre total

La sangre humana es el líquido ideal para la transfusión en el hombre. A continuación damos una lista de los casos en que es más empleada:

Hemorragia,

Enfermedades hemorrágicas, tales como la hemofilia, púrpura hemorrágica, anemias y leucemias <sup>(1)</sup>,

---

<sup>(1)</sup> Afección cuya característica anatómica es el aumento considerable de los glóbulos blancos de la sangre.

Schock (heridas, quemaduras),  
Desnutrición de los niños, intoxicaciones agudas,  
Afecciones sépticas, septicemia.

El más antiguo método de transfusión se realizaba anastomosando la vena del paciente (receptor) con una arteria de la persona que daba su sangre (donante); pero desde hace mucho tiempo no se emplea este procedimiento. Hoy se usa una jeringa grande de cristal con la cual se extrae la sangre de una vena del donante y se inyecta inmediatamente en una vena del paciente, sin agregar substancia alguna para evitar la coagulación.

Las precauciones que deben tenerse en cuenta para realizar una transfusión, son las siguientes:

a) El donante no debe padecer enfermedad alguna o predisposición para ellas.

b) Comprobar que la sangre del donante es compatible con la del paciente, pues de otra manera pueden dar lugar a resultados muy graves y aún fatales.

En Europa, ahora, se está usando «sangre depositada» haciéndola incoagulable por medio de citrato de sodio o de la heparina, y conservada a 1.º C. Así pueden llevarse a los hospitales militares grandes cantidades de sangre preparada para la transfusión, pues durante 10 ó 15 días.

### Grupos sanguíneos

Es importante dar una idea ligera sobre este particular, debido a que la transfusión de sangre de grupo distinto al del receptor, da lugar a que se presenten síntomas de intensa gravedad. Entre ellos tenemos, latidos dolorosos, angustia, cianosis, pulso rápido y filiforme y otras manifestaciones de colapso grave que con frecuencia terminan fatalmente. La aparición de la hemoglobina en la orina es un síntoma casi obligado.

De acuerdo con la clasificación de Jansky, que es la más comunmente empleada, la sangre de una persona puede corresponder a cada uno de cuatro grupos perfectamente diferenciados y que se designan respectivamente con los números romanos I, II, III y IV.

La clasificación se basa en la posesión de sustancias que son capaces de producir la aglutinación y desintegración posterior de los glóbulos extraños que llegan por transfusión. Estos corpúsculos aglutinados o desintegrados producen la obstrucción de los vasos sanguíneos. Los túbulos renales, principalmente, se llenan completamente de hemoglobina producida por la ruptura abundante de glóbulos rojos. Por eso se paraliza la secreción urinaria y en algunos casos se presentan trastornos anafilácticos (1).

#### Clasificación de los grupos sanguíneos (Jansky)

Glóbulos	Suero			
	I	II	III	IV
I	—	—	—	—
II	+	—	+	—
III	+	+	—	—
IV	+	+	+	—

+ significa, aglutinación;

— significa, no hay aglutinación.

- Grupo I.**— El suero aglutina a los hematíes de los otros tres grupos. Los glóbulos de este grupo no son aglutinados por ningún suero.
- Grupo II.**— El suero aglutina a los eritrocitos de los grupos III y IV, pero no a los correspondientes a los grupos I y II. Los hematíes son aglutinados por el suero de los grupos I y II, pero no por el de los grupos II y IV.
- Grupo III.**— El suero aglutina las células rojas de los grupos II y IV, pero no las de los grupos I y III. Los glóbulos de este grupo son aglutinados por el suero de los grupos I y II, pero no por el de los grupos III y IV.
- Grupo IV.**— El suero de este grupo no aglutina corpúsculo alguno. Sus hematíes son aglutinados por el suero de todos los demás grupos.

Se verá que los glóbulos del grupo I (línea horizontal) no son aglutinados por ningún suero y por ello se les llama «donantes universales», porque cuando una sangre de este tipo es transfundida a un miembro de cualquiera de los otros grupos, no se produce, como regla general, la aglutinación de sus hematíes.

Pero los términos «donante universal» y «receptor universal», es menester usarlos con todo cuidado. Lo más seguro es usar sangre del mismo grupo al cual pertenece el receptor, a menos que sea imposible obtenerla en el momento que se hace más indispensable para salvar una vida.

### Coagulación de la sangre

Hasta hace poco tiempo se aceptaba la teoría de la coagulación sanguínea sostenida por Howell, la cual ha sido recientemente revisada por Mellanby.

En la sangre existen los siguientes elementos que forman el aparato propicio para efectuar la coagulación:

- a) Protrombina o trombógeno
- b) Sales de calcio
- c) Anti-protrombina (heparina)
- d) Fibrinógeno
- e) Tromboquinasa (sólo en los tejidos heridos).

La conversión del fibrinógeno en fibrina, substancia que produce el coágulo atrapando entre sus mallas los glóbulos rojos, los blancos y las plaquetas, se produce por acción de un fermento denominado trombina.

En la sangre circulante sólo encontramos protrombina, la cual por acción de las sales de calcio se transforma en trombina activa.

¿Por qué la sangre circulante, que contiene iones de calcio y protrombina, permanece líquida en los vasos sanguíneos?

Esto se explica por la teoría que acepta la existencia de una anti-protrombina o «heparina», también existente en la sangre circulante, la cual impide que el calcio actúe sobre la protrombina.

La heparina existe en pequeñas cantidades en la sangre de los mamíferos, y en mayor cantidad en la sangre de las aves, la cual impide la coagulación intravascular.

¿Por qué la sangre sólo se coagula cuando se extrae de los vasos?

Esto se debe a que los tejidos lesionados producen una substancia especial denominada «tromboquinasa» que neutraliza la anti-protrombina y permite la conversión de la protrombina en trombina, por acción de los iones de calcio.

En consecuencia son cuatro las substancias indispensables para que se produzca la coagulación de la sangre: protrombina, calcio, fibrinógeno y tromboquinasa.

Reproducimos a continuación un esquema acerca de la coagulación:

Anti-protrombina + tromboquinasa	=	Protrombina
Protrombina + ión calcio	=	Trombina activa
Trombina + fibrinógeno	=	Fibrina que produce el coágulo.

Mellanby encontró que la protrombina y la trombina tenían características de enzimas o fermentos, por lo que las denominó «protrombasa» y «trombasa», respectivamente.

Este último investigador demostró que, en contra de la teoría de Howell, el calcio no es capaz por sí solo de activar la protrombina para transformarla en trombina activa. Por eso dice que la conversión de la protrombina en trombina es «efectuada por la tromboquinasa», pero «en presencia de los iones de calcio».

Mellanby considera que la heparina es una anti-trombasa y no una anti-protrombina. Esto es, que la heparina no evita la conversión de la protrombina en trombina, sino que inactiva a esta última «una vez que se ha formado».

Sería la tromboquinasa quien transforma la protrombina en trombina activa, al mismo tiempo que neutraliza la acción de la heparina y, por consiguiente, cuando la trombina y la heparina (antitrombina) se encuentran presentes en proporciones suficientes para mantener el estado líquido de la sangre, podemos conseguir la coagulación agregándole tromboquinasa. Y el resultado no es alterado por las sales de calcio.

## LA CIRCULACION

La sangre circula en un sistema de vasos cerrados, dividido en sistema arterial y sistema venoso.

Para que la sangre pueda circular es preciso una diferencia de presión, pues si ésta fuera igual en todos los vasos, el líquido sanguíneo estaría inmóvil. Y es el corazón quien se encarga de producir estas diferencias

de presión, mediante la contracción de sus paredes, expulsando la sangre por los orificios de los ventrículos que dan nacimiento a la aorta y a la arteria pulmonar.

La sangre cargada de oxihemoglobina (sangre pura) viene de los pulmones por las venas pulmonares y llega a la aurícula izquierda del corazón, llenando por completo esta cavidad. Luego se contraen las aurículas y obligan a la sangre a pasar al ventrículo correspondiente. Este también se llena a su vez y luego sus paredes se contraen, pero la sangre no vuelve a la aurícula por impedírselo la válvula mitral; en vista de lo cual la sangre pasa a la aorta, abriendo las válvulas sigmoideas.

Por la aorta la sangre pura (con oxígeno en forma de oxihemoglobina) llega a todas sus ramificaciones y por fin a los capilares y de aquí pasa a los capilares venosos y a las venas, pero ahora con sangre cargada de anhídrido carbónico, para volver al corazón, por medio de las venas cavas, a la aurícula derecha. Esta, una vez llena, se contrae también, al mismo tiempo que la aurícula izquierda, enviando la sangre al ventrículo derecho y de aquí a la arteria pulmonar. No retrocede la sangre al pasar de la aurícula derecha al ventrículo del mismo lado por impedírselo la válvula tricúspide.

La arteria pulmonar lleva la sangre a los pulmones en cuyas vesículas se purifica despojándose del anhídrido carbónico y tomando nuevamente oxígeno. De aquí vuelve la sangre al corazón, a la aurícula izquierda, por intermedio de las venas pulmonares, punto de donde la tomamos para seguirla en su trayecto por todo el cuerpo.

Como se ve, la sangre pasa dos veces por el corazón: una vez pura cuando viene de los pulmones, y otra vez pura cuando va hacia los pulmones.

Se llama «circulación mayor» al circuito que recorre la sangre desde el corazón, pasando por los tejidos del organismo y volviendo al corazón.

Y se llama «circulación menor» al circuito que recorre la sangre al salir del corazón para ir a los pulmones a purificarse y volver nuevamente al corazón para ser enviada a todo el cuerpo.

En la circulación mayor la primera parte del recorrido (aorta y sus ramificaciones hasta los capilares) se hace con sangre buena (con oxígeno), y la segunda parte con sangre mala (con anhídrido carbónico). Esta segunda parte comprende desde los capilares venosos hasta las venas cavas y la entrada de la aurícula derecha.

En la circulación menor, por el contrario, la primera parte de su circuito se hace con sangre mala, y la segunda parte con sangre buena.

### Movimientos del corazón

Las aurículas se contraen a un mismo tiempo, fenómeno que se conoce con el nombre de «sístole auricular». Una vez que las aurículas han enviado toda su sangre a los ventrículos, se dilatan, fenómeno que se denomina «diástole auricular». (Fig. 38).

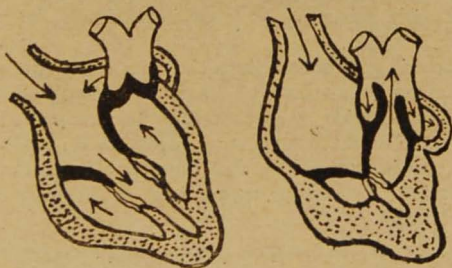


Fig. 38

Representación esquemática de los movimientos de las válvulas cardíacas.

A.—Sístole auricular y diástole ventricular.

B.—Sístole ventricular y diástole auricular.

Posiblemente esto se debe a que el corazón siempre trabaja «al máximo», gastando de una vez toda la energía de que dispone en cada momento.

### La función cardíaca in situ

Las observaciones antes enunciadas se refieren al corazón separado del cuerpo. Ahora vamos a estudiar el funcionamiento del corazón in situ, es decir, encerrado en la caja torácica.

Desde este punto de vista la actividad del corazón se manifiesta de tres maneras diferentes: por «el choque de la punta»; por «los tonos cardíacos» o ruidos; y por las «corrientes de acción».

El choque de la punta consiste en una pequeña conmoción que se nota en la pared torácica, la cual se puede palpar en el adulto frente al nivel del quinto espacio intercostal. El choque de la punta se percibe al mismo tiempo que el pulso de la carótida o de la radial, de lo que se deduce que se produce en el sístole de los ventrículos.

Los tonos cardíacos o ruidos del corazón, son en números de dos en cada latido y se pueden oír aplicando directamente el oído a la parte torácica o por medio de un estetoscopio. Estos tonos están más o menos relacionados con el movimiento de las válvulas cardíacas.

En cada revolución cardíaca se distinguen estos dos ruidos: el primero, llamado «tono sistólico» y el segundo «tono diastólico». El primero, como veremos más adelante, es más grave y largo que el segundo. Es que el primero es un tono «muscular» y el segundo es un tono «valvular».

Para demostrarlo podemos auscultar un corazón separado del cuerpo, que sigue latiendo pero no tiene sangre, y se percibirá todavía el primer tono, aunque debilitado, pero no el segundo, pues no necesitan funcionar las válvulas por no haber líquido sanguíneo.

Lo mismo pasa con los ventrículos que se contraen a un mismo tiempo, constituyendo primero el «sístole ventricular» y después el «diástole ventricular».

Esta sucesión de contracciones y dilataciones es lo que se llama «revolución cardíaca».

El número de movimientos por minuto es de 70 a 75 revoluciones cardíacas. En un niño de 10 años es de 80 a 85 y en los ancianos de 50 a 60 años, de 75 a 80 movimientos por minuto. Este número varía también en el día en un mismo individuo, pues es menor en el sueño y aumenta después de cada comida.

### Excitabilidad del músculo cardíaco

#### Ley del todo o nada

El músculo cardíaco responde mucho más lentamente que los otros músculos estriados a las excitaciones, ya sean de orden mecánico, eléctrico o de otra naturaleza.

Otra particularidad del corazón consiste en que, mientras los músculos del aparato locomotor responden con una contracción mínima y proporcional a la intensidad del excitante, el músculo cardíaco reacciona con una contracción máxima, incluso ante los excitantes más leves. **En el corazón la contracción es siempre máxima e independiente de la intensidad de la excitación.**

El corazón obedece, como ha dicho el fisiólogo Bowditsch, a la «Ley del todo o nada».

Una tercera particularidad del corazón es la de su «estado refractario». Cuando a un músculo común del aparato locomotor que está contrayéndose por la acción de un excitante o está en vías de relajación se le aplica una segunda excitación, se produce inmediatamente una nueva contracción que se superpone a la primera.

No sucede lo mismo en el miocardio. Durante el transcurso del sístole, se muestra refractario, para recobrar lentamente durante el diástole, su excitabilidad.

Del mismo modo, si en un corazón in situ impedimos el cierre de las válvulas aurículoventriculares, veremos que se sigue percibiendo el primer tono.

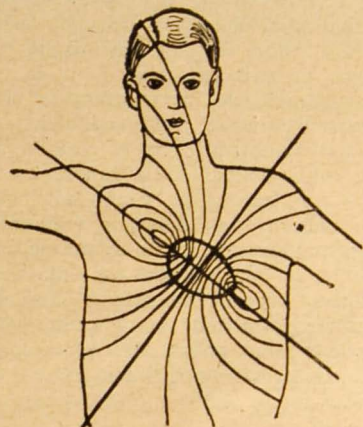


Fig. 39

o

Distribución por el organismo de las tensiones eléctricas desarrolladas por la actividad del corazón (según Waller).

Si bien es cierto que los tonos cardíacos son muy débiles, sin embargo tienen gran importancia clínica, pues sus anormalidades sirven al médico para diagnosticar ciertos estados patológicos. Así es como un médico puede percibir exactamente, por medio de la auscultación del corazón, la válvula enferma y la clase de lesión. En vez de la simple auscultación hoy día se usa el «registro objetivo de los tonos cardíacos», lo cual se consigue por medio de trompetillas acústicas, y la impresión de «fonocardiogramas».

El funcionamiento del corazón se puede manifestar al exterior también por las «corrientes de acción».

Sabemos que la excitación de todo órgano va acompañada de «corrientes eléctricas de acción», lo cual se puede demostrar poniendo el órgano en comunicación directa con electrodos que vayan a parar a un instrumento indicador del paso de una corriente (galvanómetro). En estos órganos, lo mismo que en el corazón, y por un principio físico que la electricidad se va a la superficie de los cuerpos, la corriente de acción puede ser derivada a la superficie externa del organismo. Para demostrarlo en el corazón se procede de suerte que el individuo de la experimentación tome los electrodos con las manos y aquellos se ponen en comunicación con un galvanómetro. (Fig. 39).

Si se registran las corrientes de acción inscribiendo fotográficamente los movimientos del hilo del galvanómetro, se obtiene un «electrocardiograma», que en el hombre es una gráfica muy complicada que presenta, según Einthoven, varias ondas características. Esta gráfica presenta numerosas modificaciones en circunstancias patológicas.

### **Ruidos del corazón**

Aplicando el oído en la pared torácica, frente al corazón se perciben dos ruidos perfectamente nítidos. Uno bajo y prolongado (vuum) y otro alto y corto (tup). El primer ruido se oye durante el sístole ventricular y el segundo se produce cuando cesa el primero y coincide con el fin del sístole ventricular y empieza el diástole.

Es importante conocer los ruidos del corazón porque se puede producir una estrechez en los orificios valvulares, dando lugar a los «soplos» que se pueden percibir en una buena auscultación.

### **Velocidad de la corriente**

Debido al aumento del número de vasos sanguíneos, la velocidad de la sangre va disminuyendo desde el corazón a los capilares, pues la velocidad es inversamente proporcional a la amplitud de los vasos.

En el hombre la velocidad de la sangre en la aorta es de 50 centímetros por segundo, y de un milímetro solamente en el sistema capilar, es decir, 500 a 600 veces más lenta. De donde deducimos que el sistema capilar se ha ensanchado 500 a 600 veces.

El origen de la aorta es el punto más estrecho de todo el sistema circulatorio, y es por lo tanto aquí donde la sangre lleva su mayor velocidad.

### **Pulso**

El pulso es una sensación de choque que se siente al palpar una arteria superficial, y se debe a una variación de la presión arterial en cada sístole ventricular. No es producido, como se cree, por el paso de una masa de sangre, sino por aumento de la presión.

Los puntos más indicados para tomar el pulso son las arterias superficiales, tales como la radial en la muñeca y la temporal en las sienas.

### **Presión sanguínea**

La tensión arterial o presión de la sangre en las arterias, es la reacción de la arteria a la presión lateral que ejerce sobre sus paredes la sangre que ellos contienen.

El primero que midió la presión sanguínea fué Stephan Halles, en el siglo XVIII, quien introdujo directamente en la carótida de un caballo un tubo de vidrio bastante fino de tres metros de altura. La sangre subió por este tubo 2 metros, de donde inferimos que una columna de sangre de dos metros de altura es capaz de equilibrar la presión atmosférica. Esta cantidad hay que reducirla a milímetros de mercurio, para lo cual se divide por 13,5 que es la densidad del mercurio, con lo cual se encuentra que la sangre tiene más o menos una presión normal de 150 milímetros o sea de 15 centímetros.

En realidad la presión es, por término medio, de 180 milímetros para todo el sistema arterial.

En las venas encontramos una presión muy baja. En el origen de las venas es de un quinceavo de la presión de la aorta. En la vena femoral hay 11 milímetros de presión y en las venas más próximas al corazón alcanza sólo a décimos de milímetros.

Pero esa gran baja de la presión está subsanada por la aspiración que ejercen las aurículas en el torrente circulatorio. Por lo cual son muy peligrosas las heridas en las venas del cuello, porque estas venas están sometidas a la aspiración de las aurículas y éstas pueden aspirar aire, lo cual produce una muerte rápida, aún en pequeñas cantidades.

Es muy importante observar la presión arterial en la enfermedad llamada «arterio-esclerosis».

Las paredes de los vasos son bastante resistentes, pero en la arterio-esclerosis son muy quebradizas y un pequeño aumento de presión (al ingerir un exceso de alcohol o por un trabajo forzado) produce su ruptura, y si ésta se efectúa en el cerebro, sobreviene una hemorragia cerebral que casi siempre es fatal.

### **Ritmicidad cardíaca. Inervación**

Se llama ritmicidad a la propiedad que presentan las fibras cardíacas de contraerse y dilatarse periódicamente. Pero se sabe que la causa que produce estas contracciones rítmicas la lleva el corazón en su propia estructura, por lo que se dice que es una autoritmicidad.

De todo esto se infiere que el sistema nervioso no interviene en este fenómeno rítmico, y sólo actúa para modificar las contracciones, ya sea acelerándolas o retardándolas. Su acción es puramente reguladora.

El nervio vago o neumogástrico es moderador; el simpático es acelerador.

Si se secciona el nervio vago, el corazón queda sometido a la acción del simpático y éste acelera el trabajo del corazón exponiéndolo al cansancio.

Ahora, si se seccionan los aceleradores, queda el corazón sometido a la acción del vago y se observa una disminución en el número de latidos.

Muchas veces una emoción fuerte o una causa físico química influyen sobre estos nervios acelerando o retardando los movimientos del corazón, con lo cual se expone el individuo a sufrir un «síncope» y aún la muerte.

### Origen de las contracciones rítmicas del corazón

Antes de estudiar esta importante cuestión, tenemos que decir dos palabras acerca de la anatomía del corazón.

Este órgano es un «sincitio» de células musculares estriadas, al cual se suma un plexo nervioso compuesto de células y fibras; las células nerviosas están en parte formando ganglios.

Las **fibras musculares** de las aurículas constituyen una capa de poco espesor, cuya organización está de acuerdo con el escaso trabajo que deben ejecutar para propulsar la sangre hacia los ventrículos.

Los ventrículos tienen sus paredes más gruesas, siendo las del izquierdo más gruesas que las del derecho.

Por la cara interna del corazón se extienden unas fibras especiales que forman el llamado «sistema conductor de la excitación». Este sistema presenta unos engrosamiento o nódulos en dos lugares distintos: uno en la pared de la aurícula derecha, delante de la vena cava superior, llamado «nódulo sinusal de Keith-Flack»; y el otro, junto al tabique interauricular, también en la pared de la aurícula derecha, inmediatamente por encima del límite aurículoventricular, llamado «nudo de Aschoff-Tawara».

El primer nódulo está al servicio de la musculatura auricular. El segundo emite un robusto hacecillo, llamado «fascículo de His» que se desparrama por la pared ventricular.

Por otra parte, el sistema nervioso del corazón consiste en un plexo de mallas angostas extendido en todos sentidos y en cuyos puntos de intersección hay células nerviosas. Estas células forman diversos ganglios o agrupaciones nerviosas que han recibido diversos nombres.

Sabemos que el corazón de una rana separado del cuerpo sigue ejecutando contracciones rítmicas durante varias horas. En cambio el corazón de los mamíferos, para hacerlo, exige que se le provea de abundante cantidad de oxígeno, para lo cual se le inyecta suero de Ringer saturado de oxígeno y a la temperatura del cuerpo.

Por el mismo procedimiento se consigue también hacer funcionar corazones humanos que han sido conservados en hielo, incluso un día después de la muerte.

Ya hemos dicho que el corazón, lo mismo que el estómago, los intestinos y el centro respiratorio, es un órgano «rítmico-automático».

¿En cuáles elementos cardíacos residen las facultades automáticas?

Se cree, basados en diversas e interesantes experiencias, que los estímulos rítmicos del corazón se producen en primer lugar en el nódulo sinusal de Keith-Flack y desde aquí se propagan al resto del corazón, determinando primeramente la contracción de la musculatura de las aurículas, la cual a su vez, pone en actividad el nódulo de Tawara.

Si eliminamos la influencia del nódulo de Keith-Flack, las contracciones que ejecuta el corazón se verifican exclusivamente a favor del automatismo que poseen las aurículas y los ventrículos y el estímulo parte del nódulo de Aschoff-Tawara.

De donde se deduce que «el funcionamiento del corazón no es de naturaleza nerviosa, como pudiera creerse por su inervación; pero tampoco es de naturaleza muscular, siendo entonces un órgano rítmico automático especial».

Hoy día todavía se disputa la verdad científica los partidarios de la naturaleza «neurógena» y los de la naturaleza «miógena».

### **Nervios vasculares o vasomotores**

Al excitar el simpático cervical del conejo palidece la oreja del animal y sus vasos se estrechan. Más, si se excita la cuerda del tímpano se dilatan los vasos sanguíneos de la glándula submaxilar y la sangre sale impetuosamente de la vena seccionada.

Según esto hay nervios «vasoconstrictores» y nervios «vasodilatadores»; unos y otros pertenecen al sistema nervioso simpático.

Los constrictores actúan provocando la contracción de las fibras musculares lisas dispuestas circularmente en la pared de arterias y venas. Los dilatadores actúan ensanchando los vasos por acción contraria a dicha dilatación.

Los vasoconstrictores son, en general, más sensibles que los vasodilatadores a toda clase de influencias exteriores.

El centro vasoconstrictor general se encuentra en la médula oblongada.

### **Enfermedades del corazón**

El alcohol, la nicotina, los alcaloides, y en general todos los tóxicos, incluso los que existen en la carne, producen un efecto pernicioso sobre el corazón y todo el sistema vascular.

El corazón de la rana que puede seguir latiendo durante muchas horas después de extraído del cuerpo

del animal, muere inmediatamente que colocamos sobre él una gota de alcohol.

Las palpitaciones del corazón, la degeneración fibrosa, la dilatación, la irritabilidad, etc., son enfermedades producidas muchas veces por el abuso de dichos tóxicos o por la falta de una vida al aire libre, con mucho oxígeno, luz y sol en abundancia.

También los ejercicios violentos pueden producir serios trastornos cardíacos cuando son practicados en forma exagerada.

Y por último, existen algunas enfermedades congénitas, como las deformaciones cardíacas que son producidas por agentes patógenos como el bacilo de la tuberculosis y el treponema de la sífilis.

## CAPITULO V

### EXCRECION

Los riñones, lo mismo que las glándulas sudoríparas de la piel, producen sustancias tóxicas que están destinadas a ser eliminadas.

Los riñones son órganos de «excreción», lo mismo que los pulmones en cuanto eliminan anhídrido carbónico y el intestino grueso las materias fecales.

Por eso, si se extirpan los riñones, se acumulan en el organismo muchos cuerpos tóxicos que pueden llegar a producir la muerte.

Como ya hemos dicho, la sangre es el vehículo encargado de recoger los productos de la digestión y el oxígeno de la respiración para llevarlos a todos los tejidos del organismo. Pero también hemos agregado que la sangre recoge los productos de la actividad vital, de la desasimilación, que en dichos tejidos ha producido el metabolismo celular.

La sangre, pues, a la vez que ayuda a la corriente anabólica, lleva también las sustancias tóxicas de la desasimilación para que sean eliminadas en distintas partes del organismo. Esta es la corriente «catabólica».

Los productos gaseosos de la desasimilación, vapor de agua, anhídrido carbónico, etc., son eliminados por la respiración pulmonar y cutánea. Y las sustancias líquidas tienen aparatos especiales de eliminación, y éstos son los riñones y las glándulas sudoríparas de la piel.

#### Descripción del aparato excretor renal

El aparato excretor renal se compone de dos partes: un órgano excretor, el RIÑON, que produce la orina, y un sistema de conductos excretores que recogen este líquido y lo llevan al exterior. Estos con-

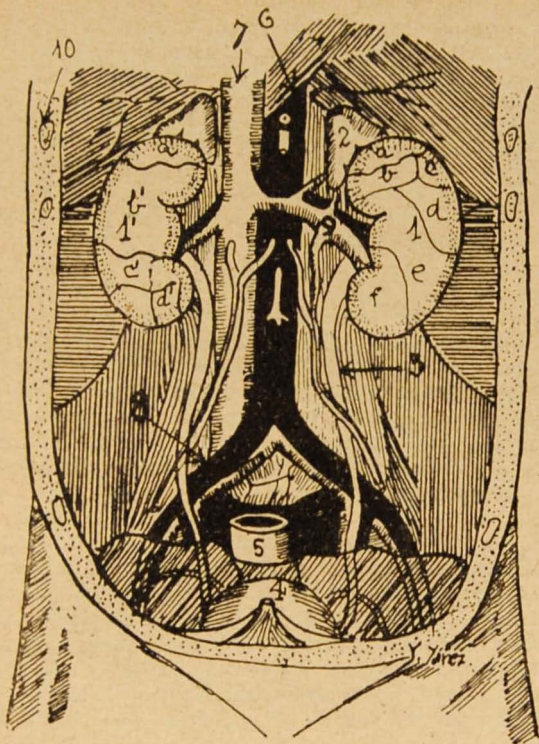


Fig. 40

- 1.—Riñón izquierdo con sus relaciones: a) cápsula suprarrenal izquierda; b) cola del páncreas; c) Bazo; d) Fondo mayor del estómago; e) colon descendente; f) asas intestinales.
- 1'.—Riñón derecho con sus relaciones: a) cápsula suprarrenal derecha; b) hígado; c) colon; d) segunda porción del duodeno.
- 2.—Cápsulas suprarrenales.— 3. Uréter.— 4. Vejiga urinaria.
5. Intestino grueso: porción prerectal.— 6. Arteria aorta.—
7. Vena cava inferior.— 8. Arterias ilíacas primitivas.—
9. Vena renal.

ductos excretores están formados: 1.º, por el «URETER» correspondiente a cada riñón; 2.º, por la «VEJIGA URINARIA», lugar donde se acumula la orina; y 3.º la «URETRA», que es el conducto excretor de la vejiga, que pone en comunicación este órgano con el exterior. (Fig. 40).

**Riñones.**—En número de dos, uno derecho y otro izquierdo, constituyen la parte fundamental del aparato urinario. Ocupan la parte posterior del abdomen y están recostados a los lados de la columna vertebral, a la altura de las dos últimas vértebras dorsales y de las dos o tres primeras lumbares. (Fig. 41).

El riñón derecho está comúnmente situado algo más bajo que el izquierdo, tal vez debido a la presión que ejerce el hígado sobre dicho riñón.

Generalmente en la mujer los riñones son menos elevados que en el hombre.

Las dimensiones del riñón son muy variables. Cada uno tiene por término medio 12 centímetros de longitud por 7 centímetros de ancho y 3 de espesor.

Su volumen es de 130 a 150 centímetros cúbicos; su peso, de 135 a 155 gramos. Pero el peso varía también según los sexos, siendo menor en la mujer.

La forma de cada riñón es de un poroto, con una escotadura hacia el lado interno, por donde penetra la arteria renal y sale la vena renal. Esta escotadura o depresión se llama «hilio» del riñón.

Sobre los riñones existen unas glándulas de secreción interna, las CAPSULAS SUPRA RENALES, las que, debido a la hormona que producen (adrenalina), tienen una gran influencia en la presión sanguínea y en el mantenimiento del «tonus» o energía vascular.

Los riñones están cubiertos por una cápsula fibrosa de coloración blanquecina, delgada pero resistente, llamada túnica «albugínea».

Haciendo un corte longitudinal por el medio de un riñón observamos las siguientes partes, de dentro

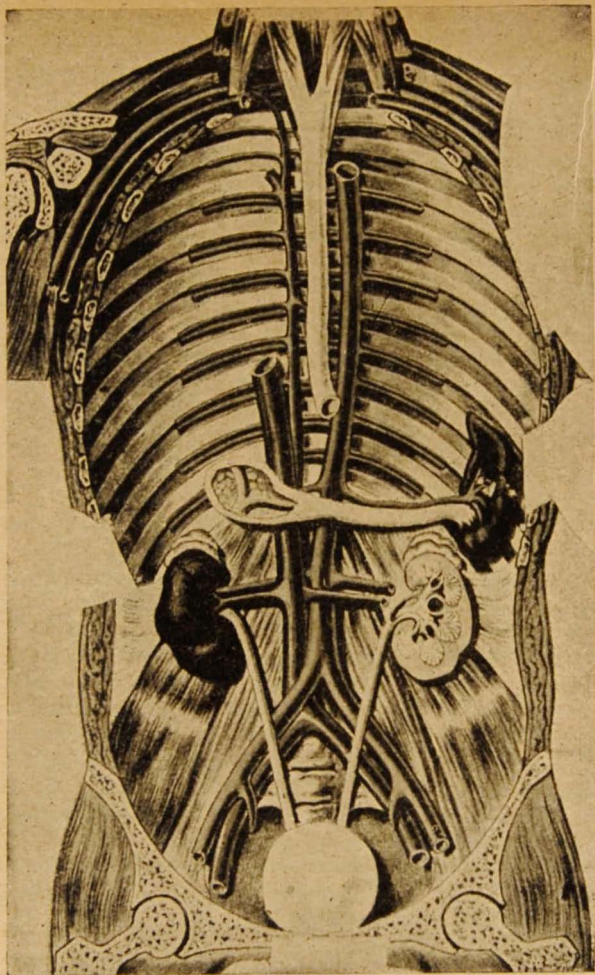


Fig. 41

Posición de los Riñones en la cavidad abdominal, de los Ureteres, Vejiga urinaria y Arterias y Venas renales. Sobre los Riñones se notan las Cápsulas Suprarrenales.

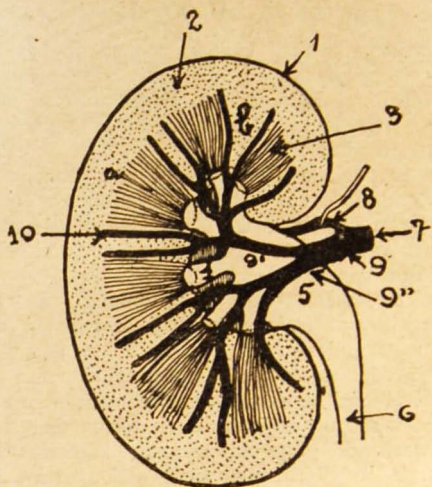


Fig. 42

Corte por un riñón. — Dibujo esquemático

1. Membrana albugínea.— 2. Zona cortical granulosa.— 3. Zona medular fibrosa: a) pirámides; b) columnas de Bertin.— 4. Cálices renales.— 5. Pelvis renal.— 6. Uréter.— 7. Arteria renal.— 8. Rama de bifurcación posterior de la arteria renal.— 9. Rama de bifurcación anterior, con 9') su rama superior; 9'') su rama inferior.— 10. Arterias peri-piramidales.

hacia fuera: 1.º, una cavidad que se continúa hacia fuera en el ureter correspondiente; esta cavidad se llama «pelvis renal» o «bacinete», la cual se comunica hacia dentro con otras pequeñas cavidades llamadas «cálices del riñón». Sigue hacia fuera otro tejido propio del riñón diferenciado en la «zona medular», fibrosa interna, y la zona externa granulosa, llamada «zona cortical» o «periférica». (Fig. 42).

## Estructura interna del riñón

En la zona cortical existen unos pequeños gránulos llamados «corpúsculos de Malpighi», que están diseminados entre una infinidad de tubos que se continúan hacia la pelvis renal, determinando el aspecto fibroso de la zona medular.

Cada corpúsculo de Malpighi está constituido por un glomérulo u ovillo capilar, formado por una ramificación de la arteria renal. Envolviendo este glomérulo existe una cápsula de doble pared denominada «cápsula de Bowmann».

Entonces tenemos que el corpúsculo de Malpighi está formado por el glomérulo y la cápsula de Bowmann correspondiente.

Las paredes de la cápsula dan nacimiento al «tubo urinífero», el cual se continúa en el «tubo contorneado», llamado así porque es sinuoso en forma de gusano. Al tubo contorneado sigue la «asa de Henle» que es el mismo tubo urinífero que viene del corpúsculo, pero que toma la forma de una letra U, con una rama delgada (la descendente) y otra rama gruesa (la ascendente). Sigue nuevamente un tubito corto que va a desembocar en el «tubo colector», donde desembocan igualmente muchos tubitos provenientes de otras tantas asas de Henle. (Fig. 43).

El conjunto de tubos o canales colectores forman lo que se llama una «pirámide de Malpighi», existiendo entre 20 y 30 canales por cada pirámide. Y en cada riñón se encuentran entre 12 y 15 pirámides.

Entre tanto ¿qué ha hecho la arteria renal que ha entrado por el hilio del riñón?

Se ha ramificado abundantemente hasta formar los capilares arteriales. Estos capilares flexuosos forman en su trayecto los glomérulos de Malpighi, como ya hemos dicho, para seguir más adelante y continuar ramificándose.

El capilar arterial que entra al corpúsculo de Malpighi se llama «arteria aferente», y cuando sale, des-

pués de formar el glomérulo, se denomina «arteria eferente».

Las últimas ramificaciones capilares de la arteria eferente envuelven los tubos iriníferos que nacen de los corpúsculos de Malpighi y poco a poco se transforman en capilares venosos, los cuales se juntan en seguida formando vasos de mayor calibre, los que terminan por unirse para dar nacimiento a la vena renal que sale por el hilio y conduce la sangre fuera del riñón.

### La función renal

La excreción del riñón presenta dos aspectos diferentes que corresponden, uno, a la función del glomérulo, y otro, a la de los canalículos.

En algunas experiencias hechas en anfibios, donde la irrigación sanguínea de los glomérulos es distinta a la irrigación de los canalículos, se ha podido observar que si se suprime la irrigación del glomérulo deja inmediatamente de producirse orina, desapareciendo sin embargo este fenómeno (anuria) cuando inyectamos una substancia como la urea. La orina obtenida en este caso es muy concentrada.

De esta experiencia inferimos que la secreción de orina en los glomérulos tiene la apariencia de una simple filtración, gracias a la cual pasan de la sangre al corpúsculo, agua, sales y pequeñas cantidades de glucosa y urea.

En cambio en los tubos uriníferos hay una verdadera secreción glandular, pues se nota un consumo de energía y la orina allí producida difiere mucho de la del glomérulo, pues contiene menos agua y mayor cantidad de sales, urea y materias nitrogenadas.

Y lo mismo que pasa en los anfibios sucede en todos los mamíferos.

De modo que en los glomérulos pierde la sangre, por filtración debida a la presión sanguínea, el agua y las sales que la acompañan. Y en los tubos urinífe-

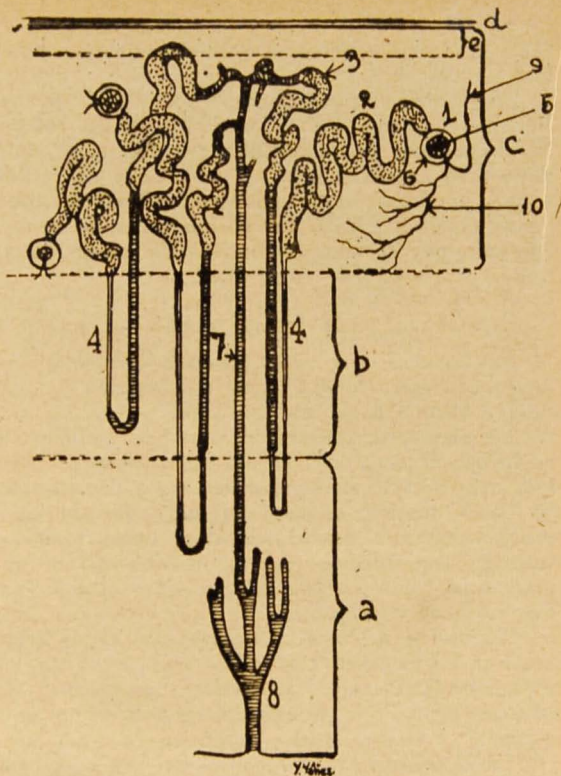


Fig. 43

Esquema de la configuración y trayecto de los tubos uriníferos

a) y b) Zona medular fibrosa.— c) Zona cortical granulosa.— d) Cápsula fibrosa del riñón.— e) Capa subcapsular.

1. Corpúsculo de Malpighi.— 2. Tubo urinífero (túbulo contortido).— 3. Tubo intermedio.— 4. Asas de Henle.— 5. Glomérulo de Malpighi formado por la arteria aferente.— 6. Cápsula de Bowmann que encierra al glomérulo, formando el corpúsculo de Malpighi.— 7. Tubos colectores de primer orden.— 8. Tubos colectores de segundo orden.— 9. Arteria eferente (capilar de la arteria renal).— 10. Arteria eferente que forma una red capilar alrededor de los tubos uriníferos.

ros es «secretada» la urea, el ácido úrico, el ácido hipúrico, la creatinina y algunas sustancias colorantes, como la «urobilina» y el «indican».

**Orina.**—Es un líquido transparente de color amarillo de ámbar o rojizo, de un olor especial debido, tal vez, a algunos ácidos volátiles que le dan su olor característico. Su sabor es amargo y ligeramente salado.

La cantidad de orina eliminada varía entre 1.500 y 2.000 gramos en las 24 horas, decreciendo hasta 400 y 500 gramos, cuando disminuye la ingestión de agua.

La orina contiene 96 a 97% de agua y 3 a 4% de sustancias orgánicas e inorgánicas.

Entre las orgánicas tenemos la urea, ácido úrico, bases púricas, ácido hipúrico, creatina, cresol, fenol, indol, etc., provenientes de la putrefacción de las albúminas.

Entre las sustancias inorgánicas tenemos cloruro de sodio, de potasio, de magnesio, sales de amonio, amoníaco, carbonato, fosfatos, etc.

Accidentalmente se puede encontrar en la orina glucosa y albúmina. La glucosa se encuentra en los diabéticos. Y la albúmina en los afectados de «albuminuria».

La orina se acumula en la vejiga hasta que, por contracción de sus paredes, debido a la distensión, se produce la necesidad de la «micción».

La orina es tóxica, y por lo tanto no debe pasar a la sangre, para lo cual las paredes de la vejiga son impermeables y sólo cuando se rompen es posible este paso. La presencia de orina en la sangre se llama «uremia».

**Uréter.**—Es la porción del conducto excretor del riñón que se extiende desde la pelvis renal a la vejiga. Su longitud es de 26 a 30 centímetros en el lado izquierdo, y de uno a dos centímetros menos en el lado derecho.

Cada uréter reviste la forma de un largo tubo membranoso, cilíndrico, formado de tres capas: una túnica

mucosa, una túnica muscular y una túnica serosa externa.

**Vejiga urinaria.**—Es un reservorio músculo membranoso destinado a recoger la orina que desciende por el uréter. Está situada inmediatamente por detrás del hueso pubis; su forma y dirección varían mucho con las diferentes edades del individuo, y sus dimensiones ofrecen también una gran variedad.

En el ser vivo tiene una capacidad, más o menos, de 160 a 250 gramos, habiendo casos en que puede llegar a 500 gramos. En cambio, en el cadáver posee una capacidad mayor por estar sus paredes distendidas; en este caso presenta 11 a 12 centímetros en su diámetro vertical; 8 a 9 centímetros en el diámetro transversal y de 6 a 7 centímetros en el sentido ántero posterior.

Lo mismo que el uréter, la vejiga está formada de tres capas o túnicas: una interna mucosa, una media muscular y una externa serosa.

La capa media lleva tres clases de fibras musculares. Al llegar al orificio que da nacimiento a la uretra, se engruesa gradualmente y forma una especie de anillo muscular alrededor del orificio, anillo que se designa con el nombre de «esfínter vesical» o «esfínter interno de la uretra».

**Uretra.**—Es el conducto que sirve para que la orina, después de permanecer cierto tiempo en la vejiga, pueda ser expulsada al exterior.

## EXCRECIONES COMPLEMENTARIAS

Una excreción suplementaria de la orina es el «sudor» secretado por las glándulas «sudoríparas» que se encuentran en la piel.

Para estudiar su estructura y su funcionamiento vamos a conocer primero la constitución anatómica e histológica de la piel.

## La piel

En la piel distinguimos claramente tres capas: la «epidermis», la «dermis», la «capa de Malpighi», que separa las dos anteriores, y debajo de todas el «panículo adiposo» o «capa de grasa». (Fig. 44).

La EPIDERMIS es la capa superficial, formada por elementos muertos, córneos, insensibles en su porción periférica, pero vivos en su lado interno. Esta capa córnea de las células de la epidermis sale fácilmente con la frotación y constituye la «caspa».

La CAPA DE MALPIGHI es aquella porción de la piel que queda entre la dermis y la epidermis, y está formada por células en constante división, destinadas a reemplazar a las células epidérmicas que se desprenden por descamación de la piel. Algunas células de la capa de Malpighi presentan «granulaciones pigmentarias» que le dan la coloración a la piel (caso de los negros).

La DERMIS se divide a su vez en dos porciones: la superior denominada «papilar», y la inferior «reticular». Está formada por fibras de tejido conjuntivo y es muy rica en vasos sanguíneos y en terminaciones nerviosas de función táctil.

## Glándulas de la piel

**1.º Glándulas sudoríparas.**—Estas son glándulas tubulares que existen en todo el espesor de la piel, con excepción de los labios, los bordes de los párpados y otras partes del cuerpo.

Son muy numerosas en las palmas de las manos, plantas de los pies, en la frente, axilas, etc. Su número se ha calculado en dos a dos y medio millones en toda la piel.

Los conductores excretores de las glándulas sudoríparas se abren a la superficie por medio de orificios muy pequeños que, en las palmas de las manos y plan-

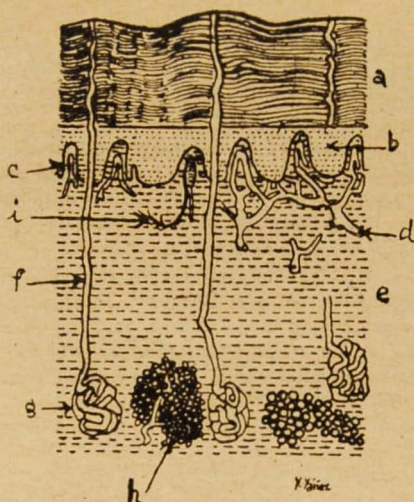


Fig. 44

Corte perpendicular de la piel humana.

- a).—Capa córnea de la epidermis.
- b).—Capa de Malpighi.
- c).—Papilas dérmicas.
- d).—Vasos sanguíneos de la dermis.
- e).—Dermis (corium).
- f).—Conducto de las Glándulas sudoríparas.
- g).—Glándula sudorípara.
- h).—Células adiposas de la capa subcutánea.
- i).—Nervio que va terminar en un sorpúsculo táctil de Meissner, alojado en una papila.

tas de los pies, están ordenados en series más o menos regulares y perfectamente visibles.

Cada glándula está formada por un glomérulo en forma de ovillo y un conducto excretor.

Los glomérulos forman granulaciones redondeadas, amarillentas, alojadas en las mallas reticulares de la dermis. El glomérulo está formado por una especie de tubito enrollado muchas veces sobre sí mismo, y lleva una cápsula fibrosa que lo cubre casi totalmente.

El conducto excretor atraviesa verticalmente la dermis y llega a la epidermis, la que atraviesa enrollándose en espiral, para venir a abrirse oblicuamente en los «poros» de la superficie externa de la piel.

Los vasos sanguíneos forman alrededor del glomérulo de la glándula una rica red de capilares sanguíneos, arteriales y venosos, de gran importancia para la secreción sudorípara.

**2.º Glándulas sebáceas.**—Las glándulas sebáceas, situadas más superficialmente que las glándulas sudoríparas, son pequeñas granulaciones blanquecinas anexas a la base del «folículo piloso» (alojamiento de la raíz de los pelos), donde se abren sus conductos excretores, en número de dos por cada folículo.

El volumen de estas glándulas, en general, está en razón inversa con el volumen del folículo piloso correspondiente. Luego las glándulas sebáceas más grandes estarán en la base de los vellos.

**Otras glándulas.**—Una variedad de las glándulas sudoríparas la constituyen las glándulas mamarias y las glándulas «ceruminosas» del canal auditivo externo.

### Secreción sudorípara

Los capilares sanguíneos, al pasar por el glomérulo de la glándula, se desprenden, por osmosis, del agua, urea y todas las sustancias que forman el sudor.

El sudor es un líquido claro, transparente, de reacción débilmente ácida. Su composición media es de 98 a 99% de agua, 0,6 a 1% de sustancias inorgánicas (cloruro de sodio, sulfatos, fosfatos) y de 0,3 a 1% de sustancias orgánicas (urea, indicios de albúmina, ácidos grasos polátiles que le dan el olor característico, y grasas neutras).

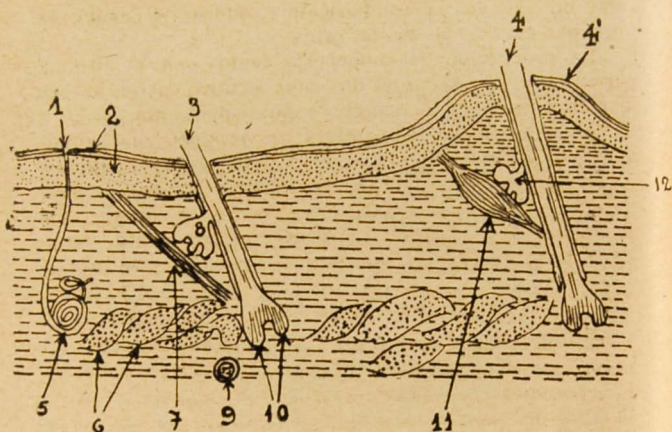


Fig. 45

Corte esquemático por la piel.

- 1.—Desembocadura de una glándula sudorípara.
- 2.—Epidermis con sus dos capas: Córnea (externa) y Germinal o de Malpighi (interna).
- 3.—Pelo con su inclinación normal.
- 4.—Pelo erizado.— 4'. Papila externa de la piel que se produce cuando se eriza el pelo, produciendo la que se llama vulgarmente «piel de gallina».
- 5.—Glomérulo de la glándula sudorípara.
- 6.—Panículo adiposo.
- 7.—Músculo erector del pelo, en estado de relajación.
- 8.—Glándula sebácea desembocando en la vaina del pelo.
- 9.—Arteriola.
- 10.—Bulbo piloso con su papila conjuntiva.
- 11.—Músculo erector del pelo en contracción, produciendo la elevación del pelo. (Se le llama también músculo horripilador).
- 12.—Glándula sebácea algo comprimida por la contracción del músculo erector.

Como se ve, la composición química del sudor es muy parecida a la de la orina.

La producción de sudor está regida por el sistema nervioso, y el excitante de estos centros nerviosos es la composición de la sangre y su temperatura.

Al elevarse la temperatura se produce una abundante irrigación sanguínea de la piel y las glándulas sudoríparas reciben mayor cantidad de material para elaborar el sudor. La misma acción tienen los vestidos destinados a guardar el calor del cuerpo. Y otro tanto los baños tibios, las fricciones y los ejercicios físicos.

### Secreción sebácea

La secreción sebácea sale al exterior por el folículo piloso, debido a la acción mecánica del músculo erector de los cabellos y vellos (músculo horripilador).

El sebo que produce está formado en sus tres cuartas partes de agua, y el resto de materias grasas (oleína, palmitina, caseína, colestерina y algunas sales minerales).

El rol fisiológico del sebo es muy importante, pues él lubrica la superficie de la epidermis haciéndola más tersa, húmeda y brillante, a la vez que impide el enfriamiento exagerado del organismo y hace más flexibles los pelos.

Cuando estas glándulas se solidifican en invierno, por la acción de la baja temperatura, la piel sin grasa se endurece y se parte.

### Apéndices de la piel

Dos clases de apéndices existen en la piel de todos los mamíferos: los «pelos» y las «uñas».

Los PELOS constan de una «raíz» que va incluida en el folículo piloso, y del «tallo» que asoma al exterior. La raíz se hincha en la base y forma el «bulbo piloso» que lleva una papila muy rica en nervios y vasos sanguíneos. El tallo del pelo lleva varias capas

de células, siendo las del medio pigmentadas, las cuales al perder su pigmento toman un color blanco (canas). El pelo crece indefinidamente gracias al bulbo piloso, cuyas células se multiplican toda la vida. Además en la base del pelo está el músculo horripilador que pone erecto el pelo en las grandes emociones. Además, como ya hemos dicho, en la base del folículo desembocan las glándulas sebáceas. (Fig. 45).

Las UÑAS constituyen un repliegue córneo de la capa de Malpighio, llamado «lúnula». Por la continua actividad de la capa de Malpighio, cuyas células están en constante división, las uñas crecen incesantemente.

Las «pezuñas» y las «garras» están formadas de la misma manera que las uñas.

### Higiene de la piel

Dadas las funciones que desempeña la piel y la importancia de sus glándulas secretoras destinadas a eliminar toxinas producidas en el interior del organismo, creemos ocioso hacer resaltar la absoluta necesidad de mantener continuamente limpio el tegumento exterior de nuestro cuerpo.

El aseo de la piel facilita la producción de sudor y de sebo, al mismo tiempo que impide la aparición de parásitos tan repugnantes y peligrosos como el piojo y otros seres que pueden inocular serias afecciones cutáneas.

Se facilita el aseo de la piel, agregando al agua algunas substancias que, como la sosa o la ceniza, contribuyen a hacer más posible el desprendimiento de la suciedad, pues la hacen más soluble. O bien usando el jabón, que es una combinación de ácidos grasos y lejías, indispensable en todo hogar y en todo pueblo civilizado.

Para ayudar a la acción del agua y el jabón podemos emplear también algunos utensilios especiales destinados a este objeto, tales como los cepillos, brochas, esponjas y toallas.

También es importante la limpieza de la cabeza y el cabello, pues la caspa que se acumula sobre el cuero cabelludo perjudica el crecimiento y conservación del pelo, y se presta para que vivan en él algunos parásitos transmisores de enfermedades.

**Los baños.**—En vista de la multiplicidad de funciones de la piel (función respiratoria, eliminatoria y nerviosa) es indispensable unir a los lavados matinales diarios, los baños también diarios, especialmente en el verano, pues, además de servir a la limpieza de la piel, tienen cualidades refrescantes, fortificantes y muchas veces curativas.

Los baños fríos, en especial los que pueden acompañarse con la natación, estimulan el cuerpo y el espíritu y dan fuerzas al organismo.

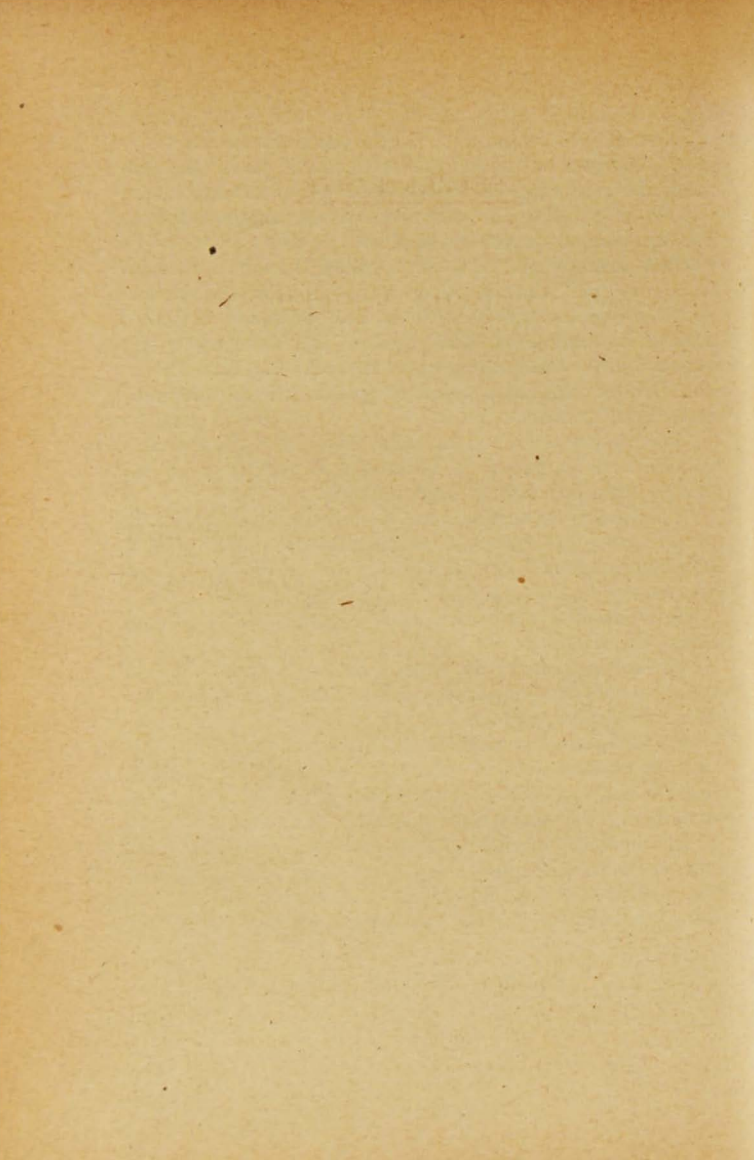
Los baños calientes, que a veces obran calmando los dolores y excitando la producción de sudor, pueden ser preferidos en los niños de corta edad, en ciertos enfermos y en los ancianos.

Los baños termales son muy usados por sus propiedades curativas.

Es recomendable no tomar baños después de las comidas, pues son numerosos los accidentes fatales acaecidos por no seguir este consejo.

El baño en las piscinas es peligroso cuando no se controla estrictamente el estado de salud de los bañistas. Por eso son preferibles los esteros y ríos, por el agua corriente, y especialmente los baños de mar.

Si tomamos en cuenta la función nerviosa de la piel, debemos recordar que el agua no sólo tiene propiedades curativas por medio de los baños sino también en forma de envolturas frías, afusiones, duchas, etc.



### TERCERA PARTE

## Biología Vegetal

---

### Funciones primordiales de la vida

Los vegetales, lo mismo que los animales, están constituidos por células, las cuales se agrupan en formaciones que cumplen una misma función, constituyendo los tejidos vegetales.

Existen también algunos vegetales constituidos por una sola célula, de los cuales ya hemos hablado en los cursos inferiores de humanidades.

Los tejidos vegetales se agrupan armoniosamente para formar «órganos», cuyas funciones nos corresponden de estudiar el presente año.

De tal modo que, usando los mismos términos que hemos empleado en la biología animal, podemos decir que ahora sólo nos vamos a ocupar de la FISILOGIA VEGETAL, o sea, de las funciones de los diversos órganos que forman una planta.

Todos los órganos que posee un vegetal se encaminan a proveer sus dos funciones primordiales, a saber la conservación del individuo y la propagación de la especie.

Es decir que, las dos funciones primordiales de la vida establecidas para los animales, también se pueden considerar para los vegetales, y ambas se manifiestan como instintos sordos que ha impreso la naturaleza en todos los individuos que constituyen los diversos reinos que forman el mundo viviente.

Lo mismo que en el reino animal, las funciones que tienen a su cargo la conservación del individuo, pueden manifestarse de diversas maneras, cuyas modalidades vamos a conocer en los capítulos que siguen.

Por eso debemos distinguir en los vegetales, como función propia de la conservación individual, la NUTRICION, con sus formas de asimilación y desasimilación.

Todas las funciones de la nutrición de una planta están armónicamente relacionadas, para producir la maravilla orgánica que se conoce con el nombre de «unidad funcional».

Entre las diversas funciones de la nutrición de un vegetal tenemos: la «absorción», la «asimilación clorofílica», la «circulación», la «respiración», la «transpiración» y la «excreción».

También debemos distinguir en las plantas una corriente «anabólica», de asimilación, y una corriente «catabólica» de desasimilación.

## CAPITULO PRIMERO

### METABOLISMO EN LOS VEGETALES

#### LA ABSORCION

Las sustancias que utilizan los vegetales para su nutrición son muy diferentes de las que hemos analizado para los animales, siendo también diferentes sus orígenes, ya que son tomadas directamente de la atmósfera, del suelo y del agua.

El oxígeno y el anhídrido carbónico, en su calidad de gases, son tomados directamente del aire que rodea a la planta, penetrando por un proceso de difusión a través de aquellas partes que tienen función respiratoria.

Las sustancias líquidas y las sólidas disueltas en el agua, penetran por difusión a través de las membranas de las células de las raíces.

Además del agua, las sustancias que penetran por esta vía, pueden ser clasificadas como compuestos de los siguientes elementos: Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Azufre, Sodio, Cloro y Silicio.

Con todos estos materiales se establece en los vegetales una doble corriente: una «entrante» y otra «saliente», llamadas también corrientes «anabólica» y «catabólica», o bien, «progresiva» y «regresiva» respectivamente.

Todas las sustancias mencionadas penetran al vegetal por órganos especiales destinados a este objeto, denominados órganos «absorbentes» y «asimiladores».

Otros órganos se encargan de «transladar» este conjunto de sustancias al lugar en que deben sufrir algunas transformaciones.

Otros se encargan de «distribuirlas» por toda la planta.

Y, por último, existen otros órganos cuya función principal consiste en eliminar lo inútil.

## Función que desempeñan los principales elementos que necesita el vegetal para su vida

El CARBONO, como veremos más adelante, es tomado por ellos principalmente del aire, en forma de anhídrido carbónico. Sabemos que el protoplasma celular contiene sustancias cuya base principal la constituye el carbono. De donde resulta que es absolutamente indispensable la asimilación de este elemento, que por sí solo forma el más alto porcentaje de la masa del cuerpo de la planta.

El OXIGENO, también forma parte de las células de los vegetales, y las plantas lo obtienen del aire atmosférico, de las sales oxigenadas que extraen del suelo y del agua absorbida por las raíces.

El HIDROGENO, entra también en la composición del protoplasma celular, y los vegetales lo obtienen del agua absorbida por las raíces.

El NITROGENO, componente principal de las albúminas, es imprescindible para el desarrollo de los vegetales. Este elemento es asimilado en forma de nitratos, nitritos y de sales de amonio. El suministro abundante de nitrógeno da lugar a una exuberante producción de follaje; y por el contrario, la pobreza de nitrógeno produce un débil crecimiento en las partes verdes del vegetal.

El FOSFORO, es otro componente importante de la planta, y los vegetales lo obtienen de los fosfatos y fosfitos del suelo. Las semillas contienen gran cantidad de fósforos y su falta hace que disminuyan los procesos de división celular, influyendo negativamente en el crecimiento de la planta.

El POTASIO es indispensable para el metabolismo de los vegetales ya que su ausencia paraliza el proceso de «fotosíntesis». Lo obtienen del suelo en forma de nitratos, sulfatos, cloruros y carbonatos.

El SODIO parece que no es esencial para la vida de la planta, siempre que exista una buena cantidad de potasio.

El CALCIO, obtenido también en forma de sales sacadas de la tierra, se cree que influye decisivamente en la transformación del almidón en glucosa.

El MAGNESIO y el FIERRO son indispensables para la formación del pigmento verde llamado «clorofilo», interviniendo el magnesio en la constitución de la molécula de clorofila. En cuanto al fierro, su presencia en los vegetales es tan indispensable que, cuando falta, no se desarrollan los granos de clorofila y la planta se torna amarillenta. Y a este respecto debemos advertir que los vegetales sólo pueden utilizar los compuestos **férricos**, puesto que los **ferrosos** ejercen sobre ellos funestos efectos tóxicos.

El AZUFRE y el CLORO, son necesarios en pequeñas proporciones para muchas plantas, y es muy posible que el azufre forme parte del protoplasma mismo de las células vegetales.

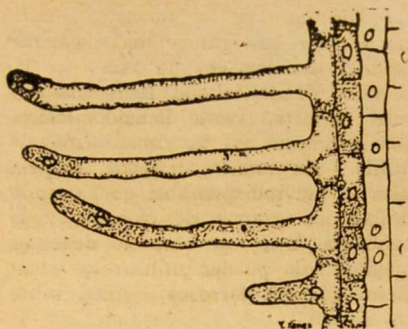
Por último el SILICIO se encuentra formando parte de las membranas de las hojas dándoles una relativa rigidez.

### **Poder absorbente y modo de absorción**

Antiguamente se creía que los vegetales tenían en las extremidades de las raíces muchas aberturitas o pequeñas «bocas» por donde succionaban el alimento del suelo. Y aún se llegó a hacer una distinción entre plantas y animales diciendo que «éstos tenían una sola boca para introducir los alimentos, en cambio los vegetales tenían muchísimas».

Pero cuando las raíces fueron observadas al microscopio, se vió que sus pelos radicales eran herméticamente cerrados, y que sin embargo podían chupar libremente su alimento. (Fig. 46).

Sólo entonces se pudo saber que las substancias nutritivas que vienen del suelo pasan al interior del vegetal a «través de las paredes de las células en las ramificaciones más finas de las raíces de la planta. Y



Los pelos chupadores están cerrados en su extremidad como los dedos de un guante.

Fig. 46

el fenómeno físico que se opera para efectuar este paso, es el mismo que hemos estudiado en la absorción del quilo por las vellosidades intestinales.

En el extremo de las raíces existen ciertos apéndices muy delgados llamados «pelos radicales», los cuales no representan más que la prolongación de una célula epidérmica con su protoplasma y su núcleo bien diferenciados. (Fig. 46).

Estos pelos absorben el agua de la tierra con sales en disolución. Pero no todas las sales penetran al interior del vegetal, pues ellos poseen la propiedad de «elegir» las sales que convienen a la planta, cerrando el paso a aquellas sustancias que pueden ser nocivas.

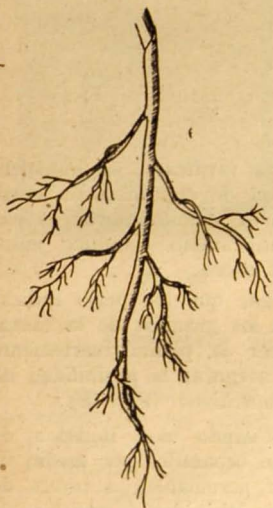
Este «poder electivo» de las raíces les permite seleccionar cuidadosamente los materiales que deben ser aprovechados por el vegetal.

El agua del terreno atraviesa las membranas celulares de los pelos radicales mediante el fenómeno de «osmosis», igual al que se verifica en los pulmones de los animales y en las vellosidades intestinales.

Por pasar las sustancias al interior del vegetal, la osmosis se denomina «endosmosis». La salida de sustancias tóxicas se denominará «exosmosis».

Como ya dijimos en la biología animal, sólo las sustancias «cristaloides» son capaces de atravesar las membranas permeables. Y las sustancias «coloides», como el protoplasma vivo, atraviesa dichas membranas con mucha dificultad.

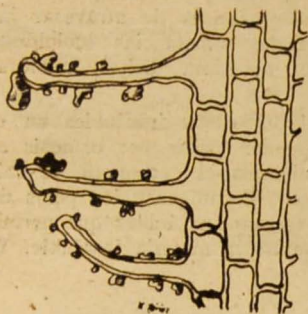
Pero muchas sales del suelo son insolubles en el agua y por lo tanto no pueden pasar por osmosis al interior del vegetal (por ejemplo el carbonato de calcio, el fosfato de calcio, etc.). En tal caso los pelos de las raíces secretan ciertas sustancias ácidas que permiten descomponer en el exterior la materia insoluble. Y,



La raíz verdadera de una planta toma la forma de un eje de forma cónica con la punta vuelta hacia abajo. De éste salen ramas de segundo, tercer, cuarto, etc., orden y por último los pelos radicales o chupadores, encargados de absorber los jugos nutritivos.

Fig. 47

como el producto de esta descomposición es soluble, pueden pasar por osmosis a través de las membranas del vegetal, y por lo tanto, ser útiles al organismo.



Los pelos chupadores se adhieren fuertemente a las partículas del suelo.

Fig. 48

Para que la osmosis pueda verificarse es indispensable que exista una diferencia de concentración entre los dos líquidos en contacto. Y cuanto mayor es esa diferencia, mayor será el intercambio osmótico entre las raíces y el medio que las rodea.

Por último podemos agregar que los pelos radicales se adhieren fuertemente a los granitos de la tierra, con el doble fin de mantener la planta fuertemente arraigada en el suelo y para asegurar la posibilidad de la absorción de los líquidos nutritivos. (Fig. 48).

**Fenómenos de osmosis.**—Cuando dos líquidos de distinta densidad se encuentran separados por medio de un tabique poroso (membrana permeable), a través de éste se verifican dos corrientes dirigidas a mezclar los dos líquidos. Pero las dos corrientes no son iguales, porque la que va del líquido menos denso hacia el más denso, es más fuerte que la otra. Y estas dos corrientes tratan de equilibrar las concentraciones de ambos líquidos, desapareciendo el fenómeno una vez conseguido su objeto.

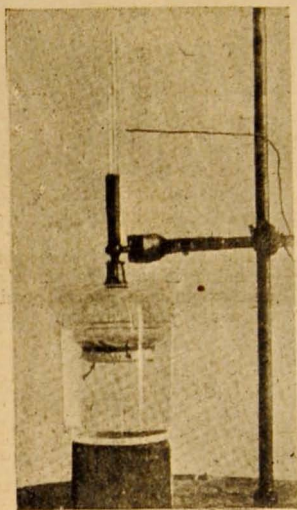


Fig. 49

#### Experiencia:

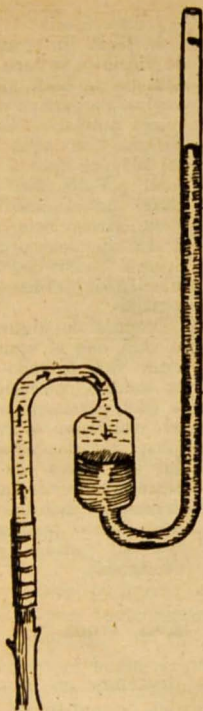
Se toma un gran embudo de vidrio y se tapa herméticamente la boca más ancha, con un pergamino o con una vejiga animal. Llenando el embudo con agua azucarada, se verá que no sale una gota, por lo cual se puede decir que el cierre es perfecto. Hecho esto, se coloca el embudo dentro de un recipiente lleno de agua con solución de permanganato de potasio.

Después de algunas horas se verá que el agua del interior del embudo también ha tomado coloración violeta (del permanganato) y la del recipiente se ha vuelto dulce. De donde se infiere que a través de aquella membrana se efectuaron dos corrientes: una del exterior hacia dentro (endosmosis) y otra en sentido inverso (exosmosis).

### Ascensión de la savia cruda

Todas las sales minerales disueltas en el agua y absorbidas por los pelos radicales, constituyen lo que se llama la SAVIA CRUDA o «savia bruta» o «savia no elaborada». Esta, una vez que penetra en el vegetal, asciende rápidamente por los tejidos interiores de la planta y llega hasta las hojas, flores y frutos.

Si seccionamos un tallo o una rama joven, veremos que la superficie de la cortadura se cubre muy pronto de gotitas de agua. Se trata del jugo que viene de las raíces, el cual encuentra rotos los conductos que lo llevan a las paredes superiores de la planta, y sale al exterior.



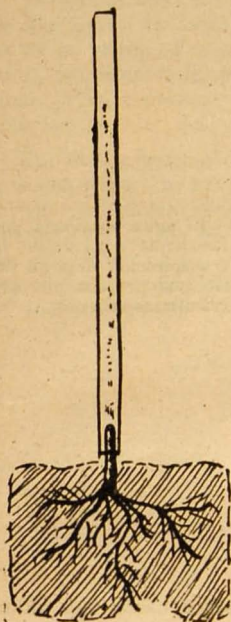
Por medio de un manómetro de mercurio se puede demostrar que existe una fuerte presión de abajo hacia arriba.

Fig. 50

Este fenómeno es fácil observarlo en las parras recién podadas.

Entre las fuerzas principales que permiten o estimulan este ascenso de la savia, debemos contar en primer lugar «la presión radical», en seguida la «evaporación del agua en la superficie de las hojas» y por último la «capilaridad».

Analicemos primero la PRESION RADICAL. Varias hipótesis se han formulado para tratar de explicar este «empuje» de las raíces. Los pelos chupadores absorben por osmosis una gran cantidad de líquido superior a su capacidad, con lo cual las paredes de las células están



Cortando el tallito principal de una planta joven, sale un líquido por la herida, que sube por el tubito de vidrio aplicado al muñón, por medio de un elástico o tubo de caucho.

Fig. 51

a punto de estallar. Pero esto no sucede porque el líquido filtra hacia las células colocadas más arriba. Y en éstas se opera el mismo fenómeno anterior, hasta que el líquido es empujado a los conductores interiores, y por efectos de esta misma presión sigue ascendiendo

hasta los órganos superiores de la planta. (Fig. 50).

Para demostrar la presión radical se corta el tallo de una plantita más o menos cerca de la raíz, y se le adjunta un tubito de vidrio bien sujeto por una manguera de goma. Veremos que por el interior del tubo



El agua eliminada por las hojas durante la transpiración, deja un vacío que provoca una corriente ascendente.

Fig. 52

asciende la savia cruda de las raíces hasta una altura que es bien determinada para cada especie de planta, pues hay árboles que miden hasta diez y más metros de altura. (Fig. 51).

La CAPILARIDAD, estudiada en física, se basa en el fenómeno interesante que presentan los líquidos que mojan las paredes del tubo que los contiene, pues la superficie de este líquido es cóncava, y esta concavidad se hace mayor en los tubos capilares más delgados. En

cambio, cuando el líquido no moja las paredes del vaso que lo contiene, su superficie es convexa con la convexidad dirigida hacia abajo.

El primer caso es el de las paredes de los conductos que llevan la savia cruda hacia las partes superiores de la planta. Y como estos conductos son muy delgados, se comprende que el líquido asciende fácilmente debido a la superficie cóncava que debe tener cuando moja las paredes del vaso que lo contiene.

Por último tenemos la EVAPORACION DEL AGUA en la superficie de las hojas. Es sabido que las plantas pierden cantidades considerables de agua debido a la transpiración de las hojas. Y esta agua transpirada deja tras de sí un vacío en los tejidos que reclamando el agua inferior, provoca la corriente ascensional que viene del suelo. (Fig. 52).

## CAPITULO SEGUNDO

### LA ASIMILACION VEGETAL

#### Asimilación del nitrógeno

Ya hemos dicho que las células no pueden vivir sin nitrógeno, pues, sin este elemento tampoco puede existir el protoplasma celular.

El nitrógeno o «ázo» es extraído por la planta de la tierra y del aire.

En la tierra lo encuentran en forma de nitratos y nitritos, debido a la fermentación de las materias orgánicas, como los cadáveres, que forman sales amoniacales.

Y del aire lo extraen gracias a la acción de los «bacterios nitrificadores», que tienen la admirable propiedad de «fijar» el nitrógeno atmosférico para transformarlo en substancias nitrogenadas necesarias al protoplasma celular.

En ambos casos intervienen algunos microorganismos (bacterios), como fuerza determinante de la putrefacción de las materias orgánicas, y como fijadoras del nitrógeno del aire.

Los bacterios nitrificadores del suelo (Nitrosomonas y Nitrosobacter) transforman las materias destinadas a la putrefacción, en compuestos amoniacales, y éstos, por oxidación, se convierten en nitritos y nitratos.

Entre los bacterios que fijan el nitrógeno del aire tenemos el «Rhizobium leguminosarum» o «Bacillus radicicola», que como su nombre lo indica, vive en las raíces de las Leguminosas (arvejas, porotos, garbanzos, etc.).

El Rhizobium vive en las substancias orgánicas en descomposición que existen en el terreno agrícola. Y cuando una leguminosa extiende sus raíces cerca de ellos, penetran en el interior del vegetal, segregan lí-

quidos irritantes, e hinchan pequeñas porciones de la raíz produciendo una gran cantidad de pequeños tubérculos, dentro de los cuales se multiplican por millares con gran rapidez.

Pero el bacterio no vive como parásito en la planta sino que se sirve del nitrógeno atmosférico para la fabricación de su protoplasma. Pero, como su vida es breve, y pronto el bacterio degenera debido a la abundante y excesiva alimentación que le proporciona la planta, muy luego se transforman los tubérculos en reservorios de cadáveres del bacterio, los cuales aprovecha la planta por las materias nitrogenadas que contienen.

Es en la época de la maduración, de los frutos especialmente, cuando la leguminosa mata, digiere y absorbe los bacterios que han sufrido el proceso de degeneración. Y es así como la planta obtiene todo el nitrógeno que necesita. Pero, como éste existe en exceso, no consigue nunca vaciar completamente los tubérculos, por lo que, a su muerte, quedan estas bolsitas nitrogenadas, las cuales se esparcen por el terreno abonándolo y mejorando las condiciones de vida de otras plantas.

Basados en esta acción de los bacterios nitrificadores de las leguminosas, los agricultores han ideado el sistema «rotativo» de las plantaciones, el que consiste en alternar el cultivo de un cereal con el de una leguminosa para que siempre el terreno se encuentre abonado.

De tal manera que, más que parasitismo, las relaciones entre el *Rhizobium* y las Leguminosas constituyen una «simbiosis» orgánica.

### Asimilación del carbono.— Fotosíntesis

Las plantas obtienen el carbono asimilando el anhídrido carbónico que existe en la atmósfera, en la proporción de 0,03 a 0,04 por ciento; y las plantas acuáticas lo obtienen del anhídrido carbónico disuelto en el agua.

Todas las partes verdes de la planta, principalmente las hojas, se encargan de esta importante función.

Por eso se ha dicho que las hojas constituyen un complicado «laboratorio químico» donde millares y millares de trabajadores de buena voluntad júntese para efectuar esta interesante tarea asimiladora. Los operarios son los granos de clorofilo. El laboratorio tiene paredes de cristal, constituídas por las células epidérmicas cuyas membranas son transparentes. (Fig. 53).

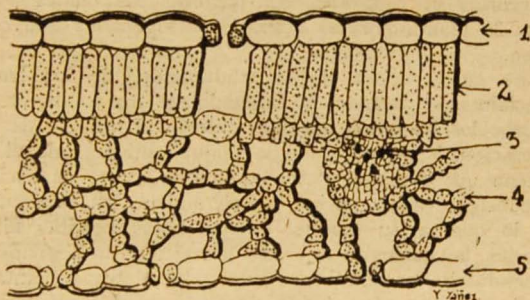


Fig. 53

Corte transversal esquemático de una hoja.

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1.—Epidermis superior. | 4.—Estrato lagunal o laxo. |
| 2.—Capa en empalizada. | 5.—Epidermis inferior.     |
| 3.—Haz fibro-vascular. |                            |

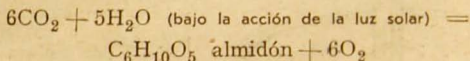
Pero estas paredes cristalinas llevan pequeñas «venitas» esparcidas a millares en la superficie de las hojas (estomas). Y es por estas venitas por donde la planta respira y elimina el exceso de vapor de agua (transpiración), pues si estuvieran herméticamente cerradas, las células morirían por asfixia.

En general los gases que absorbe el vegetal por sus órganos aéreos, forman la corriente anabólica de la planta. Estos gases son dos: el oxígeno, que le sirve

para respirar, y el anhídrido carbónico que le sirve como sustancia nutritiva.

El anhídrido carbónico absorbido por las hojas y demás partes verdes de las plantas, se combina dentro de las células con el agua que viene de las raíces, dando por resultado una combinación denominada «almidón», y desprendiendo oxígeno.

He aquí la ecuación que representa esta síntesis:



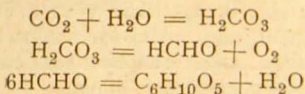
El almidón es un hidrato de carbono que sólo se forma por la acción de la luz solar. De ahí el nombre de este fenómeno: FOTOSÍNTESIS (de foto = luz; síntesis = composición, suma).

Esta síntesis, que termina con la producción de almidón y oxígeno, puede reducirse a cuatro procesos consecutivos que se relacionan en la siguiente forma:

1.º—El anhídrido carbónico del aire atmosférico penetra por difusión en los tejidos vegetales, y una vez disuelto en el agua se pone en contacto con las células que contienen **clorofila**.

2.º—La clorofila tiene la propiedad de fijar una cierta cantidad de energía de la luz solar que llega hasta la planta.

3.º—El anhídrido carbónico y el agua, bajo la acción de la energía luminosa captada por la clorofila, se combinan para formar «aldehído fórmico», según las siguientes ecuaciones:



4.º—Es tal la producción del aldehído fórmico, que éste se polimeriza, dando por resultado el almidón.

5.º—El oxígeno producido en este proceso se desprende del vegetal por un fenómeno de difusión. (Fig. 54).

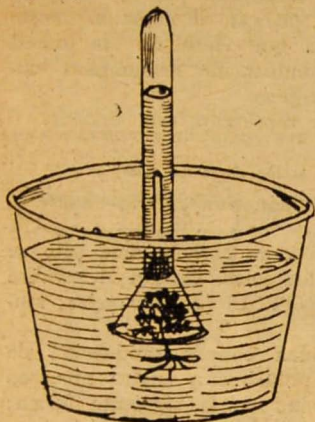


Fig. 54

Las plantas verdes desprenden oxígeno bajo la influencia de la luz solar.

Experiencia: en un recipiente lleno de agua se coloca un puñado de plantas acuáticas que se cubren con un embudo totalmente sumergido. Sobre el cuello de éste se invierte una probeta llena de agua. Colocando todo el aparato al sol, se verá muy pronto que de la planta se desprenden burbujitas que desalojan el agua de la probeta. Por las experiencias hechas en la clase de Química se probará que el gas recogido es oxígeno.

Tal es, en resumen, el proceso total de la asimilación del anhídrido carbónico y de sus efectos químicos en la nutrición del vegetal.

Este fenómeno de fotosíntesis ha sido designado también con el nombre de «asimilación clorofílica», por la parte activa que toman los granos de clorófilo en la formación del almidón.

Durante la noche el almidón formado en el día se transforma en glucosa soluble, la cual sale por exosmosis de las células de las hojas y va a nutrir diversos órganos del vegetal, tales como los puntos de crecimiento, frutos, semillas, tallos subterráneos, etc. Este fenómeno de transformación del almidón en glucosa, se efectúa gracias a la acción especial de ciertos fermentos denominados «diástasas» o «encimos» que tienen la única misión de realizar este cambio.

Para que se pueda realizar la asimilación clorofílica, hemos dicho que es indispensable la presencia de la luz solar, cuyos rayos son captados por los granos de clorófilo en forma de energía luminosa, la que determina la síntesis del anhídrido carbónico y el agua.

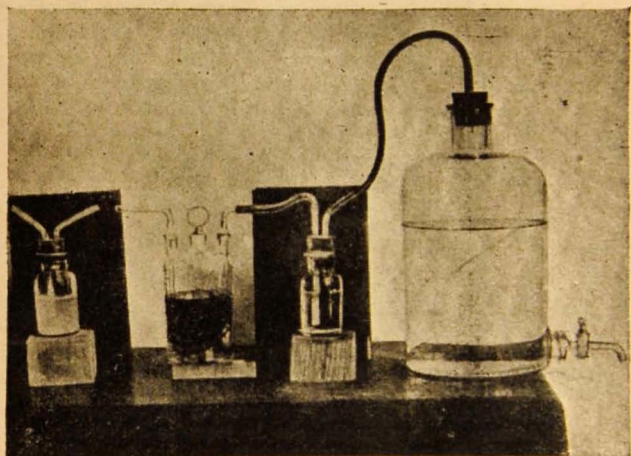


Fig. 55

Experiencia para demostrar que las plantas verdes absorben anhídrido carbónico.

Procedimiento: Tómense tres botellas: Una regular con dos cuellos, o con un tapón con doble agujero; otra pequeña, también con dos cuellos; y una tercera grande, de un solo cuello, pero provista en su parte inferior de una llave de paso. En la primera se ponen plantas acuáticas y agua; en la segunda, agua de cal y en la tercera agua pura. Tápanse herméticamente las botellas, después de haberlas unido entre sí mediante tubos de cristal que atraviesan los tapones. Esta disposición se ordena del siguiente modo: un tubo procedente del exterior penetra en el líquido de la primera botella. Otro

De todos los colores que forman el espectro solar, son los rayos «rojos» los que ejercen una mayor actividad sintética, correspondiendo al máximo desprendimiento de oxígeno y a la mayor fijación de anhídrido carbónico. Le siguen en intensidad los rayos «naranjados» y los «amarillos».

No se escapará al criterio de los lectores la importancia enorme que tienen los vegetales para la vida de los animales, pues, mientras estos producen el anhídrido carbónico que esparcen en la atmósfera, los vegetales lo utilizan para su nutrición y producen a su vez oxígeno, que es utilizado por los animales para la respiración.

### Las hojas y la asimilación clorofílica

Las hojas, por su forma, su posición y estructura están perfectamente adaptadas a la función clorofílica.

---

tubo, parte del aire de la primera botella y penetra en el líquido de la segunda. Un tercer tubo, parte del aire de la segunda y llega a la botella grande, de modo que, abriendo la llave de ésta, la salida del agua provoca un vacío en ella, solicitando aire de la segunda, que lo toma de la primera y ésta a su vez del exterior, produciendo así una corriente de aire, que debe burbujear en los líquidos de las dos primeras botellas.

Haciendo la experiencia a pleno sol, nos percatamos de que el agua de cal de la segunda botella, la cual debería enturbiarse por el  $\text{CO}_2$  que contiene el aire atmosférico, permanece limpia y pura como antes de la experiencia. Esto prueba que el  $\text{CO}_2$  del aire ha sido retenido por las plantas acuáticas.

Para demostrar que el aire tiene  $\text{CO}_2$ , se une, en vez de la botella con plantas acuáticas, la botellita que está a la izquierda y que contiene agua de cal. El aire, al burbujear en ella, la enturbia, porque el  $\text{CO}_2$  ha formado carbonato de calcio.

Si el experimento se hace en la obscuridad, se vé que el agua de cal también se enturbia, pues la plantita, sin los efectos de los rayos solares, no necesita el  $\text{CO}_2$  y lo deja pasar a la segunda botellita.

Todas las hojas aparecen como apéndices del tallo o de las ramas, dispuestas en tal forma que siempre presenten la mayor superficie posible a la acción de los rayos solares. Por eso también las hojas son tan

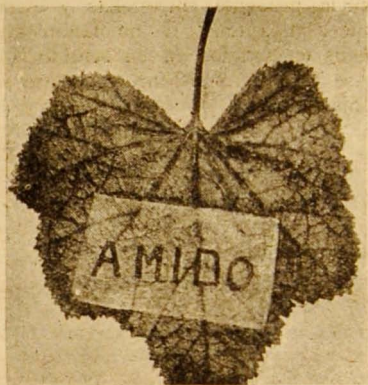


Fig. 56

Las partes de la hoja que no se han expuestas a la acción de los rayos solares, no forman almidón.

Experiencia: se toma un trozo de papel negro o de estaño, se le recorta una palabra o una señal cualquiera y se pega sobre una hoja de una planta viva, por la mañana, antes de salir el sol. Por la noche se le separa y se le quita el papel. Aparentemente no ha habido modificación alguna. Pero, si se sumerge la hoja en alcohol para que disuelva la clorofila y después de lavar se le agrega una solución de tintura de yodo, se verá que las partes que estuvieron expuestas a la luz solar, siendo ricas en almidón, se teñirán de azul, mientras que las demás permanecerán incoloras.

Esta experiencia se basa en la propiedad que tiene el almidón de teñirse de azul con la tintura de yodo. (Fig. 56).

delgadas y anchas, y por lo general son horizontales o inclinadas, de modo que exponen toda su superficie a la luz solar.

También se explica así el por qué las hojas del árbol están situadas en su mayoría, en la periferia, y son muy pocas las que se encuentran en el interior de la cúpula arborea.

Otras alargan sus pecíolos para llevar la lámina a una distancia prudente entre ellas y evitar así que cubran a sus compañeras. Y no faltan aquellas que poseen pecíolos encorvados en un sentido o en otro, o las láminas se tuercen o se enroscan para no perjudicar a las hojas vecinas.

## CAPITULO TERCERO

### LA RESPIRACION

La absorción de elementos gaseosos y líquidos efectuada por la planta, y estudiada en capítulos anteriores, no es suficiente para llenar todas las necesidades del vegetal.

El protoplasma, una vez que obtiene los materiales necesarios para completar su estructura, necesita desplegar una gran actividad, para lo cual consume una gran cantidad de energía. Y esta energía se logra, únicamente, destruyendo o quemando los materiales nutritivos que ha asimilado el vegetal durante su nutrición.

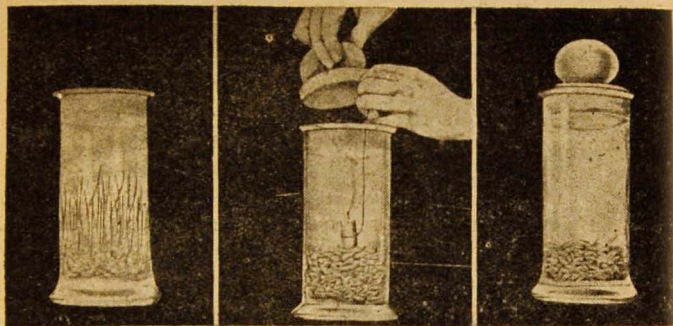
Esta lenta combustión que efectúa el vegetal en el interior de su protoplasma, se manifiesta por la absorción de oxígeno y por la expulsión de anhídrido carbónico y de vapor de agua, fenómeno que en conjunto se denomina RESPIRACION.

Es, como se ve, una función casi opuesta a la de la asimilación cloroflica, pero como esta es más intensa que aquella, sólo puede ser evidenciada cuando se hace nula la asimilación cloroflica; siendo de advertir que el vegetal respira incesantemente de noche y de día.

La imperiosa necesidad de respirar que tienen las plantas se prueba por el hecho que todas morirían, después de un corto lapso, si vivieran en un ambiente desprovisto de oxígeno.

Como falta en la planta un aparato respiratorio especialmente constituido para esta función, el oxígeno penetra por las ventanillas del tejido verde de las hojas (estomas), junto con el aire, y se difunde poniéndose en contacto inmediato con todas las células del tejido. Este mismo camino, pero en sentido contrario, siguen las sustancias de deshechos de la respiración (anhídrido carbónico y vapor de agua).

## Respiración de las plantas.



A.

B.

C.

Fig. 57

- A.—Plantas germinando en un vaso abierto y respirando libremente.
- B.—Plantas germinando en un vaso cerrado. Absorben el oxígeno a su disposición y producen anhídrido carbónico, de modo que una llama introducida en el vaso se apaga.
- C.—La misma planta, que al cabo de cierto tiempo, muere asfixiada por falta de oxígeno.

La respiración, lo mismo que toda combustión, va acompañada de cierto desarrollo de calor, a veces imperceptible, pero otras perfectamente sensibles. Sabemos a este respecto que hay combustiones en la naturaleza que aún van acompañadas de luz.

Desde luego es fácil comprobar el calor animal producido por sus combustiones internas. Pero en los vegetales, fríos al simple tacto, ya es más difícil, pues estos seres, debido a su gran superficie de irradiación y a la pérdida constante de vapor de agua, no aumentan su temperatura en forma apreciable para nosotros.

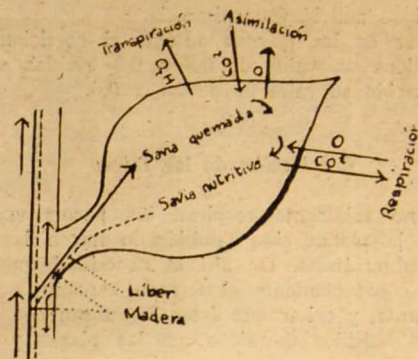


Fig. 58

Circulación general de líquidos y gases en las hojas y tallos.  
(En vez de savia quemada debe decirse savia bruta).

Pero podemos probar la producción de calor debido a la respiración, colocando un termómetro en un granero, o en medio de cierta cantidad de semillas en germinación.

Es durante la germinación que las plantas respiran más intensamente, lo mismo durante el período de la floración y desarrollo de las yemas.

Una temperatura apropiada del medio ambiente favorecer la respiración vegetal (por ejemplo desde los 30 a 40 grados). En cambio el frío la entorpecer.

Al estudiar la respiración animal dijimos que la razón entre el oxígeno inspirado y el anhídrido carbónico expelido, constituía el «coeficiente respiratorio», y que éste era siempre inferior a la unidad, pues el volumen de oxígeno absorbido es superior al de anhídrido carbónico espirado.

En los vegetales pasa lo mismo, es decir, que el coeficiente respiratorio es inferior a la unidad, siendo

menor aún en las semillas en germinación, debido a su prodigiosa actividad respiratoria.

Mientras en las plantas adultas el coeficiente respiratorio tiene un valor de 0,8 a 0,9, en las semillas en germinación su valor es de 0,4 a 0,6.

### **Respiración de las raíces**

Pero no solamente respiran las partes verdes y aéreas de la planta sino también lo hacen las raíces y tallos subterráneos. De ahí la necesidad que existe de airear constantemente el terreno cercano a la raíz de una planta, y evitar que éstas se cubran con asfalto, cemento o ladrillos mosaicos, en las plazas y paseos públicos.

### **Respiración de las semillas**

Y por último debemos decir que también respiran las semillas, aprovechando las materias azucaradas que existen en los granos, cuyo oxígeno es utilizado exclusivamente con este fin. Las semillas no pierden su poder germinativo mientras poseen sustancias que puedan proporcionar oxígeno al embrión. Si estas materias se agotan, el embrión muere irremisiblemente y la semilla no puede ya germinar.

No todas las semillas conservan por igual cantidad de tiempo esta capacidad respiratoria, que les representa sus posibilidades de vida por muchos años.

Esto es lo que se ha llamado «vida latente» de las semillas.

Entre las plantas que pierden muy pronto su poder germinativo tenemos el café, y entre las que lo conservan por mucho tiempo, tenemos el trigo.

## Estudio comparativo entre la respiración y la fotosíntesis

La respiración se caracteriza por la absorción de oxígeno y la eliminación de anhídrido carbónico.

La fotosíntesis, por el contrario, se caracteriza por la absorción de anhídrido carbónico y la eliminación de oxígeno.

La respiración es continua, de día y de noche.

La asimilación clorofílica sólo se efectúa cuando la planta recibe la luz solar.

Por eso es que no debemos dejar plantas en los dormitorios, durante la noche, pues siendo la respiración mucho más intensa a esas horas que de día, será mayor también la producción de anhídrido carbónico, y por lo tanto más nos exponemos a morir asfixiados por la acción de este gas.

## CAPITULO CUARTO

### LA CIRCULACION

El órgano que conduce los jugos nutritivos hasta las hojas, flores y frutos, es el TALLO, cuya forma típica es casi siempre cilíndrica.

El tallo de una planta herbácea, como ya hemos visto en los primeros cursos de humanidades, toma el nombre de «caule». Se denomina «tronco» cuando pertenece a un árbol o arbusto. Se dice que es «caña» si es tallo herbáceo vacío interiormente y con tabiques regularmente dispuestos. Es «junco» o «cálamo», si es hueco como la caña, pero sin tabiques. Y se llama «estipe» al de la palmera, que es largo, sencillo y termina en una corona de hojas en la punta.

#### Estructura del tallo

Todos los tallos deben cumplir dos funciones principales, que son: sostener las hojas y las flores (misión mecánica), y conducir los líquidos nutritivos (misión biológica). Y para cumplir estas dos funciones necesita tener una estructura interna especial, adaptada a estos fines.

Los tallos de las plantas nuevas están formados por un conjunto de células muy iguales entre sí, que cumplen casi siempre una misma función. Pero tan pronto como el tallo crece y tiene que soportar el peso de las hojas y flores, se forma en su interior una especie de «andamiaje» firme, rígido y elástico, que sostiene al vegetal y conduce los líquidos nutritivos. Estos son unos cordones tan largos como el tallo, denominados «haces fibro-vasculares».

En las plantas Monocotilas estos «haces» están colocados desordenadamente. Pero en las Dicotilas se hallan dispuestos en círculos bien definidos, de tal modo

que dejan dividido el tejido interior del tallo en tres partes perfectamente diferenciadas.

La parte interior se llama «médula». La parte media, dispuesta entre los haces, se denomina «zona de los rayos medulares». Y la parte externa, situada fuera de

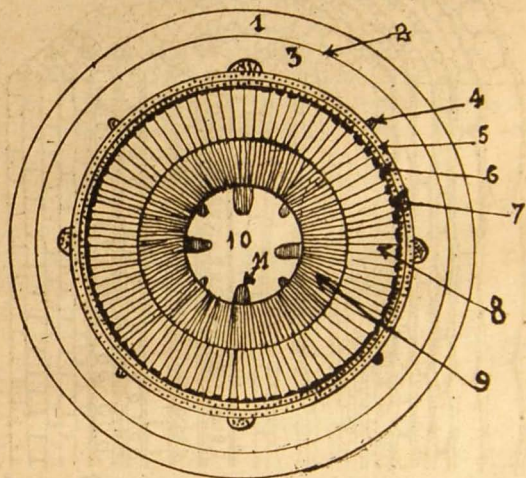


Fig. 59

Estructura de un tallo de dicotiledónea, al final del 2.º año.

1.—Corcho.— 2. Felógeno.— 3. Corteza.— 4. Líber primario.— 5. Líber del primer año.— 6. Líber del segundo año.— 7. Zona generadora.— 8. Leño del 2.º año.— 9. Leño del primer año.— 10. Médula.— 11. Leño primario.

los haces, se llama «corteza». Cubriendo todas estas capas, por fuera, se encuentra la «epidermis» del tronco, que en los árboles es dura y leñosa.

Cada haz o cordón fibro-vascular está formado de dos cordones unidos entre sí. Uno, vuelto hacia el inte-

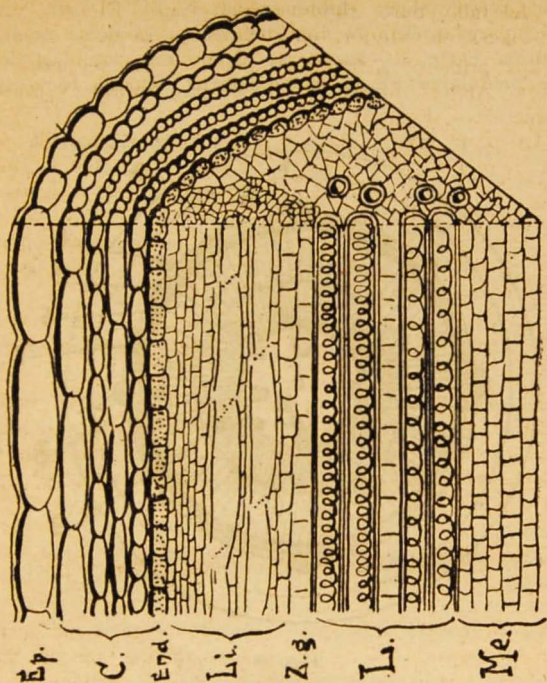


Fig. 60

Sección de un tallo joven de planta dicotiledónea,  
a través de un haz fibro-vascular.

Ep.—Epidermis.	C.—Corteza.
End.—Endodermo.	Li.—Líber.
Zp.—Zona generadora.	L.—Leño.
Me.—Médula.	

rior del tallo, duro, rígido y algo frágil. El otro, dirigido hacia el exterior, es flexible y elástico.

Los primeros forman el «leño», y los segundos el «líber». Ambos formados de células, fibras y vasos conductores. (Fig. 59).

La parte leñosa de los haces proporcionan la solidez característica al tallo o tronco. En cambio el líber es la vía de conducción de las sustancias nutritivas del vegetal.

Las zonas cortical y leñosa se encuentran separadas, en las plantas dicotiledóneas, por la zona «generatriz» o «cambio».

La parte leñosa del haz fibro-vascular se llama también «xilema», y posee vasos leñosos, fibras leñosas y tejido en general leñoso.

El líber, llamado también «floema», posee vasos «cribosos», (los tabiques de separación de las células no desaparecen del todo, sino que aparecen como discos agujereados), fibras especiales del líber y tejido en general blando.

### **Circulación propiamente dicha**

El agua absorbida por las raíces recorre un largo trayecto antes de alcanzar a los órganos que la han de transformar, junto con el anhídrido carbónico, en almidón. Esta agua asciende hasta las hojas, y recibe el nombre de «savia cruda» o «no elaborada».

El producto de elaboración de las hojas, estudiado en los capítulos anteriores, se denomina «savia elaborada».

La savia no elaborada corre y asciende por el sistema leñoso del tallo (xilema) y no por el cortical. Cuando la savia llega a las paredes superiores de la planta, además del agua y las sales minerales que lleva en disolución, contiene sustancias orgánicas, por ejemplo azúcar, lo cual se puede comprobar gustando

## CONSTITUCION DE HAZ FIBROVASCULAR

HAZ FIBRO-  
VASCULAR

Parte leñosa o  
xilema

vasos leñosos  
fibras leñosas  
tejido leñoso

Parte periférica,  
líber o floema

vasos cribosos  
fibras del líber  
tejido blando

el líquido que sale por los extremos de las ramas de la vid después de la poda.

La savia elaborada circula por los vasos «cribosos» del líber, y es llevada a todas partes, principalmente a los órganos de crecimiento donde el consumo es inmenso por la abundante reproducción celular, y a los depósitos de materias nutritivas.

¿Cómo circulan las sustancias sólidas, tales como el almidón, y que muchas veces ni siquiera son solubles?

Para esto el vegetal elabora fermentos especiales, análogos a los que producen las glándulas del aparato digestivo de los animales, que se forman especialmente durante la noche. Estos fermentos transforman el almidón en azúcar soluble, y las grasas en jabones. Y sólo en esta forma se hacen absorbibles y pueden pasar por osmosis a través de las membranas celulares y llegar hasta los sitios en que más los necesita el vegetal.

## CAPITULO QUINTO

### LA TRANSPIRACION

Si cubrimos una planta de cultivo con una campana de vidrio, veremos muy pronto que las paredes interiores de la campana se empañan y se forman gotitas de agua que resbalan por su superficie interior.

De donde inferimos que la planta ha eliminado cierta cantidad de vapor de agua que se ha condensado en las paredes frías de la campana. Y este vapor de agua eliminado representa el «exceso» de agua absorbido por la planta, pues sabemos que el vegetal necesita para vivir muchas sales minerales las que no pasarían por osmosis si no fueran en soluciones muy diluídas.

Esta es la razón del por qué la planta absorbe grandes cantidades de agua, que elimina después para poder mantener su equilibrio funcional.

La cantidad de agua que puede transpirar una planta es enorme. Por ejemplo el Girasol, de un metro de altura, arroja al día 600 gramos de agua. Una mata de maíz, 300 gramos. Y una mata de tilo, alrededor de 200 gramos.

Todo esto nos hace reflexionar acerca de la influencia que el mundo vegetal puede ejercer sobre el clima de un país, y acerca de la necesidad de las lluvias y riego de las plantas.

Si falta el agua en las raíces y el vegetal continúa eliminando este líquido por la transpiración, las células pierden su rigidez o turgencia y la planta se marchita. En tal emergencia la planta, tratando de salvar su vida, va perdiendo poco a poco sus hojas, para evitar la transpiración, y toma el aspecto que tendría en invierno. Se dice que el vegetal queda en «vida latente», y con las nuevas lluvias se despierta y aparecen las nuevas yemas que después se han de transformar en hojas y flores.

## Mecanismo de la transpiración.— Estomas

Ya hemos dicho que las plantas poseen en sus tejidos unas ventanitas que hemos denominado «estomas», por los cuales el ser elimina el vapor de agua, a la vez que absorbe el oxígeno atmosférico de la respiración.

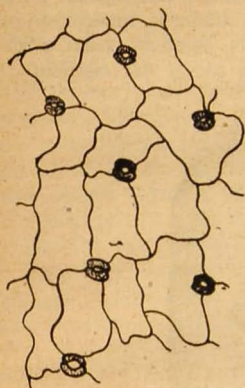


Fig. 61

Estomas de las hojas.

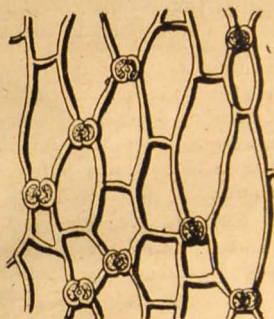


Fig. 62

Estomas y células epidérmicas.

Estas pequeñas aberturitas o estomas son ovaladas y están formadas por dos células epidérmicas de forma semilunar. Casi siempre se encuentran en la cara inferior de las hojas.

Estas dos células están situadas sobre una cavidad (cavidad sub-estomática) que se relaciona con los meatos y lagunas de los tejidos interiores de la planta, por donde sale el exceso de agua.

Las plantas acuáticas, con hojas natatorias, llevan los estomas en la cara superior de éstas. En cambio, las plantas sumergidas carecen de epidermis y de estomas.

Los estomas abren su ventana, de día o en un medio húmedo; y la cierran de noche o con la sequedad, como un medio de regular la transpiración del vegetal.

Existen aproximadamente 700 estomas por milímetro cuadrado.

Cuando la temperatura disminuye notablemente, la planta también disminuye la transpiración, para evitar un enfriamiento brusco, y por lo tanto la muerte de su protoplasma celular, cerrando los estomas, para abrirlos de nuevo, cuando alumbra el sol al día siguiente.



Fig. 63

La campana está empañada interiormente por el vapor de agua emitido por la planta.

Las plantas de sitios áridos disminuyen el número de estomas reduciendo el porte de sus hojas, pues las plantas de hojas más grandes transpiran más que las plantas de hojas pequeñas.

Otras plantas, como las Cactáceas (quiscos, tunas), suprimen sencillamente sus hojas, las transforman en espinas punzantes y engruesan su cutícula para impedir la pérdida de agua, lo cual les permite vivir en terrenos áridos y completamente secos.

No faltan las plantas que recubren su epidermis con una capa de cera o con cuerpos gomosos o mucilaginosos elaborados por sus células, cuerpos que son muy ávidos de agua, y capaces de conservarla y acumularla en gran cantidad. (Estas se llaman plantas «crasas»).

Por último otras plantas segregan grandes cantidades de aceites etéreos, los cuales, cuando el sol calienta fuertemente, forman una nube de vapores alrededor del vegetal, y esta nube atenúa la fuerza de los rayos solares y las preserva de la transpiración excesiva.

En resumen, el vegetal puede hacer variar la transpiración adaptándose al medio ambiente en su constitución anatómica. Pero la luz, el estado higrométrico del aire y la temperatura, son factores que alteran este fenómeno aumentándolo o disminuyéndolo.

### Adaptación de las plantas al ambiente

En Chile las hojas de las plantas se caen en otoño para volver a aparecer en la primavera siguiente.

En las zonas desiertas de los trópicos, las hojas se caen al principio del verano y reaparecen con las primeras lluvias.

Y por fin tenemos en los países templados las plantas «siempre verdes» (olivo, palto, encina, naranjo, etc.), es decir, vegetales que no pierden sus hojas de una vez, sino que éstas son reemplazadas paulatinamente, sin que el follaje disminuya en forma apreciable.

Todo esto se debe, sencillamente, a que las plantas se adaptan al medio ambiente que las rodea.

En los países fríos conviene a la planta la caída de las hojas para evitar un enfriamiento excesivo de su protoplasma, pues la transpiración se hace a expensas del calor del vegetal.

Y en los países cálidos y áridos, existe el peligro de la transpiración en verano por la sequía de la estación, lo cual podría acarrear la muerte de la planta por pérdida de su agua en las hojas. En tal caso pierden sus hojas en verano.

Pero en las zonas templadas pueden prosperar perfectamente las plantas siempre verdes, debido a que la temperatura no es muy baja en invierno ni muy elevada en verano, y por lo tanto la transpiración no constituye un peligro para el vegetal.

Esta adaptación de las plantas constituye su mejor defensa contra la transpiración excesiva y por lo tanto contra la pérdida desmesurada de su agua interior.

**Fin de la Biología Vegetal**

# Parte Práctica

## Observación preliminar

En estas líneas sólo indicaremos las experiencias de cátedra más posibles de realizar, pues, según dijimos en la Introducción, las condiciones materiales de muchos establecimientos de instrucción no permiten efectuar algunos trabajos complicados que necesitan aparatos especiales y una práctica bastante completa.

Desde luego, no hablaremos de las experiencias de «vivisección», por cuanto ellas precisan una serie de condiciones previas que hoy día no reúnen todavía los colegios secundarios, sean fiscales o particulares. Una de estas condiciones se refiere a los criaderos de conejos, cuyes, y otros animales de laboratorio. Otra, dice relación con el conocimiento bien completo de la anatomía de dichos animalitos. Tampoco debemos olvidar que se necesita una técnica operatoria muy segura, para evitar el sacrificio inútil de muchos individuos, y, posiblemente, hasta el fracaso de las experiencias. Y por último debemos tomar en cuenta también el conocimiento de los anestésicos específicos más apropiados para cada animal, pues, el conejo, por ejemplo, se adapta mejor a la anestesia con ovocaína, el perro con cloroformo, la rana con éter, etc., etc.

En una próxima edición, si mejoran las condiciones materiales en que se desarrolla la educación secundaria del país, daremos a conocer en forma detallada todas las experiencias de cátedra que se pueden realizar con respecto a la Nutrición animal y vegetal.

## PRIMERA PARTE

### La célula

1.—Ver con el microscopio, en una gotita de agua, las células libres, tales como algas unicelulares y protozoos.

2.—Teñir en vivo algunos Infusorios para ver los cambios que sufren, el núcleo y las vacuolas del citoplasma.

3.—Observar las células de una túnica de cebolla.

4.—Observar las células de un pecíolo grueso, en un corte transversal muy fino.

5.—Disociar los elementos de la mucosa bucal, frotándola con la uña, colocar lo obtenido sobre un porta objeto para su observación.

6.—Armar un acuario microscópico para observar durante dos o tres meses los microorganismos que pueden desarrollarse en él.

## SEGUNDA PARTE

### BIOLOGIA ANIMAL

#### 1.º Digestión

1.—Observación del tubo digestivo de un conejo.

2.—Observación del tubo digestivo de un animal de matadero.

3.—Observación del tubo digestivo de un ave.

4.—Observación del tubo digestivo del hombre, en el maniquí o en cuadros topográficos especiales.

5.—Hacer los estudios comparativos de las cuatro observaciones anteriores.

6.—**Experiencias de salivación.**—En un perro, sin anestesia, se colocan bolsitas especiales a ambos lados del hocico, para recibir la saliva. Primero se observa

la eyección de saliva de este animal durante la masticación; después la salivación por la sola vista de la comida, y por último la salivación que se produce con la vista de un objeto ante el cual se ha acostumbrado a comer el animal, o de un objeto que tenga propiedades muy parecidas con la comida. Por ejemplo un líquido del mismo color. (Pawlow, al realizar estas experiencias se servía de un kimógrafo).

7.—Excitación gástrica (reflejo). Esta experiencia sólo se puede hacer en vivisección, por medio de la fístula gástrica.

8.—Demostrar la acción de la saliva sobre la fécula o almidón.

9.—Demostrar la acción del ácido clorhídrico sobre la carne y la hidrolización de los azúcares.

10.—Estudiar la conformación externa y estructura interna del hígado de un animal.

11.—Estudiar la conformación externa y estructura interna del páncreas de un animal.

12.—Estudiar la dentadura humana en un cráneo y la inserción de los dientes en los alvéolos dentarios.

13.—Estudiar un diente humano por un corte longitudinal medio.

14.—Acción de los ácidos sobre los dientes.

15.—Estudiar la conformación externa de la lengua de diversos animales.

## 2.º Absorción

1.—Observar las vellosidades intestinales de diversos animales.

2.—Fenómeno de osmosis. Tómese un embudo de vidrio y tápese herméticamente la boca ancha con una vejiga de un animal. Se llena el embudo con agua azucarada y se verá que no sale una gota del líquido. Se le coloca en seguida en un recipiente lleno de una solución coloreada, por ejemplo de permanganato de potasio.

Examinando el aparato algunas horas después, se encuentra que la solución dentro del embudo también se ha coloreado, y la del recipiente se ha vuelto dulce. Lo cual nos demuestra que a través de la vejiga, que ha resultado porosa, se originaron dos corrientes (osmosis): una del recipiente hacia el interior del embudo (endosmosis) y otra del interior del embudo hacia afuera (exosmosis).

La experiencia también se puede hacer al contrario, colocando el líquido coloreado en el embudo y la solución azucarada en el recipiente.

### 3.º Respiración

1.—Observar externamente el aparato respiratorio de un animal de laboratorio o matadero.

2.—Hacer cortes (y observarlos) por la tráquea, bronquios y pulmones de dicho aparato.

3.—Observar los músculos inspiradores y espiradores de un animal vacuno y del hombre, en el maniquí y cuadros correspondientes.

4.—Demostrar la necesidad del oxígeno para la respiración, y por lo tanto para la vida, por medio de una máquina neumática y un ratoncillo o un pajarito.

5.—Demostrar que el anhídrido carbónico es uno de los gases que expiramos:

a) Por medio de una lechada de cal.

b) Recogiendo el aire de la respiración en una cuba colectora de gases, un frasco con agua boca abajo y una astilla o vela encendidos.

6.—Demostrar que en la expiración arrojamos vapor de agua, para lo cual respiraremos frente a un espejo frío.

7.—Si es posible se debe observar con los Rayos X del Laboratorio de Física (o en un hospital) los movimientos de los órganos respiratorios de un hombre.

8.—Hacer respirar el mismo aire a un animalito de laboratorio, bajo una campana de vidrio herméticamente cerrada. Ver y explicar el resultado.

#### 4. Circulación

1.—Estudiar el corazón de diversos animales, de laboratorio y de matadero.

2.—Hacer cortes muy finos por una vena o arteria y observarlos al microscopio.

3.—Observar al microscopio sangre diluída especialmente (no se use agua destilada porque destruye los glóbulos).

4.—Coagular sangre fresca de un animal.

5.—Batir largamente la sangre fresca hasta obtener fibrina.

6.—Disolver sangre en agua destilada y observar la deformación que sufren los glóbulos.

7.—Observar la circulación de la sangre en la cola de un renacuajo, en la lengua de un sapito o en un trozo de peritoneo.

8.—Oír los ruidos del corazón.

9.—Tomar el pulso.

10.—Demostrar la actividad auricular y ventricular del corazón de una rana, extraído con todo cuidado y conservado en solución fisiológica.

11.—Agregar algunas gotas de alcohol sobre dicho corazón y observar el efecto.

#### 5.º Excreción

1.—Observar la forma externa del riñón de un animal de laboratorio o de matadero.

2.—Observar el mismo en un corte longitudinal medio.

3.—Demostrar la existencia de diversos compuestos en la orina, por medio de reactivos especiales (glucosa, urea, cloruros, albúmina, etc.).

#### 6.º La piel

1.—Frótese fuertemente las manos sobre la ropa y explíquese el olor a cuerno quemado que se produce.

2.—Observar la inserción de las plumas de las aves y los pelos de los animales.

3.—Observar el nacimiento de las garras de algunos animales.

4.—Observar al microscopio la raíz de un pelo.

5.—Hacer cortes muy finos por la piel de un animal y observarlos al microscopio.

## TERCERA PARTE

# B I O L O G I A   V E G E T A L

## 1.º Absorción

1.—Preparar diversas soluciones alimenticias, faltando en cada una de ellas uno de los elementos indispensables para la vida del vegetal. Colocar sobre ellas una plantita de maíz de modo que sus raíces toquen la solución alimenticia y ver el resultado después de algunos días.

2.—Reemplazar la tierra donde debe tener las raíces un vegetal, por una solución alimenticia completa y observar su desarrollo.

Solución alimenticia:

Agua destilada .....	1.000 gramos
Sulfato de calcio .....	0,5 „
Nitrato de potasio .....	1 „
Sulfato de magnesio .....	0,5 „
Fosfato tricálcico .....	0,5 „
Sulfato de fierro .....	0,01 „

3.—Hacer nacer raíces adventicias de una rama de rosal, clavelina o de una fronda de helecho y colocarlas en seguida en una solución alimenticia. Ver si dichas raíces nuevas son absorbentes.

4.—Observar al microscopio cortes finos por pelos radicales.

5.—Observar raicillas de Leguminosas.

## 2.º Ascensión de la savia cruda

1.—Colocar tallos de lirio, junco u hojas grandes, o plantitas nuevas, en soluciones alimenticias con diferentes coloraciones. Se verán aparecer los mismos colores en la parte superior.

2.—Para demostrar la presión radical se corta el tallo de una planta de jardín (en macetero), cerca de la raíz y se le adapta un tubito de vidrio que se sujeta con una manguera de goma. Se verá que después de regar la planta, la savia cruda asciende por el tubito.

## 3.º Asimilación del carbono

1.—Demostrar que cubriendo una parte de una hoja con papel negro, no se forma almidón. Para esto se sumerge la hoja en tintura de yodo yodurado y tomará coloración azul violeta. Antes de sumergirla en la tintura se lava la hoja con agua hirviendo y se le trata previamente con alcohol.

2.—Demostrar que una planta desprende oxígeno. Para esto se cubre una plantita acuática con un embudo, y el cuello de éste va dentro de un tubo de ensayes lleno de agua. Poco a poco es reemplazada el agua del tubo por un gas, que se demostrará que es oxígeno por medio de una pajuela encendida.

3.—Colocar una planta bajo una campana de vidrio cuyas paredes se tiñen de diversos colores. Observar la intensidad de la asimilación en cada caso.

## 4.º Respiración

1.—Se colocan semillas húmedas en una probeta de boca ancha y se tapa perfectamente. Después de dos días se destapa y se introduce una vela encendida. El anhídrido carbónico la apagará.

2.—Se colocan, una plantita de macetero y un vaso con agua de cal, bajo una campana de vidrio y se con-

servan en la obscuridad. Después de algunas horas el agua de cal se ha enturbiado porque el anhídrido carbónico producido por la respiración de la planta ha transformado el hidrato de calcio en carbonato.

3.—Hacer germinar plantas en un vaso abierto, respirando libremente el oxígeno atmosférico; y hacer germinar otras en un vaso herméticamente cerrado. Observar el resultado en ambos casos.

### 5.º Transpiración

1.—Se colocan hojas frescas bajo una campana de vidrio y se verá después de un rato que las paredes de la campana están cubiertas de gotitas de agua condensada.

2.—Se tara en una balanza una planta de jardín en macetero, y en el otro platillo las pesas correspondientes. Después de algunas horas el equilibrio se rompe por la pérdida de vapor de agua.

### 6.º Circulación

1.—Si cortamos una rama joven veremos que la superficie de la cortadura se cubre muy pronto de agua. Observar que las primeras gotitas aparecen siempre en el leño, pues los vasos leñosos constituyen la vía de ascenso.

2.—Cortemos en una rama un anillo de corteza hasta el leño. Veremos que a pesar del corte, las partes superiores de la planta continúa creciendo como si nada hubiera ocurrido, mientras que las inferiores se marchitan y mueren.

3.—Apretemos fuertemente una rama joven estrangulándola hasta los vasos del líber. Todas las ramas inferiores se secarán, pero las células que quedan por encima de la ligadura, por exceso de nutrición, comenzarán a reproducirse hasta ocasionar un engrosamiento como papera, que a veces se cubre de raíces adventicias.

## FIN DE LA OBRA

# Indice

	Pág.
Dos palabras .....	3
Informe técnico .....	5

## PRIMERA PARTE

### BIOLOGIA EN GENERAL Pág.

Definición de Biología .....	7
Capítulos de la Biología .....	8
Caracteres generales de los seres vivientes.....	11
Diferencias entre plantas y animales.....	13
Constitución de los seres organizados.....	15
Concepto general de célula.....	16
Partes de la célula.....	18
Fisiología celular .....	23
Tejidos .....	23
Funciones primordiales de la vida.....	27
Funciones de la nutrición.....	28

## SEGUNDA PARTE

### BIOLOGIA ANIMAL

#### Capítulo I.

Aparato Digestivo.—La Boca.....	29
Los dientes .....	30
La faringe .....	33
El esófago .....	34
El estómago .....	36
Glándulas de la mucosa gástrica.....	38
El intestino delgado.....	41
Vellosidades intestinales .....	44
Intestino grueso .....	45

Apéndice vermicular .....	47
Glándulas en general.....	51
Glándulas salivales .....	53
Hígado.....	54
Páncreas.....	60
Alimentos.....	62
Clasificación de los alimentos.....	64
Ración alimenticia .....	69
Digestión.....	77
¿Cómo actúan los fermentos?.....	78
La digestión en la boca.....	82
La digestión en el estómago.....	84
Movimientos del estómago.....	86
Inervación y estratificación .....	88
Digestión en el intestino delgado.....	89
Bilis y sus componentes.....	91
Digestión en el intestino grueso.....	94
La digestión en conjunto en el hombre.....	94
Movimientos intestinales .....	96
Expulsión de los excrementos.....	98
El tubo digestivo en los Vertebrados.....	99
Cuadro sinóptico de la Digestión.....	102

## Capítulo II.

Absorción.....	104
Vías de la absorción.....	106
Linf y ganglios linfáticos.....	108
Vasos linfáticos .....	109
Ganglios linfáticos y composición de la linfa.....	110
Calor animal .....	111

## Capítulo III.

Respiración.....	113
Aparato respiratorio.....	114
La función respiratoria.....	123
Mecánica respiratoria .....	127

	Pág.
Capacidad pulmonar.....	131
Inervación respiratoria .....	132
Respiración cutánea .....	134
Tóxicos de la respiración.....	135

#### Capítulo IV.

Circulación.....	137
Corazón.....	137
Vasos sanguíneos.....	142
Sangre.....	147
Glóbulos blancos .....	149
Glóbulos rojos.....	150
Transfusión de sangre.....	153
Grupos sanguíneos .....	154
Coagulación de la sangre.....	156
La circulación.....	158
Movimientos del corazón.....	160
Ley del todo o nada.....	161
La función cardíaca in situ.....	162
Ruidos del corazón.....	164
Presión sanguínea.....	165
Ritmicidad cardíaca.....	166
Nervios vasomotores.....	169
Enfermedades del corazón.....	169

#### Capítulo V.

Excreción.....	171
Aparato excretor renal.....	171
Estructura interna del riñón.....	176
La función renal.....	177
Orina.....	179
Vejiga urinaria.....	180
La piel.....	181
Glándulas de la piel.....	181
Secreción sudorípara y sebácea.....	183
Apéndices de la piel.....	185
Los baños.....	187

TERCERA PARTE  
BIOLOGIA VEGETAL

Funciones primordiales de la vida.....	189
--	-----

**Capítulo I.**

La absorción .....	191
Poder absorbente y modo de absorción.....	193
Fenómenos de osmosis.....	196
Ascensión de la savia cruda.....	197

**Capítulo II.**

Asimilación del nitrógeno.....	202
Asimilación del carbono. — Fotosíntesis.....	203
Las hojas y la asimilación clorofílica.....	208

**Capítulo III.**

La respiración.....	211
Respiración de las raíces.....	214
Respiración de las semillas.....	214
Estudio comparativo de la respiración y la fotosíntesis.....	215

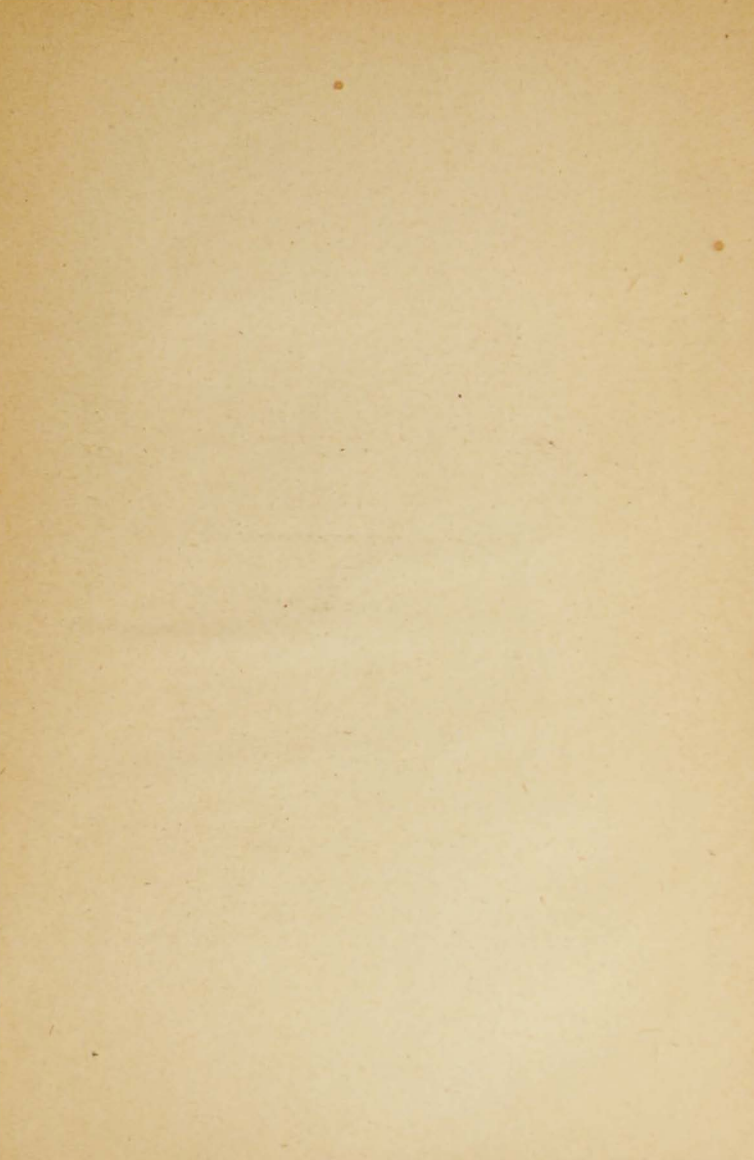
**Capítulo IV.**

La circulación .....	216
Estructura del tallo.....	216

**Capítulo V.**

La transpiración .....	222
Mecanismo de la transpiración.....	223
Adaptación de las plantas al ambiente.....	225
PARTE PRACTICA.....	227
Índice.....	235

---



2353

PRECIO \$ 18.—