

ÁREA I



Biología

II

3er. Semestre



Preparatoria Núm. 15

QH315
B53
v. 2

Á

●

BIOLOGÍA

●

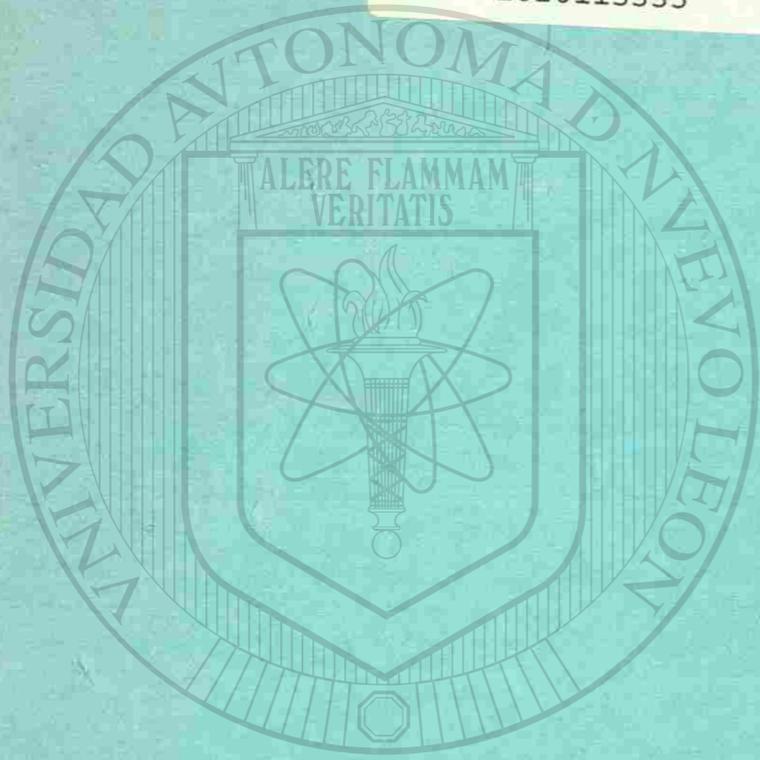
II

●

3er. Semestre

0112-97060

FON1



UNANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

BIOLOGIA II



UANL

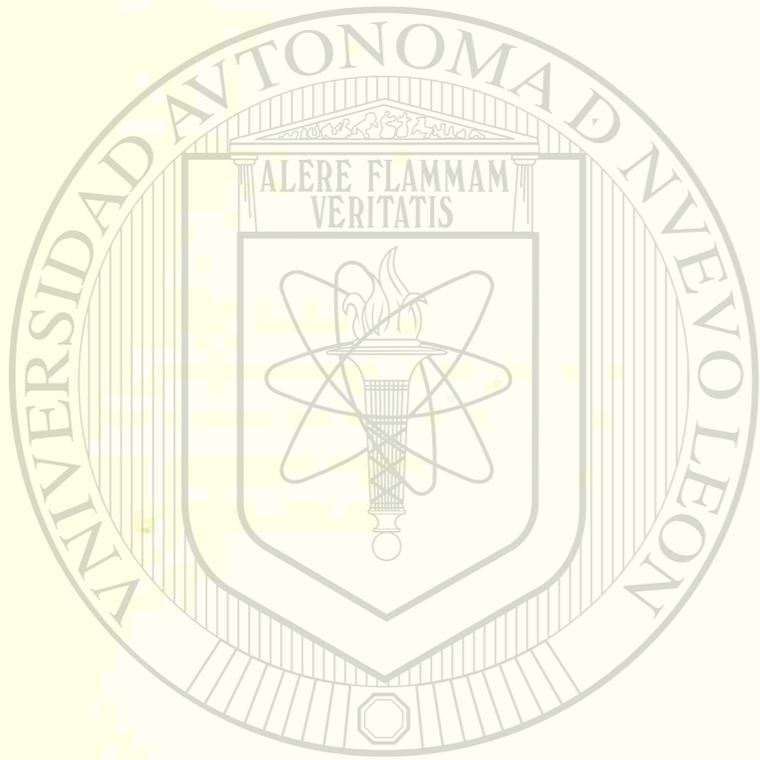
Biól. José Angel Salazar Guajardo
Biól. Héctor V. Medina Pedraza
Biól. José Ma. Torres Ayala
Biól. Sergio Montoya Pedraza
Biól. Oscar A. González de León

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



BIOLOGIA II



UANL

Biól. José Angel Salazar Guajardo
Biól. Héctor V. Medina Pedraza
Biól. José Ma. Torres Ayala
Biól. Sergio Montoya Pedraza
Biól. Oscar A. González de León

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

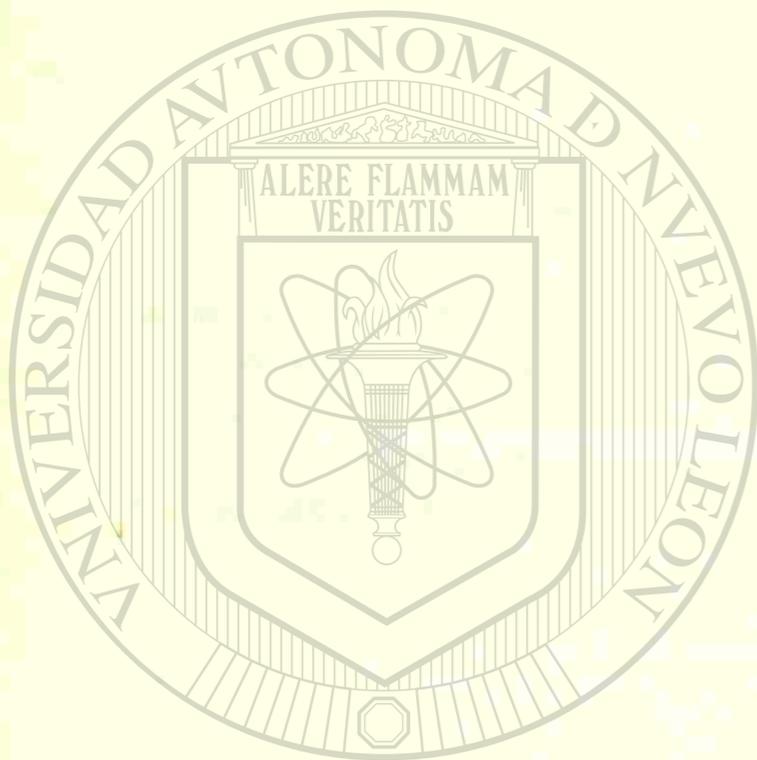
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



QH315

B53

V.2



FONDO UNIVERSITARIO

CONTENIDO.

CAPITULOS	PAGINAS
CAPITULO XV -----	1
Sistemas de Digestión y Transporte en Plantas	
CAPITULO XVI -----	7
Sistema de Digestión y Transporte en Animales	
CAPITULO XVII -----	23
Metabolismo y Nutrición	
CAPITULO XVIII -----	39
Excreción y Homeostasis	
CAPITULO XIX -----	57
Intercambio de Gases en plantas	
CAPITULO XX -----	65
Intercambio de Gases en Animales	
CAPITULO XXI -----	87
Reproducción de Plantas	
CAPITULO XXII -----	115
Reproducción en Animales	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULOS	PAGINAS
CAPITULO XXIII Reproducción en humano	133
CAPITULO XXIV Trasmisión Genética	157
CAPITULO XXV Interacción de las especies	181
CAPITULO XXVI El hombre Primitivo	209
CAPITULO XXVII Problemas Biológicos Actuales	241

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3er. SEMESTRE. ÁREA I. UNIDAD - IX.

DIGESTIÓN, TRANSPORTE Y EXCRECIÓN EN PLANTAS Y ANIMALES.

INTRODUCCIÓN.

Todas las especies se alimentan con sustancias distintas por lo que sus sistemas de digestión, de transporte y de excreción están adaptados y toman formas y funciones diferentes. En esta unidad estudiaremos esas diferencias.

OBJETIVOS.

- 1.- Explicar la función de las enzimas en la digestión de las plantas.
- 2.- Explicar la absorción del agua, estructura y función de los tejidos conductores en las plantas.
- 3.- Definir la transpiración de las plantas.
- 4.- Estudiar las teorías de la circulación de las plantas.
- 5.- Describir los modelos de digestión en esponjas, hidra, y lombriz de tierra.
- 6.- Describir el sistema digestivo del hombre.
- 7.- Explicar el sistema circulatorio abierto y cerrado como mecanismo de transporte.
- 8.- Enumerar las funciones del sistema de transporte en el hombre.
- 9.- Explicar la función del corazón, componentes de la sangre y circulación en el humano.

- 10.- Definir y explicar el metabolismo basal, metabolismo de los hidratos de carbono, grasas y proteínas.
- 11.- Describir el riñón, sus conductos y su funcionamiento.
- 12.- Describir la formación de la orina.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 15, 16, 17 y 18 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia cuidadosamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto de los siguientes capítulos: 15, 16, 17 y 18; la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audio visual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XV

SISTEMAS DE DIGESTIÓN Y TRANSPORTE EN PLANTAS

15-1. LOS MECANISMOS DE DIGESTIÓN DE PLANTAS Y ANIMALES.

Son básicamente iguales, las plantas no poseen un sistema digestivo tan complejo como los animales superiores; pero en esencia el mecanismo es el mismo. Las hojas y partes fotosintéticas de la planta fabrican los alimentos, los cuales son distribuidos a las partes como el tallo y la raíz, la digestión aquí ocurre intracelularmente, los alimentos como lo son los azúcares, grasas o proteínas se distribuyen por difusión de célula a célula lo que significa que deben estar en forma soluble.

El desdoblamiento de estas moléculas alimenticias requiere de *enzimas digestivas* presentes en las células de las plantas. Por ejemplo, la conversión del almidón en azúcares más simples se lleva a cabo en células vegetales mediante la enzima *diastasa*.

Las proteínas son desdobladas en forma de aminoácidos por un grupo de enzimas llamadas *proteasas*, de las cuales en la piña encontramos un tipo de ellas: *la bromelina*. Otro tipo de proteasa es la *papaína* producida por la papaya inmadura, utilizada para el ablandamiento de la carne.

Plantas carnívoras. Existen algunas plantas que ingieren insectos, por lo general son plantas verdes, con flores que efectúan la fotosíntesis, algunas tienen sus hojas modificadas para cumplir con la ingestión. Dichas plantas secretan enzimas digestivas semejantes a las de los animales. (Fig. 15-1).

Las plantas acumulan reservas de materia orgánica que utilizan en tiempos en que es imposible la fotosíntesis como por ejemplo, en invierno (plantas caducifolias). Los embri-

- 10.- Definir y explicar el metabolismo basal, metabolismo de los hidratos de carbono, grasas y proteínas.
- 11.- Describir el riñón, sus conductos y su funcionamiento.
- 12.- Describir la formación de la orina.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 15, 16, 17 y 18 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia cuidadosamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto de los siguientes capítulos: 15, 16, 17 y 18; la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audio visual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XV

SISTEMAS DE DIGESTIÓN Y TRANSPORTE EN PLANTAS

15-1. LOS MECANISMOS DE DIGESTIÓN DE PLANTAS Y ANIMALES.

Son básicamente iguales, las plantas no poseen un sistema digestivo tan complejo como los animales superiores; pero en esencia el mecanismo es el mismo. Las hojas y partes fotosintéticas de la planta fabrican los alimentos, los cuales son distribuidos a las partes como el tallo y la raíz, la digestión aquí ocurre intracelularmente, los alimentos como lo son los azúcares, grasas o proteínas se distribuyen por difusión de célula a célula lo que significa que deben estar en forma soluble.

El desdoblamiento de estas moléculas alimenticias requiere de *enzimas digestivas* presentes en las células de las plantas. Por ejemplo, la conversión del almidón en azúcares más simples se lleva a cabo en células vegetales mediante la enzima *diatasa*.

Las proteínas son desdobladas en forma de aminoácidos por un grupo de enzimas llamadas *proteasas*, de las cuales en la piña encontramos un tipo de ellas: *la bromelina*. Otro tipo de proteasa es la *papaína* producida por la papaya inmadura, utilizada para el ablandamiento de la carne.

Plantas carnívoras. Existen algunas plantas que ingieren insectos, por lo general son plantas verdes, con flores que efectúan la fotosíntesis, algunas tienen sus hojas modificadas para cumplir con la ingestión. Dichas plantas secretan enzimas digestivas semejantes a las de los animales. (Fig. 15-1).

Las plantas acumulan reservas de materia orgánica que utilizan en tiempos en que es imposible la fotosíntesis como por ejemplo, en invierno (plantas caducifolias). Los embrio-

nes vegetales no fabrican sus alimentos mientras la semilla no haya germinado; por lo tanto contiene grandes cantidades de carbohidratos y grasas, los cuales suministran energía para el desarrollo de las semillas

1.- Nombra los tejidos conductores de las plantas carnívoras.

Las plantas vasculares cuentan con dos clases de tejidos para el transporte de agua y de moléculas alimenticias y minerales, dichos tejidos se encuentran en todas las regiones de la planta y son el xilema y el floema.

Absorción de agua. Las plantas vasculares absorben agua del suelo a través de la raíz, aunque el mecanismo exacto de esta absorción no se conoce completamente pero se sabe que la ósmosis, o sea la difusión del agua a través de una membrana semipermeable, es uno de los mecanismos de la absorción del agua por la raíz de la planta.

En la Fig. 15-2 se muestra la raíz de una planta con sus pelos radicales, el gradiente de concentración en éstos es de fuera hacia adentro, o sea que la concentración del agua es mayor en el exterior que en el interior de la raíz. Por lo tanto por ósmosis, el agua se difunde hacia el interior junto con los minerales disueltos y gases.

Otro mecanismo conocido como *absorción pasiva* que puede explicar el movimiento del agua hacia los pelos radicales, se debe a la tensión que resulta del déficit de agua en las hojas, el cual lo cubre el agua que asciende por los tallos y que por consiguiente crea un déficit de agua en la raíz y en los pelos radicales; por eso el agua del suelo tiende a moverse hacia esos espacios. Después el agua pasa de célula a célula hasta el xilema, tejido especializado conductor del agua.

Tejidos conductores. Ya mencionamos que existen 2 tipos de tejidos conductores, el xilema y el floema, de los cuales el primero conduce el agua y las sales minerales disueltas hacia arriba, el segundo que forma la capa interior

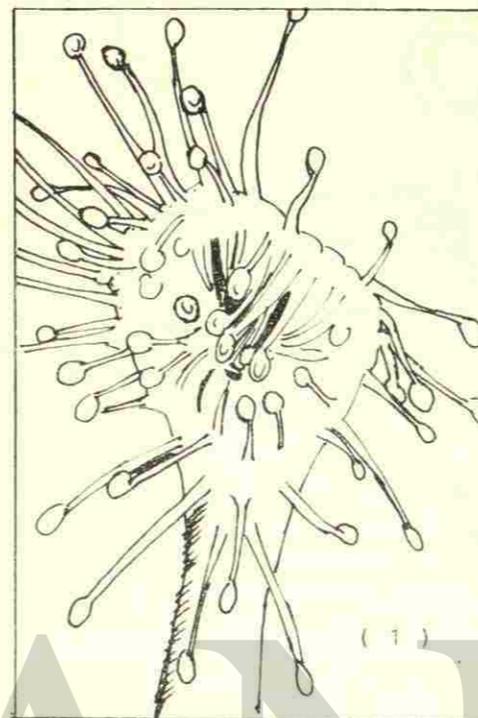


Fig. 15-1 Plantas Carnívoras.

1.- Rocío de Sol.

(*Drosera rotundifolia*).



2.- La Planta Nephenthes.

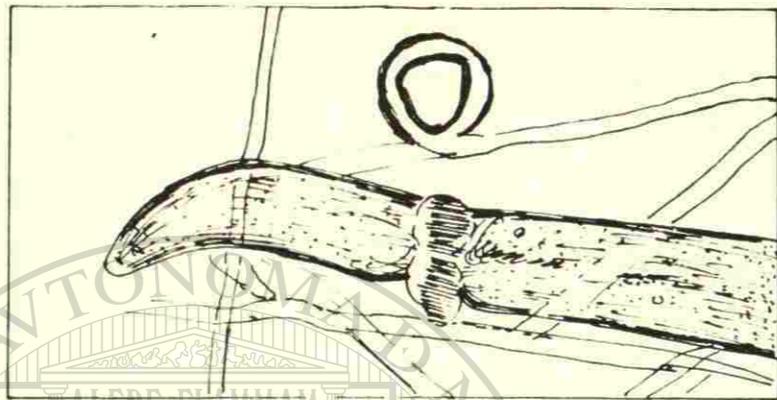


Fig. 15-1. Hongo carnívoro atrapando a un nemátodo

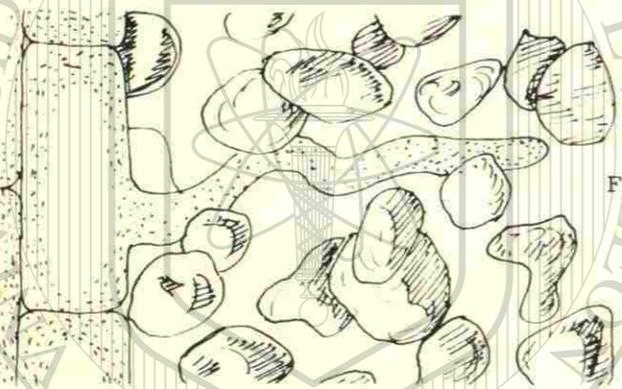


Fig. 15-2. Pelos radicales.

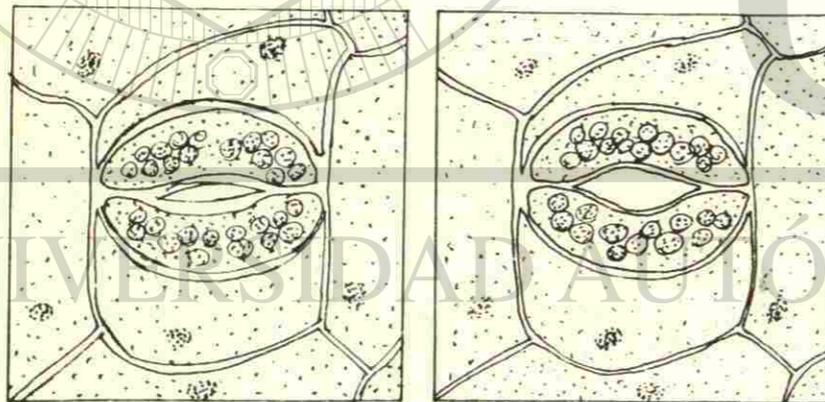


Fig. 15-3 Los Estomas.

de la corteza, conduce los alimentos desde las hojas hacia abajo.

La forma de las células del xilema es alargada verticalmente, uno de los tipos principales son las *traqueidas*, de paredes gruesas y con poros o agujeros en éstas, que permiten el movimiento acuoso hacia dentro o hacia fuera de ellas, en los árboles viejos la parte central del tallo se endurece y adquiere color oscuro y aquí el xilema no sirve para la conducción del agua, solamente de soporte y recibe el nombre de *duramen*.

Las células del floema son las *células cribosas* o *tubos cribosos*, las cuales son largas unidas en los extremos en cuya parte están las placas cribosas, perforadas con orificios capaces de cerrarse si es necesario para facilitar el movimiento de los alimentos.

2.- Los tejidos xilema y floema de las plantas son equivalentes a los tejidos:

_____ y _____ de los mamíferos

La transpiración de las plantas es la evaporación controlada de agua por las hojas, la cual es mayor en la luz y en los días más calientes y a intervalos más bajos de humedades relativas; el mecanismo de control de la pérdida de agua son los estomas, los cuales son ciertas aberturas muy pequeñas de las hojas de las plantas superiores que se componen de dos células acopladas, de modo tal que se enfrentan por su lado cóncavo y regulan la toma de CO_2 y la eliminación de vapor de agua (fig. 15-3). La transpiración facilita las funciones del vegetal, al desplazar hacia arriba el agua por el tallo y encontrar en las hojas las soluciones diluidas de minerales absorbidas por las raíces, necesarias para la síntesis de nuevos constituyentes celulares y enfriar las hojas, igual que la evaporación del sudor en los animales.

El número de estomas varía en relación al tipo de planta. Las plantas tropicales en general tienen más estomas que las plantas de desierto.

¿Puedes deducir por qué?

15- CIRCULACIÓN EN LAS PLANTAS.

El movimiento de los materiales de una planta se llama translocación. Aunque se han sugerido varias teorías basadas en evidencias experimentales, aún no se conoce el mecanismo exacto del movimiento del agua y otras sustancias.

Se han postulado algunas teorías para explicar este movimiento de las cuales, la *teoría de la cohesión* es la más aceptada, ya que la evaporación del agua se realiza en las hojas y su capa celular exterior carecerá de agua y la tensión que absorber de las capas interiores adyacentes. Así el agua comienza a moverse de las células interiores a las exteriores por ósmosis. Esta tensión osmótica se transmite de las nervaduras de las hojas hacia la columna de agua en los túbulos del xilema.

Las moléculas de agua las une una fuerza de cohesión. En los árboles esta fuerza atrae las moléculas adyacentes de la columna de agua desde la raíz.

Compara la teoría de la cohesión con la absorción pasiva y enuncia su semejanza y su diferencia.

CAPÍTULO XVI.

SISTEMAS DE DIGESTIÓN Y TRANSPORTE EN ANIMALES.

Todos los "animales" para su subsistencia deben de ingerir alimentos, los cuales después de un largo proceso son degradados a sus mínimos componentes para la asimilación por parte de las células corporales (digestión). Dichos componentes (moléculas alimenticias) son las que proporcionarán la energía necesaria para que lleven a cabo todas las reacciones biológicas que dan lugar a la continuidad de la vida.

Sabemos que existen organismos muy simples como la *amoeba* y demasiado complejos como el hombre y los demás mamíferos. Los sistemas de digestión y transporte varían grandemente en proporción a la complejidad del organismo que se trate; aunque su funcionamiento básicamente es el mismo (degradar los alimentos a nivel molecular para su posterior asimilación); encontramos diferentes modelos de digestión y transporte.

16-1 MODELOS DE DIGESTIÓN.

Digestión en la esponja. Las esponjas son miembros del *phylum porífera*; son los animales multicelulares del reino animalia más simples. En este grupo de animales existe poca especialización, todo el animal está formado de unas cuantas clases de células ordenadas en dos capas.

En la figura 16-1 se observa una esponja muy generalizada, tiene una abertura en la parte superior que conduce a un hueco interior. En las paredes se encuentran unas aberturas microscópicas llamadas *células poro* que unen el exterior con la cavidad interior, la cual está delimitada por las *células collar o coanocitos*; cada una de éstas poseen un flagelo por medio de los cuales crean una corriente de agua hacia el interior de la cavidad, aprovisionándose de esta

¿Puedes deducir por qué?

15- CIRCULACIÓN EN LAS PLANTAS.

El movimiento de los materiales de una planta se llama translocación. Aunque se han sugerido varias teorías basadas en evidencias experimentales, aún no se conoce el mecanismo exacto del movimiento del agua y otras sustancias.

Se han postulado algunas teorías para explicar este movimiento de las cuales, la *teoría de la cohesión* es la más aceptada, ya que la evaporación del agua se realiza en las hojas y su capa celular exterior carecerá de agua y la tensión que absorberá de las capas interiores adyacentes. Así el agua comienza a moverse de las células interiores a las exteriores por ósmosis. Esta tensión osmótica se transmite de las nervaduras de las hojas hacia la columna de agua en los túbulos del xilema.

Las moléculas de agua las une una fuerza de cohesión. En los árboles esta fuerza atrae las moléculas adyacentes de la columna de agua desde la raíz.

Compara la teoría de la cohesión con la absorción pasiva y enuncia su semejanza y su diferencia.

CAPÍTULO XVI.

SISTEMAS DE DIGESTIÓN Y TRANSPORTE EN ANIMALES.

Todos los "animales" para su subsistencia deben de ingerir alimentos, los cuales después de un largo proceso son degradados a sus mínimos componentes para la asimilación por parte de las células corporales (digestión). Dichos componentes (moléculas alimenticias) son las que proporcionarán la energía necesaria para que lleven a cabo todas las reacciones biológicas que dan lugar a la continuidad de la vida.

Sabemos que existen organismos muy simples como la *amoeba* y demasiado complejos como el hombre y los demás mamíferos. Los sistemas de digestión y transporte varían grandemente en proporción a la complejidad del organismo que se trate; aunque su funcionamiento básicamente es el mismo (degradar los alimentos a nivel molecular para su posterior asimilación); encontramos diferentes modelos de digestión y transporte.

16-1 MODELOS DE DIGESTIÓN.

Digestión en la esponja. Las esponjas son miembros del *phylum porifera*; son los animales multicelulares del reino animalia más simples. En este grupo de animales existe poca especialización, todo el animal está formado de unas cuantas clases de células ordenadas en dos capas.

En la figura 16-1 se observa una esponja muy generalizada, tiene una abertura en la parte superior que conduce a un hueco interior. En las paredes se encuentran unas aberturas microscópicas llamadas *células poro* que unen el exterior con la cavidad interior, la cual está delimitada por las *células collar o coanocitos*; cada una de éstas poseen un flagelo por medio de los cuales crean una corriente de agua hacia el interior de la cavidad, aprovisionándose de esta

manera una gran cantidad de partículas alimenticias que se encuentran en el agua, de ahí las partículas se llevan hacia el interior de la célula collar donde son descompuestos.

Entre las células que forman la pared de la esponja y los coanocitos se encuentran las *células del mesénquima*, las cuales pueden efectuar cualquier tarea; o bien secretar las *espículas* de carbonato de calcio que forman el esqueleto de la esponja.

Digestión de la hidra. Las hidras son organismos simples del phylum *coelenterata* y tienen como característica un cuerpo simétricamente radial, organizado como un saco hueco. La digestión en estos organismos se efectúa tanto extracelularmente como intracelularmente en una cavidad digestiva especializada denominada cavidad *gastrointestinal*. La boca está rodeada por un círculo de tentáculos que llevan *cnidoblastos*, que son células punzantes que contienen nematosistos o cápsulas urticantes. Cuando la hidra extiende dichos tentáculos es de 10 a 30 mm; dichos tentáculos pueden capturar pequeñas partículas alimenticias u organismos más pequeños, a los cuales paralizan por medio de los nematosistos; después los tentáculos llevan el alimento capturado a la boca, la cual conduce a la cavidad digestiva que está tapizada por células especializadas; las cuales estimuladas por los alimentos secretan enzimas digestivas. Otro tipo de células flageladas crean una corriente y remueven las partículas alimenticias dentro de la cavidad digestiva. Existe en la cavidad digestiva otro tipo de células que emiten pseudópodos y fagocitan partículas alimenticias más pequeñas y en las vacuolas digestivas de células se completa la digestión proporcionando las moléculas por medio de las cuales obtienen su energía. (Fig. 16-2).

Digestión en la lombriz de tierra. En la mayoría del resto de los invertebrados y en todos los vertebrados, el conducto digestivo es un conducto de dos aberturas. La lombriz de tierra es un organismo perteneciente al phylum *annelida*, son gusanos segmentados que todo mundo conoce. Básicamente la lombriz de tierra es un tubo metido en otro, de los cuales el tubo interior es el sistema digestivo y está constituido de la siguiente manera: (fig. 16-3).

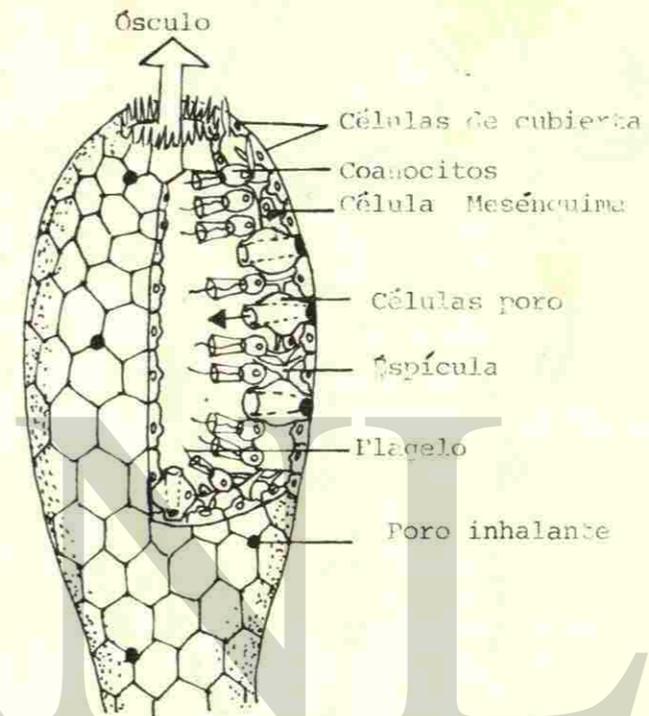


Fig.- 16- 1- Corte Seccional de una Esponja

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

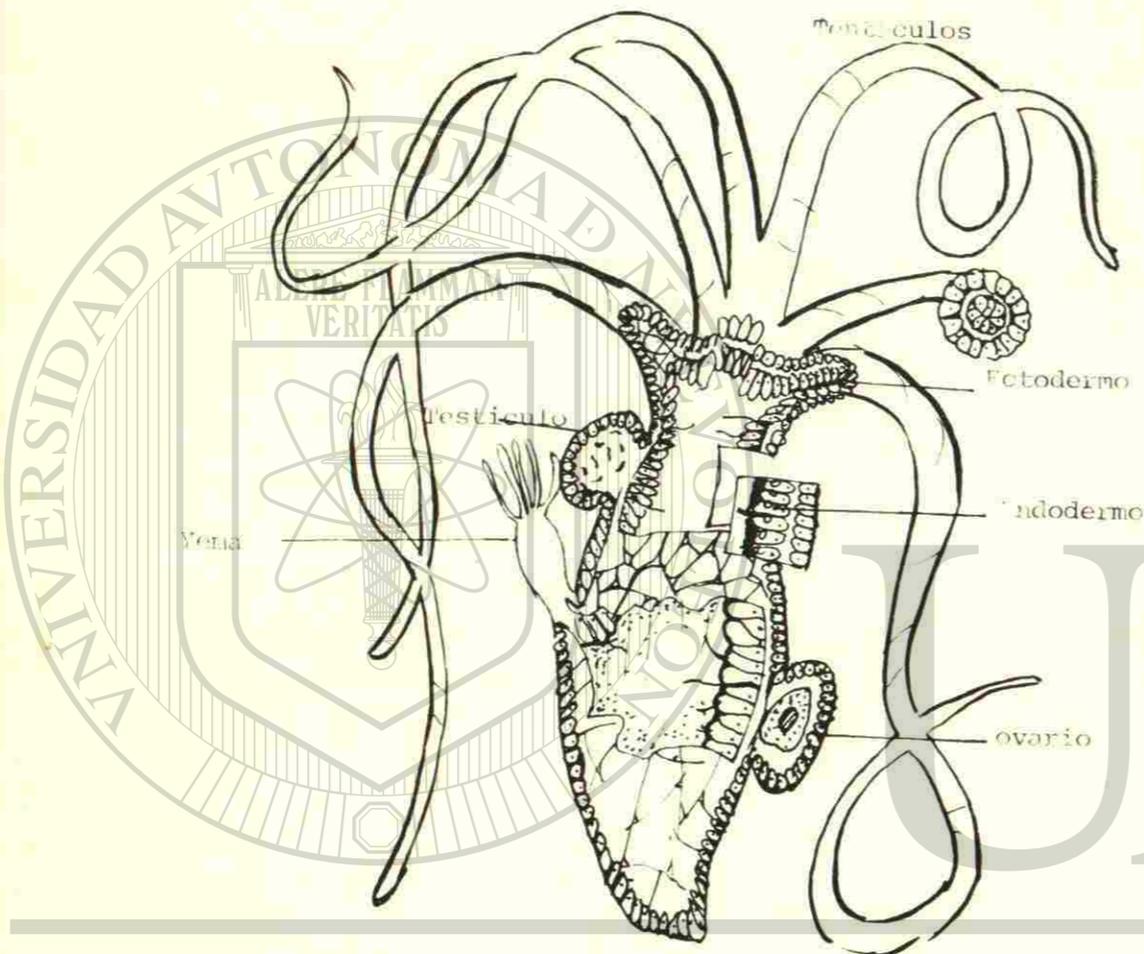


Fig. 16-2- Estructura de la hidra

En la parte anterior del organismo encontramos un *labio*, que es un órgano en forma de pala que el animal utiliza para remover la tierra e ingerir tierra, la cual contiene partículas orgánicas. El alimento es empujado a la boca por la succión de un órgano llamado *faringe*, después pasa a una zona donde se humedece para pasar a un lugar de almacenamiento o *buche*; del cual el alimento pasa a la *molleja* que es un órgano moedor de paredes gruesas. Posteriormente el alimento o tierra forma una sustancia *pastosa* y pasa al *intestino* que es un órgano tubular que se extiende hasta el final del cuerpo del gusano. Las células del intestino secretan enzimas digestivas encargadas de desintegrar las moléculas alimenticias en otras más pequeñas, las cuales son absorbidas por los vasos sanguíneos que se encuentran en las paredes del intestino.

Las partículas no digeribles como la tierra salen por el orificio posterior del intestino llamado ano.

Sistema digestivo humano. El aparato digestivo humano consta de un tubo enrollado de unos 9 metros de largo con órganos altamente especializados, tiene una entrada y una salida y está unido a los conductos de otros órganos que le ayudan a efectuar la digestión. (Fig. 16-4).

El conducto digestivo está formado por: *boca, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, recto y ano*. La boca se cierra por medio de dos labios carnosos, éstos y la lengua intervienen en el movimiento de los alimentos a fin de que los órganos de *masticación*, los *dientes*, puedan dividirlos en pequeños fragmentos. En la boca se encuentran las glándulas salivales que secretan enzimas digestivas, la boca se continúa con la *faringe*, región en la que pasa el aire de entrada y salida a los pulmones. Posteriormente sigue el *esófago* que es un tubo muscular recto que desemboca en el *estómago*, éste último está curvado, su curvatura mayor se encuentra a la izquierda; el extremo superior es el extremo *cardíaco*, el extremo inferior es el extremo *pilórico*, el cual termina en un músculo circular denominado *válvula pilórica*. El intestino delgado consta de tres partes: el *duodeno*, *yeyuno* e *íleon*. El intestino grueso o *colon* está formado de porción *ascendente, transversal y descendente*. Se encuentra un *ciego*

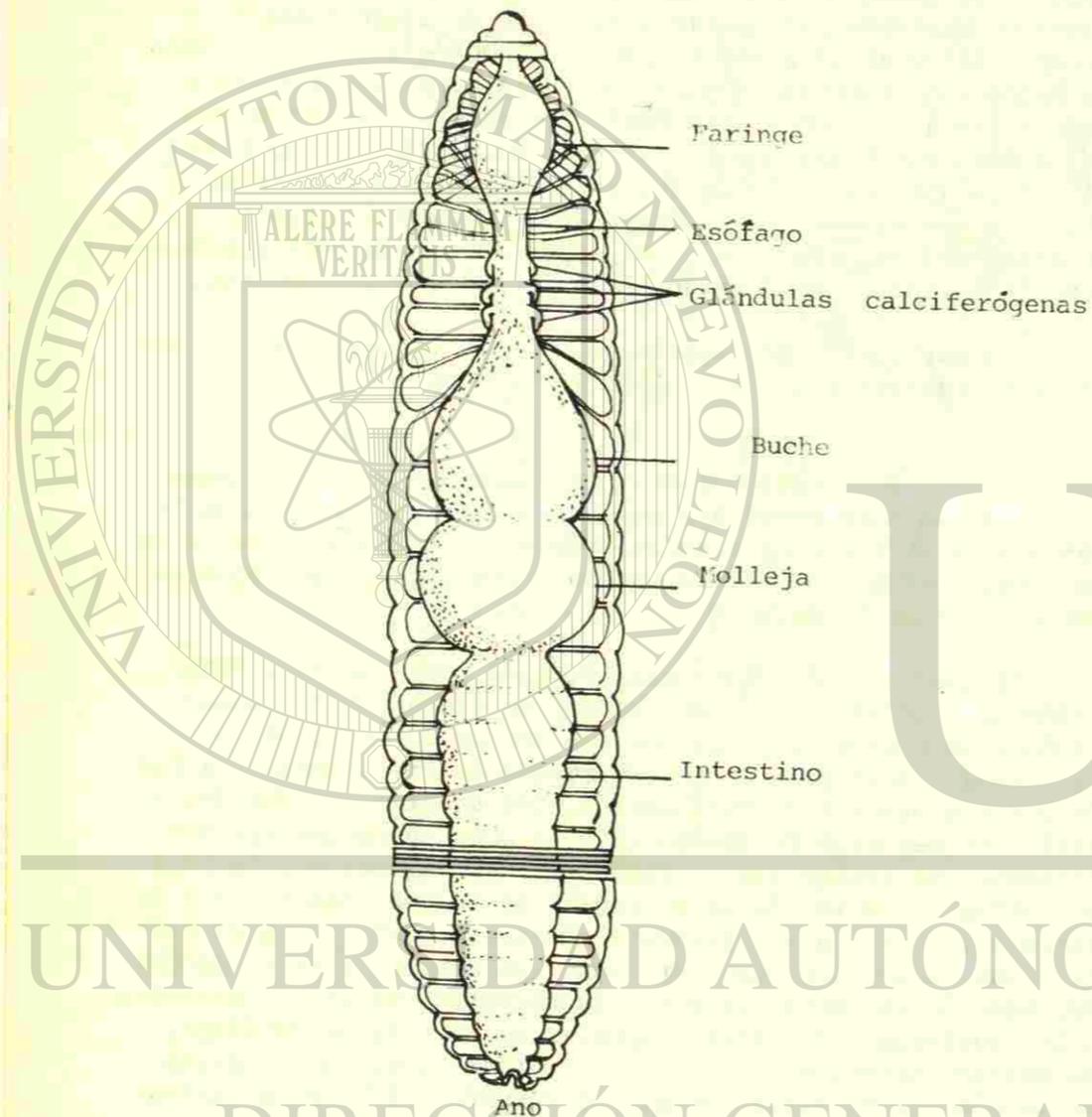


Fig. 16- 3- Sistema Digestivo de la lombriz de tierra

Intestinal en la unión del colon e ileon y el apéndice vermiforme que es una proyección del ciego.

La porción descendente del colon da origen a la curva sigmoidea y al recto, el cual se abre al exterior a través del ano.

Glándulas digestivas. Sabemos que las glándulas digestivas secretan enzimas digestivas. Con la boca se conectan 3 pares de glándulas salivales; en la cavidad peritoneal se encuentran dos glándulas digestivas el hígado y el páncreas. El hígado que es muy grande está formado de cuatro lóbulos. En el lóbulo derecho se encuentra una vesícula biliar. El páncreas es un órgano transversal más pequeño que se encuentra abajo del estómago. El conducto biliar del hígado y el conducto pancreático desalojan su contenido en forma conjunta en el duodeno. Existen otras glándulas digestivas presentes en la pared del estómago y del intestino delgado.

FISIOLOGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO HUMANO.

Procesos mecánicos. Los procesos mecánicos implican la masticación de los alimentos y la deglución mediante procedimientos voluntarios. En la boca el alimento es mezclado con la saliva de las glándulas salivales; el movimiento a través del canal alimenticio es principalmente involuntario. El alimento es retenido en el estómago hasta que es acidificado convenientemente; a intervalos pasa al duodeno en cantidades pequeñas a través de la válvula pilórica. El alimento acidificado en el duodeno origina la secreción de dos hormonas, una que estimula la secreción del páncreas y otra que origina el flujo de la bilis de la vesícula biliar.

Las acciones mecánicas del intestino involucran movimientos hacia adelante del contenido, mediante ondulaciones musculares llamadas peristalsis. En este proceso permite la mezcla de alimento (quimo) con las enzimas intestinales, y la absorción completa de los alimentos digeridos a través de las paredes intestinales, el agua es reabsorbida a través de los materiales indigeribles para formar las heces, la defecación

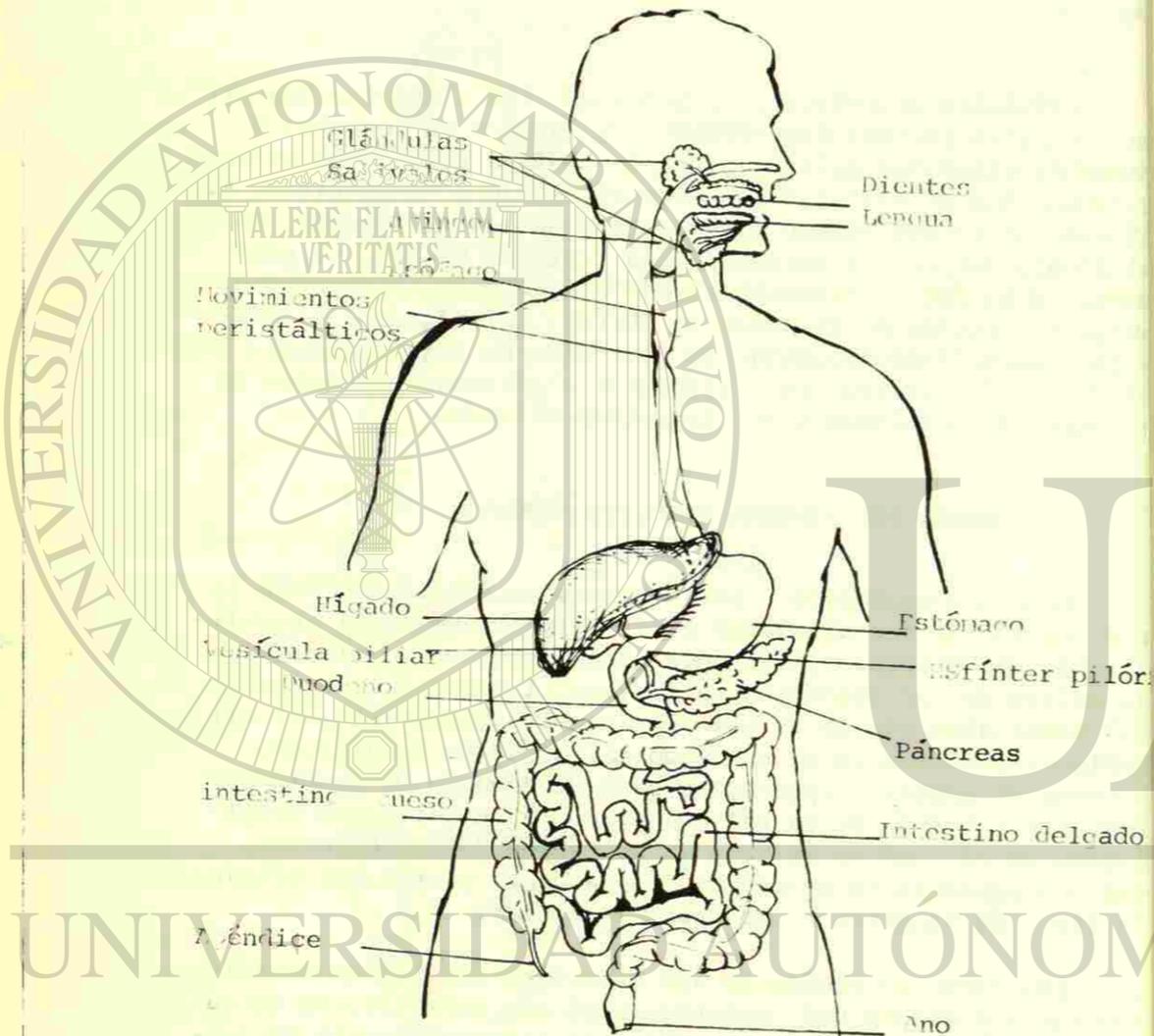


Fig. 16-4 Aparato Digestivo del Hombre.

o sea la descarga del material fecal es voluntaria.

Proceso químico. La digestión es realizada por una serie de enzimas hidrolizadoras. La primera actividad enzimática se efectúa en la boca donde la *amilasa salival* convierte el almidón en *maltosa* (azúcar doble). En el estómago la *pepsina* en presencia de ácido clorhídrico, hidroliza las proteínas. El jugo pancreático contiene varias enzimas, una de ellas es la *amilasa pancreática*, cuya función es la misma que la de la saliva; otra de ellas es la *lipasa* que hidroliza las grasas. Además de éstas existe una sustancia denominada *tripsina* que es una mezcla de enzimas hidrolizadoras de proteínas; las partículas de grasa son emulsionadas por otra sustancia no enzimática, la *bilis*. Aunque existen muchas otras enzimas digestivas, las de mayor importancia son las mencionadas anteriormente.

Absorción de los alimentos. El intestino delgado contiene en su cubierta interna millones de proyecciones denominadas *vellosidades intestinales*, las cuales contienen ramificaciones microscópicas del sistema circulatorio, tanto capilares sanguíneos como linfáticos. Las moléculas alimenticias son absorbidas por dichos capilares, los productos de la digestión de las proteínas y carbohidratos por los capilares sanguíneos, y las grasas en los linfáticos; de ahí pasan al hígado y al torrente circulatorio para pasar a cada célula.

a) Describir el sistema digestivo de la esponja, lombriz de tierra e hidra.

b) Describir el sistema digestivo humano.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

16-2 SISTEMA CIRCULATORIO.

Una vez que los alimentos han sido digeridos, es necesario que se transporten a todas las regiones del cuerpo para el aprovisionamiento de las moléculas alimenticias a todas las células; en organismos inferiores como la *esponja* no -- existe mayor problema, ya que los coanocitos crean una corriente y acarrear partículas alimenticias y oxígeno que aprovechan las células inferiores.

En la hidra el problema de transporte es mínimo, ya que su cuerpo consta de 2 capas de células, los alimentos al digerirse en la cavidad gastrointestinal se difunden hacia las células de la capa exterior.

En los animales superiores el problema del transporte es difícil, pero encontramos *dos* mecanismos generales; como ambos mecanismos emplean varios órganos para resolver el problema del transporte de oxígeno, materias nutritivas y desechos, los podemos describir como sistemas circulatorios.

Uno de ellos se describe como sistema circulatorio cerrado y otro como sistema circulatorio abierto.

Sistema circulatorio abierto. En este tipo de sistema circulatorio, la sangre circula a través del interior del cuerpo y baña directamente con su fluido a todas las células; la principal función de la sangre aquí es transportar los alimentos a todas las células, a la vez que recoge los dese-

chos. En la mayoría de los insectos la sangre no transporta el oxígeno sino que el oxígeno es distribuido por una red de túbulos que se abren al exterior, llamado *sistema traqueal*.

Sistema circulatorio cerrado. En el sistema circulatorio cerrado la sangre fluye dentro de una red de tubos, los vasos sanguíneos. Aquí la sangre se encarga de suministrar el oxígeno a las células; para cubrir las necesidades de oxígeno a las células la sangre debe moverse con rapidez; para dicho movimiento el sistema circulatorio cerrado cuenta con una bomba o corazón, la cual empuja la sangre hacia cada una de las células del cuerpo.

Los sistemas circulatorios cerrados se encuentran en todos los vertebrados y en algunos animales invertebrados.

Sistema de transporte humano. El sistema de transporte humano es cerrado y consiste de una bomba unida a una red de tubos llenos de fluidos, además de otros sistemas que suplementan y controlan el transporte en el hombre, como por ejemplo el sistema respiratorio y el sistema nervioso.

El sistema de transporte en el hombre posee otras funciones además del transporte del oxígeno y nutrientes, así como el acarreo de desechos de las células; dichas funciones son:

- 1) Intervienen en la regulación de la temperatura del cuerpo.
- 2) Proporciona una función protectora contra agentes patógenos mediante los anticuerpos.
- 3) Tiene función reparadora, porque ciertos tejidos dañados pueden ser reparados mediante la acción de algunas células sanguíneas y coagulación.

Composición de la sangre. Sabemos que la sangre es la encargada del transporte en el hombre, y los conductos dentro de los cuales fluye son arterias-venas y capilares y el corazón es una bomba que la impulsa.

Si colocamos una muestra de sangre en un tubo de ensayo y la centrifugamos, observamos que se forman dos capas de diferente coloración; la capa superior parece ser un líquido espeso y color paja que constituye en promedio el 55%; el resto lo constituye la otra capa color rojizo oscura. Este sedimento al analizarlo al microscopio vemos diferentes estructuras o células denominadas colectivamente "elementos formes" y el líquido color paja se le denomina "plasma". Estos son los dos constituyentes básicos de la sangre.

Elementos formes. Existen 3 grupos de elementos formes:

- a) Eritrocitos o glóbulos rojos. Se encuentran en el hombre adulto más o menos 25,000 billones de ellos; son células que no poseen núcleo y de forma bicóncava. Su función es transportar el oxígeno a cada célula - por medio de la hemoglobina que contiene y desechan el bióxido de carbono.
- b) Leucocitos o glóbulos blancos. Se encuentran en menor cantidad que los eritrocitos, aunque existen algunas variedades de leucocitos la función principal es formar el mecanismo de defensa de la sangre.

- c) Plaquetas. Las plaquetas son pequeñísimos corpúsculos cuya función es en la coagulación de la sangre.

El corazón y la circulación. El corazón humano es un órgano de forma cónica de tamaño aproximado del puño. Es una doble bomba, dividida por una pared longitudinal en dos mitades: una derecha y la otra izquierda. Ambos lados bombean al mismo tiempo. La sangre del lado derecho va a los pulmones y la del izquierdo va al resto del cuerpo. En cada contracción del corazón la sangre es expulsada y, durante la relajación la sangre llena las cámaras. La estructura y modelo de circulación del corazón se indican en la Fig. 16-5. Siguiendo el

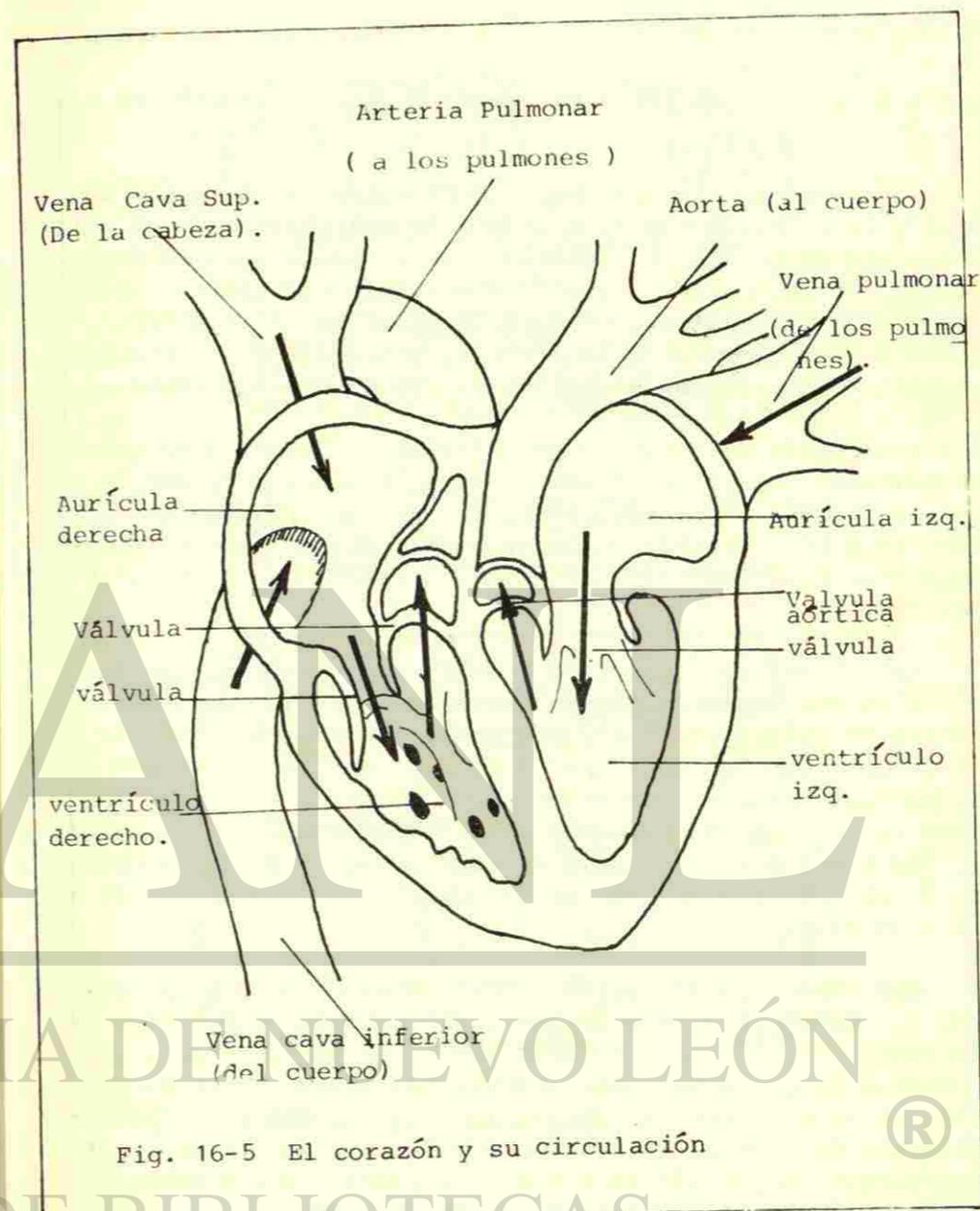


Fig. 16-5 El corazón y su circulación

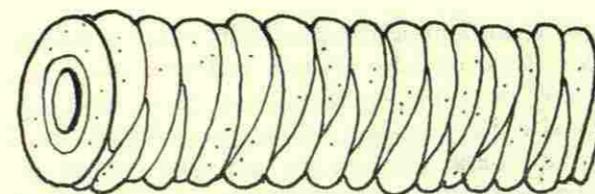
diagrama podemos describir el camino de la circulación en el corazón.

La sangre al regresar del cuerpo entra en la *aurícula derecha* y fluye hacia abajo, a través de una válvula de un solo paso hasta el *ventrículo derecho*. Las contracciones de los músculos de las paredes de este ventrículo empujan la sangre a través de otra válvula de un solo paso, hacia la *arteria pulmonar*. Las paredes de la arteria, por medio de contracciones musculares, ayudan a empujar la sangre hacia delante.

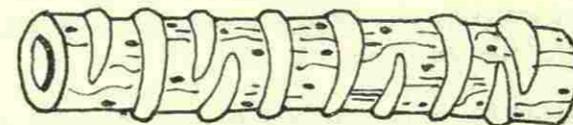
La arteria pulmonar se ramifica para llevar la sangre, por medio de una de las ramas, al pulmón derecho y, por la otra, al pulmón izquierdo. Lo mismo que las ramas de los árboles se subdividen más y más, y adelgazan sus paredes progresivamente. Estas pequeñas arterias se llaman *arteriolas*. (Ver fig. 16-6).

Las arterias se continúan ramificando hasta formar los *capilares* que penetran profundamente en los pulmones. Las moléculas de oxígeno de los pulmones se difunden a través de las células que forman la pared de los capilares y se combinan con las moléculas de hemoglobina de los eritrocitos. Al mismo tiempo, en los pulmones se elimina el bióxido de carbono. Las moléculas de bióxido de carbono se difunden, a través de las células de las paredes hacia los pulmones donde son exhaladas.

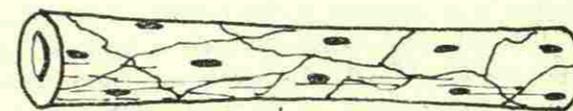
Los capilares al unirse forman vasos más gruesos, las *vénulas*. Estas al unirse forman *venas*. Aunque el diámetro de las venas sea igual o aun mayor que el de las arterias, no presentan su pared muscular gruesa. Las venas presentan válvulas de un solo sentido que impiden que la sangre regrese hacia los capilares. La sangre se mueve lentamente en las venas, porque ha perdido la fuerza que poseía en las arterias. Pierde su fuerza al entrar en los capilares.



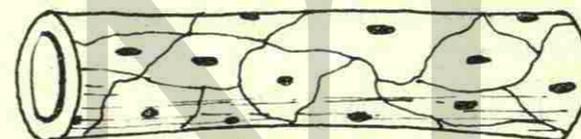
Arteria



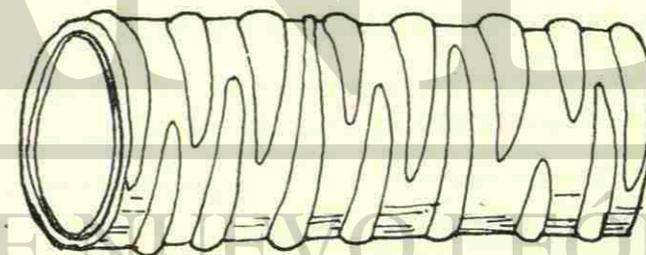
Arteriola



Capilar



vénula



Vena

Fig. 16-6 Los Vasos sanguíneos.

La sangre ya enriquecida con suficiente oxígeno, regresa de este modo por las grandes *venas pulmonares* a la *aurícula izquierda* del corazón. De la aurícula izquierda pasa por medio de una válvula de un solo sentido al *ventrículo izquierdo*. El ventrículo izquierdo bombea la sangre a través de una válvula, a la más grande de las arterias, la *aorta*. Esta gran arteria es la que lleva la sangre al resto del cuerpo. Después de pasar por los capilares, entra a las venas y así vuelve al lado derecho del corazón.

Hablamos anteriormente de dos circulaciones. Una, llamada *circulación pulmonar* que comprende el circuito de la sangre del corazón a los pulmones y de nuevo al corazón. Otra, la gran *circulación* que lleva la sangre a todo el cuerpo, se llama *circulación sistemática*. Todavía hay una tercera, la *circulación portal*; pero ésta no es realmente cíclica. La *circulación* de la vena porta incluye el sistema de venas que recogen de las vellosidades intestinales el material digerido y lo lleva al hígado.

a) Explique la circulación de la sangre.

b) Describir los elementos formes.

CAPÍTULO No. XVII

METABOLISMO Y NUTRICIÓN

Definiremos Metabolismo como la totalidad de los procesos químicos necesarios para mantener vivas las células corpóreas, estos se pueden dividir en dos fases importantes; la de construcción o anabolismo y la de la destrucción o catabolismo.

El metabolismo es un término amplio y los procesos que incluye suelen agruparse bajo varios mecanismos:

El metabolismo de la energía, que se refiere a los mecanismos por los cuales el organismo transforma el alimento en energía. El metabolismo de los carbohidratos es en esencia el metabolismo de la glucosa y de las sustancias afines. El metabolismo del nitrógeno designa los procesos que se encargan de los aminoácidos y otros compuestos proteínicos. El metabolismo de las grasas se refiere a los cambios químicos en los que entran en juego grasas y sustancias similares.

Metabolismo basal: La intensidad metabólica basal (IMB) es la expresión de la cantidad de energía que utiliza el organismo cuando está en condiciones basales.

Es la cantidad de energía empleada por el organismo únicamente para mantenerse vivo, sin gasto adicional por la digestión ni por movimientos musculares.

Se obtienen condiciones basales cuando un individuo no ha ingerido alimento durante las últimas 12 horas, ha permanecido extendido en forma tranquila durante 30 minutos antes de que comience la medición y ha permanecido extendido tranquilamente, pero despierto, cuando se efectúa la medición.

La sangre ya enriquecida con suficiente oxígeno, regresa de este modo por las grandes *venas pulmonares* a la *aurícula izquierda* del corazón. De la aurícula izquierda pasa por medio de una válvula de un solo sentido al *ventrículo izquierdo*. El ventrículo izquierdo bombea la sangre a través de una válvula, a la más grande de las arterias, la *aorta*. Esta gran arteria es la que lleva la sangre al resto del cuerpo. Después de pasar por los capilares, entra a las venas y así vuelve al lado derecho del corazón.

Hablamos anteriormente de dos circulaciones. Una, llamada *circulación pulmonar* que comprende el circuito de la sangre del corazón a los pulmones y de nuevo al corazón. Otra, la gran *circulación* que lleva la sangre a todo el cuerpo, se llama *circulación sistemática*. Todavía hay una tercera, la *circulación portal*; pero ésta no es realmente cíclica. La *circulación* de la vena porta incluye el sistema de venas que recogen de las vellosidades intestinales el material digerido y lo lleva al hígado.

a) Explique la circulación de la sangre.

b) Describir los elementos formes.

METABOLISMO Y NUTRICIÓN

Definiremos Metabolismo como la totalidad de los procesos químicos necesarios para mantener vivas las células corpóreas, estos se pueden dividir en dos fases importantes; la de construcción o anabolismo y la de la destrucción o catabolismo.

El metabolismo es un término amplio y los procesos que incluye suelen agruparse bajo varios mecanismos:

El metabolismo de la energía, que se refiere a los mecanismos por los cuales el organismo transforma el alimento en energía. El metabolismo de los carbohidratos es en esencia el metabolismo de la glucosa y de las sustancias afines. El metabolismo del nitrógeno designa los procesos que se encargan de los aminoácidos y otros compuestos proteínicos. El metabolismo de las grasas se refiere a los cambios químicos en los que entran en juego grasas y sustancias similares.

Metabolismo basal: La intensidad metabólica basal (IMB) es la expresión de la cantidad de energía que utiliza el organismo cuando está en condiciones basales.

Es la cantidad de energía empleada por el organismo únicamente para mantenerse vivo, sin gasto adicional por la digestión ni por movimientos musculares.

Se obtienen condiciones basales cuando un individuo no ha ingerido alimento durante las últimas 12 horas, ha permanecido extendido en forma tranquila durante 30 minutos antes de que comience la medición y ha permanecido extendido tranquilamente, pero despierto, cuando se efectúa la medición.

Metabolismo de los carbohidratos:

Existen tres clases principales de azúcares simples: - glucosa, fructuosa y galactosa, derivados de la hidrólisis (digestión) de los azúcares dobles, su absorción es en el tubo digestivo, pasan al hígado donde los azúcares simples se convierten en glucosa y se almacena en forma de glucógeno.

El glucógeno es un polisacárido de gran peso molecular, compuesto de unidades de glucosa unidas por enlaces alfa-glucosídicos.

El papel del hígado en el almacenamiento de los hidratos de carbono fue descubierto por el fisiólogo Claudio Bernard, mediante análisis del contenido en glucosa de la sangre entrante y saliente del hígado inmediatamente después de una comida, con el resultado de que había mucho más azúcar en la primera que en la segunda. El análisis del tejido hepático demostró a su vez que aparecía nuevo glucógeno simultáneamente. Entre las comidas el glucógeno del hígado es transformado de nuevo en glucosa, y la concentración de glucosa en la sangre que abandona el hígado es superior a la de la sangre que entra en el mismo. De esta forma Bernard comprobó que el hígado conserva aproximadamente constante la concentración de la glucosa en la sangre durante todo el día.

El hígado puede acumular suficiente glucógeno para suministrar glucosa durante 12 a 24 horas; después de este tiempo debe conservar la glucemina mediante la conversión de otras sustancias, principalmente aminoácidos y grasas en glucosa.

El uso principal que se da a los carbohidratos y las grasas en el cuerpo humano es la liberación de energía para sintetizar ATP, la fuente de energía directamente utilizable en las reacciones celulares.

Como la glucosa es el origen más importante de energía para todas las células, su concentración en la sangre deberá conservarse por encima de cierto mínimo que se considera de unos 80 mgs., por 100 ml. de sangre. El cerebro es el primer

órgano que sufre si la concentración es menor, pues, en contraste con muchas otras células del organismo, las cerebrales no pueden guardar cantidades apreciables de glucosa y su capacidad para utilizar grasas o aminoácidos como fuente de energía es muy limitada. Cuando el nivel de glucosa es bajo, y no se suministra al cerebro una cantidad adecuada de combustible, aparecen síntomas semejantes a los que acompañan a la falta de oxígeno, confusión mental, convulsiones, inconsciencia y muerte.

Las células musculares también pueden transformar la glucosa en glucógeno para su almacenamiento, pero el glucógeno muscular solo sirve como depósito local de combustible, -- propio únicamente para el trabajo de las contracciones, pero no para regular la glucemia.

En el hígado, pero no en las fibras musculares, está contenida la enzima glucosa -6- fosfatasa, lo cual convierte la glucosa -6- fosfato en glucosa libre, destinada a la corriente sanguínea.

Además de su almacenamiento en forma de glucógeno o de su oxidación para dar energía, la glucosa puede transformarse en grasas de reserva siempre que el suministro de glucosa sobrepase las necesidades inmediatas, el hígado procede a su conversión en lípidos, que serán fuentes de energía en otra ocasión futura.

Durante mucho tiempo se ha sabido que el sujeto engorda si come grandes cantidades de dulces y almidones, y también que la fécula de maíz o de trigo dado como pienso al ganado y a los cerdos se convierte en grasa de mantequilla y tocino. El funcionamiento del hígado en el metabolismo de los carbohidratos, se regula por la interacción compleja de cuatro hormonas: Insulina del páncreas, Cortisol de la porción cortical de la misma y hormona del Crecimiento de la Hipófisis.

a) Definir el Metabolismo Basal.

b) Describa el Metabolismo de los carbohidratos.

Metabolismo de las grasas:

Las grasas contienen en cierta proporción varias clases de ácidos grasos. Al ingerir la grasa de la carne o aceites, estos lípidos deben ser transformados, principalmente en el hígado, en el tipo de grasas características de los seres humanos. La grasa del tejido adiposo, además de estar disponible para convertirse en energía en caso de ser necesario, sirve como almohadilla para algunos órganos internos y como capa aislante debajo de la piel, con la cual se evita la pérdida demasiado rápida de calor. La oxidación de los ácidos grasos no progresa adecuadamente hasta que se disponga de ácido oxalacético, derivado principalmente del metabolismo de los hidratos de carbono, para que se condense con la acetilcoenzima A, formada a partir de los ácidos grasos.

Los diabéticos, cuyo metabolismo de los hidratos de carbono es irregular sufren así mismo un metabolismo anormal de las grasas, de modo que ciertos productos nocivos, llamados cuerpos cetónicos suelen acumularse en la sangre y eliminarse por la orina.

Las grasas, lo mismo que las proteínas son componentes estructurales de las membranas nuclear, mitocondrial y plasmática.

El metabolismo de las grasas está en parte regulado por hormonas de la Hipófisis y de las suprarrenales, y en parte por hormonas sexuales, pero los detalles de esta regulación no son por entero comprendidos. Algunos trastornos funcionales graves del hígado pueden tener por secuela la ausencia casi completa de grasas de los tejidos usualmente adiposos, lo que señala que estos materiales deben ser incluidos de alguna manera por el hígado antes de ser almacenados.

Metabolismo de las proteínas y aminoácidos:

La mayoría de aminoácidos que penetran al hígado por la vena porta se separan de la sangre y se almacenan temporalmente. Más adelante algunos reingresan en la sangre y son llevados a las células para su incorporación a nuevas proteínas. Los experimentos en que se han utilizado aminoácidos con "nitrógeno pesado", han demostrado que las proteínas del organismo están siendo constantemente desintegradas y reconstruidas.

Si para el régimen alimenticio figuran más aminoácidos que los necesarios para las síntesis de las proteínas celulares, unas enzimas hepáticas extraen el grupo Amino de los aminoácidos, proceso que se conoce con el nombre de desaminación.

Otras enzimas reúnen los grupos amínicos separados con bióxido de carbono para formar un desecho llamado Urea; el cual es transportado por la corriente sanguínea a los riñones y excretado por la orina.

Los remanentes de los aminoácidos dejados después de la desaminación, son simples ácidos orgánicos. La armazón carbónica de algunos aminoácidos, llamados aminoácidos "Glucogénicos", puede convertirse en glucosa o glucógeno; el de otros da el residuo de cuerpos cetónicos, por lo que se conocen como aminoácidos "Cetógenos". Las proteínas como tales, apenas se almacenan en el organismo; las utilizadas en caso de agotamiento de grasas e hidratos de carbono no se acumularon como proteínas sino que son las enzimas y proteínas estructurales propiamente dichas de las células.

La regulación hormonal del metabolismo de las proteínas y aminoácidos es todavía más oscura que la de los lípidos. Como el proceso del crecimiento es esencialmente el depósito de nuevas proteínas y la hormona hipofisaria del crecimiento debe intervenir en cierta medida en esta regulación metabólica de las proteínas, también toman parte de las hormonas sexuales y algunas de la corteza suprarrenal.

c) Describa el metabolismo de las proteínas.

DIRECCIÓN GENERAL DE

NUTRICION Y DIETA

Los procesos químicos que mantienen la vida son muy complejos, y muchos de ellos misteriosos.

La nutrición es la serie de fenómenos a través de los cuales cualquier ser viviente -planta o animal- ingiere alimento, lo absorbe, lo emplea y lo aprovecha. En el hombre, su salud, su aspecto y no poca parte de su felicidad dependen en gran proporción de los alimentos que escoge para comer. Una buena nutrición es el resultado de ingerir los alimentos debidos en cantidades adecuadas para permitir al cuerpo desempeñar bien su trabajo. Por eso, el hombre debe comer alimentos que formen o reconstruyan los tejidos, que produzcan energía para sus actividades y que regulen sus funciones corporales, como el crecimiento, por ejemplo.

Todo eso se realiza mediante procesos químicos complicadísimos cuya investigación científica ocupa a millares de sabios. Uno de los primeros investigadores fue el químico alemán Justo von Liebig.

Liebig hizo muchos descubrimientos. La mayoría de ellos son complicados problemas de química, incomprensibles para los no iniciados en esa ciencia; pero otros son de alcance común: cualquiera puede comprender la importancia del moderno espejo, por ejemplo. Hizo notables estudios para determinar qué sucede al cocinar los alimentos, en la digestión y en los demás procesos, mostrando cómo se produce el calor del cuerpo humano. Descubrió el tipo adecuado de alimento para los niños de pecho y preparó un extracto de carne de vaca conocido en el mundo entero. Enseñó de qué viven las plantas, cómo obtienen su alimento del aire y del suelo y qué fertilizante necesitan. Inventó una nueva clase de pan y estableció la manera de analizar el agua para descubrir si es pura.

Liebig nació en Darmstadt en 1803. Su padre comerciaba en tintes y colorantes y, como todos los buenos padres, dejaba que el niño recorriera el taller y viera cómo preparaban esos materiales. Esto bastó para decidir la vocación - del muchacho y lanzarlo por el camino de la química.

No era fácil ser químico entonces. Esa gran ciencia - estaba en sus comienzos, bajo el impulso de hombres como - Lavoisier en Francia, y Dalton en Inglaterra, y apenas había llegado a Alemania.

Estudió en dos universidades alemanas. Cuando aprendió toda la química que en ellas podían enseñarle, se fue a París, donde tuvo la suerte de estudiar con el célebre químico francés Gay-Lussac. En París realizó importantes trabajos y, cuando volvió a Alemania, lo nombraron profesor de química de la universidad de Giessen, a los veintiún años de edad. Muchos años después lo llamaron a la universidad de Munich.

¿Cuáles son los principios nutritivos?

Una casa está hecha de muchos materiales diferentes. Y también el cuerpo humano. Los distintos elementos que se emplean para construir el cuerpo y regular sus funciones se llaman "principios nutritivos". Hay seis tipos principales de éstos, que son esenciales para la salud: carbohidratos o hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y agua. Por fortuna, estos principios alimenticios se encuentran en una variedad infinita de combinaciones de alimentos. No importa que se trate de negros, amarillos o blancos: mientras tengan en su dieta una cantidad adecuada de los alimentos básicos, todos medrarán, a pesar de la notable diversidad de los alimentos ingeridos. En cambio, si los carbohidratos, grasas y demás no se suministran en cantidades suficientes, sobrevendrán la desnutrición, enfermedad y aún la muerte.

Como ya se sabe, los alimentos ingeridos son la fuente de combustible empleada en los cuerpos para producir energía. Se necesita energía para mantener constante la temperatura - del cuerpo y suministrar fuerzas para todas las actividades: trabajo, juego, acción del corazón, digestión, eliminación - del material de desecho, respiración y aún la risa y el llanto. La cantidad de alimentos energéticos que necesita cada persona es muy variable, pues cada individuo gasta una cantidad de energía que varía según las actividades físicas, el tamaño, la edad, la constitución emocional, los vestidos y hasta el clima. En general, cuanto más activo sea, tanto mayor será la cantidad de alimentos energéticos que necesite - para mantener su cuerpo.

Dicha cantidad de alimentos energéticos depende también del "metabolismo". Algunas personas tienen un metabolismo basal elevado y esta gente necesita más alimentos energéticos que aquella cuyo metabolismo basal sea bajo. Por fin, el número de calorías que necesita diariamente una persona depende hasta cierto punto, de su grado de actividad. Al estar sentado en reposo, el cuerpo sólo necesita 50 por ciento más calorías que al dormir; y dos veces más para caminar que para permanecer sentado. Si se comen pocos alimentos energéticos, puede el cuerpo verse obligado a conseguir su energía mediante el consumo de tejidos corporales, en lugar de alimentos. En estas circunstancias, se pierde peso, se cansa uno fácilmente, y es más vulnerable a las infecciones. En cambio, cuando se toman más alimentos energéticos de los que pueda necesitar el cuerpo, éste almacena el exceso bajo la forma de grasa.

Carbohidratos

Los alimentos que más calor y energía producen son los carbohidratos -azúcares y almidones- y las grasas. Los carbohidratos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Son fuentes importantes de azúcares; las frutas, la miel, la mela za, los jarabes y aquellos alimentos en cuya preparación se emplea azúcar refinada, como dulces, jaleas, compotas, con--

servas y mermeladas. Los almidones se encuentran principalmente en las papas, frijoles, arroz, cereales y pan y cualquiera otra cosa hecha con harina.

No es posible determinar las necesidades mínimas de una persona en el caso de los carbohidratos, pues varían considerablemente según la actividad muscular del individuo. En general, se comienza determinando los requerimientos que existen para otros principios alimenticios primordiales; la casi totalidad del resto de las necesidades calóricas corresponde a los alimentos de tipo hidratos de carbono. Si se come una cantidad excesiva de carbohidratos, el sobrante se convierte en grasa; pero si, por el contrario, aquéllos son insuficientes, el cuerpo tendrá que echar mano de sus proteínas para cubrir parte de sus necesidades de combustible, con resultados deplorables.

Grasas.

Al igual que los carbohidratos, las grasas están constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno; pero, químicamente se trata de sustancias enteramente diferentes. Las grasas constituyen la fuente más concentrada de alimentos energéticos para el hombre. En calorías por gramo, producen más de dos veces (9) lo que los carbohidratos (4) o las proteínas (4); por esta razón, resultan muy útiles cuando es necesaria una gran cantidad de energía. Las fuentes de grasas incluyen la manteca, la margarina, el tocino, el aceite de oliva, los aceites de soya, las nueces, los aguacates o paltas, la crema, algunos tipos de queso y algunas legumbres, tales como frijoles y guisantes.

Las grasas no suministran combustible solamente, desempeñan también funciones corporales vitales, como el transporte de las vitaminas A, E, E y K. Sin embargo, y a pesar de lo útiles que resultan, no es bueno comer más grasas de las absolutamente necesarias. Un exceso de grasas impide al cuerpo absorber minerales de vital importancia.

Proteínas.

Las proteínas se encuentran en los animales y las plantas. Son elementos vitales de las células; también son esenciales para el crecimiento y la reparación del tejido corporal y desempeñan una función importante en los sistemas hormonales y enzimáticos. Existen centenares de variedades distintas de proteínas en el cuerpo, cada una encargada de realizar ciertas tareas definidas. Las proteínas pueden, en parte, utilizarse como combustible, aunque no sean, en principio, alimentos energéticos, como los carbohidratos. Químicamente, las proteínas contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y, a menudo, otros elementos, como el azufre, el fósforo, el hierro y el cobre.

Las proteínas están constituidas por combinaciones muy complejas de cierto número de aminoácidos (sustancias químicas que contiene el grupo amino, un compuesto de nitrógeno e hidrógeno). Existen alrededor de veintidós aminoácidos, ocho a diez de los cuales son esenciales para la buena salud y deben ser suministrados por la dieta. Los alimentos que aportan proteínas que contienen los aminoácidos esenciales en cantidad adecuada se llaman alimentos proteínicos "completos". La leche, el queso, los huevos, el pescado, la carne y las aves de corral - de origen animal todos ellos - son ejemplos de alimentos proteínicos completos. Algunas verduras y nueces, como la soya, la castaña de Pará, las almendras y los cacahuates, proporcionan también alimentos completos. Los alimentos proteínicos "incompletos" - los cereales y la mayoría de las verduras - carecen de algunos de los aminoácidos esenciales, pero se pueden emplear para lograr proteínas suplementarias, cuando se combinan con alimentos "completos". El pan con queso, los cereales con leche, el guiso de frijol con carne son combinaciones de alimentos proteínicos completos e incompletos. Cuando los alimentos vegetales resultan ser la única --

fuelle de proteínas, conviene comer mayor cantidad y variedad de ellos, para conservar un margen de seguridad razonable.

Cada tejido recoge constantemente de la sangre los aminoácidos especiales que necesita para su reparación o crecimiento. Un cuerpo que se desarrolla necesita un amplio suministro de aminoácidos para ayudar al crecimiento de sus tejidos. Por eso, los niños y los adolescentes necesitan más proteínas que los adultos. Las mujeres, en la última parte del embarazo y durante la lactancia, también necesitan mayores cantidades de proteínas. Las necesidades proteínicas no varían según el trabajo desarrollado, siempre y cuando se coman bastantes grasas e hidratos de carbono. Sin embargo, si es insuficiente la dotación de estos elementos básicos, el cuerpo echará mano de las proteínas como combustible y no quedarán bastantes para fabricar convenientemente el tejido corporal.

Reguladores Corporales.

No solamente necesita el cuerpo proteínas, carbohidratos y grasas, sino que también debe tener reguladores que mantengan sus funciones dentro de límites normales. Los reguladores corporales actúan sobre el uso que hace el cuerpo de los alimentos, y sobre funciones tales como el crecimiento y la reparación de los tejidos. Dichos reguladores son: los minerales, las vitaminas, el agua y la celulosa, el material leñoso que da firmeza a las plantas.

Cuando la alimentación es variada, se puede tener la seguridad de que se comen cantidades suficientes de los distintos reguladores corporales, salvo, tal vez, de vitamina D. Aparte de los principios alimenticios conocidos, puede ser que los alimentos contengan sustancias esenciales todavía no descubiertas.

Minerales.

La cantidad de elementos minerales que se encuentran en el cuerpo es muy variable. Existen calcio y fósforo en cantidades mucho mayores, por el papel que desempeñan en la estructura de los huesos y los dientes.

En el cuerpo hay casi dos veces más calcio que fósforo y quinientas veces más calcio que hierro. Por otra parte, hay cien veces más hierro que yodo. La cantidad en que se encuentran los elementos minerales no está en relación con su importancia comparativa en la nutrición. Por pequeñas que sean las necesidades de un elemento nutritivo imprescindible, sufrirá la salud del individuo si no se le suministran. En la actualidad, se consideran esenciales unos dieciséis minerales.

Por suerte, la naturaleza ha colocado pequeñas cantidades de los minerales esenciales en diversos alimentos. Si uno se asegura de que los alimentos que come contienen calcio -- hierro y yodo, resulta muy probable que también contengan los demás minerales, en proporción suficiente para conservar una buena salud, siempre y cuando la alimentación conste habitualmente de otros elementos nutritivos en cantidades adecuadas.

El calcio desempeña varias funciones importantes en el cuerpo. Es necesario para la coagulación de la sangre y una actividad cardíaca correcta; también ayuda en la regulación de los nervios. Sin embargo, su función más importante es contribuir a la formación de huesos y dientes: un 99 por ciento de todo el calcio empleado por el cuerpo llena este propósito. La porción inorgánica de los huesos está constituida principalmente por una combinación de calcio y fósforo. Si las demandas de calcio en el cuerpo aumentan, puede ser que se desprenda de los huesos una cantidad tal de este mineral que lleguen a debilitarse. Tiene especial importancia suministrar cantidades suficientes de calcio a la gente joven, para garantizar el crecimiento rápido del esqueleto y el desarrollo correcto de los dientes. Las mujeres grávidas y las que amamantan a sus hijos también necesitan buenas cantidades de este mineral.

El alimento que constituye la fuente de calcio más importante es la leche. Los niños de cualquier edad deben tomar un litro de leche diario. Medio litro de leche al día suministra casi las tres cuartas partes de las necesidades de calcio en un adulto. Otras fuentes convenientes de calcio son el queso y los vegetales verdes hojosos.

El fósforo es componente de todas las células del cuerpo, y es importante para una gran variedad de funciones. Más de la mitad del fósforo del cuerpo está combinado con el calcio, en los huesos y los dientes. Por suerte, se encuentra fósforo prácticamente en todos los alimentos naturales. Es muy difícil que una dieta que suministre cantidades adecuadas de calcio y proteínas contenga demasiado o poco fósforo.

El hierro se necesita en cantidades muy pequeñas. Sin embargo, es esencial en la dieta, porque sirve para fabricar hemoglobina, el factor transportador de oxígeno en la sangre. Si la comida carece de hierro, la energía y el apetito disminuyen, y el individuo se cansa y se deprime con facilidad. Si ocurre una pérdida de sangre de alguna consideración, hará falta una cantidad de hierro comparativamente grande, para la fabricación de nuevos glóbulos rojos. Son alimentos ricos en hierro el hígado, la yema de huevo, los cereales sin descascarillar y las melazas.

Se necesita cobre, aunque en pequeñas cantidades, para que el hierro se emplee correctamente en la formación de hemoglobina. Las necesidades en cuanto a cobre pueden cubrirse al comer cantidades suficientes de alimentos ricos en hierro.

El yodo tiene un papel esencial en el funcionamiento de la glándula tiroides. Hay grandes zonas de la corteza terrestre en donde el suelo no contiene yodo; la ausencia de éste en los alimentos y en el agua de consumo en dichas regiones tiene por resultado la enfermedad llamada bocio. Los alimentos que se obtienen del mar contienen yodo, porque este elemento está presente en el océano. Por lo inseguro que es el

abastecimiento de yodo y por su gran importancia para la salud, suele añadirse este mineral a la sal de mesa.

Las vitaminas.

Las vitaminas son un grupo numeroso de elementos alimenticios esenciales. Aunque sólo se necesitan muy pequeñas cantidades de ellas, son necesarias para el empleo correcto de carbohidratos, grasas y proteína. Las vitaminas no suministran energía por sí mismas: facilitan reacciones químicas indispensables en el cuerpo. También desempeñan otras funciones que todavía no se han determinado muy bien. Muchas enfermedades, como el beriberi, el escorbuto y la pelagra se deben a falta de vitaminas.

Suele dividirse a las vitaminas en hidrosolubles-solubles en agua- y liposolubles- solubles en grasas. Estas incluyen las vitaminas A, D, E y K. Aquéllas comprenden un grupo importante de vitaminas conocidas como vitaminas del complejo B, y la vitamina C o ácido ascórbico.

Las enfermedades por carencias de vitaminas se vieron en el capítulo 14.

d) Describa los principios nutritivos.

e) Describir las vitaminas Hidrosolubles y Liposolubles.

Sujeto L. Altura 1.707 m. Sólo tomó agua destilada durante este ayuno
(Según Benedict, abreviado)

	DÍA DE AYUNO			
	1º	11º	21º	31º
Peso del cuerpo en Kg	59.60	53.88	50.49	47.39
Temperatura rectal a las 7 de la mañana	36.54	36.54	36.04	35.96
Pulso, en la mañana, al despertar	74	61	59	60
Orina:				
Sólidos totales, gramos	43.51	42.05	31.88	27.07
N total	7.10	10.25	7.93	6.94
N ureico	5.68	7.66	5.54	4.84
N amoniacal	0.41	1.58	1.57	1.24
N de ácido úrico	0.112	0.116	0.112	0.12
N de creatinina + N de creatina	0.48	0.49	0.38	0.32
Cloro	3.77	0.36	0.18	0.13
P ₂ O ₅	1.66	1.95	1.60	1.32
Cociente N: P ₂ O ₅	4.28	5.26	4.96	5.26
S	0.46	0.62	0.51	0.49
Cociente N: S	15.4	16.5	15.5	14.2
Acido β-oxibutírico		1.4	5.0	4.5
Ca	0.217	0.220	0.237	0.13
Mg	0.046	0.072	0.053	0.05
K	1.630	1.006	0.644	0.60
Na	2.070	0.100	0.066	0.05
Pérdida de carne, calculada según la pérdida de N	213	308	238	208
C. R. en la noche	0.78	0.72	0.73	0.72
Calorías calculadas, en 24 horas de reposo absoluto	1441	1193	1032	1072*
Calorías por metro cuadrado (DuBois) en 24 horas	843	732	653	701†

* Día anterior = 1025.

† Día anterior = 661.

Estudio de un hombre sometido a ayuno durante un mes (31 días), con la idea de ver los cambios que sufre el organismo en estas condiciones.

CAPÍTULO XVIII

EXCRECIÓN Y HOMEOSTASIS

Todos los desechos celulares deben ser eliminados del organismo, primeramente a la sangre y luego al exterior, para dicha función se requiere de un sistema que "limpie" la sangre extrayendo todas aquellas sustancias que ya no le sirven al organismo. El sistema urinario en los vertebrados y los mecanismos excretorios de los invertebrados efectúan dicha función.

La eliminación de los desechos de los líquidos corporales es una importante función del riñón; pero su funcionamiento implica la regulación del volumen, el mantenimiento del pH, la composición de la sangre y los líquidos corporales; requeridos por las células para su funcionamiento adecuado. Esta tendencia de los organismos de mantener constante las condiciones de su medio ambiente interno se denomina *Homeostasia*.

Los mecanismos que se implican en la eliminación de desechos son muy importantes para mantener la Homeostasis celular.

En los organismos simples la eliminación de desechos es muy sencilla; puesto que los materiales de desecho simplemente son difundidos directamente al exterior. Ejemplo de esto lo encontramos en bacterias y protozoarios y aun en organismos multicelulares como la hidra.

Las plantas prácticamente no tienen productos de desecho, ya que casi todos los productos metabólicos se pueden utilizar de nuevo.

La eliminación de desechos para los grandes organismos multicelulares implica una serie de mecanismos denominados en conjunto *excreción* en la cual se eliminan los productos del

Sujeto L. Altura 1.707 m. Sólo tomó agua destilada durante este ayuno
(Según Benedict, abreviado)

	DÍA DE AYUNO			
	1º	11º	21º	31º
Peso del cuerpo en Kg	59.60	53.88	50.49	47.39
Temperatura rectal a las 7 de la mañana	36.54	36.54	36.04	35.96
Pulso, en la mañana, al despertar	74	61	59	60
Orina:				
Sólidos totales, gramos	43.51	42.05	31.88	27.07
N total	7.10	10.25	7.93	6.94
N ureico	5.68	7.66	5.54	4.84
N amoniacal	0.41	1.58	1.57	1.24
N de ácido úrico	0.112	0.116	0.112	0.12
N de creatinina + N de creatina	0.48	0.49	0.38	0.32
Cloro	3.77	0.36	0.18	0.13
P ₂ O ₅	1.66	1.95	1.60	1.32
Cociente N: P ₂ O ₅	4.28	5.26	4.96	5.26
S	0.46	0.62	0.51	0.49
Cociente N: S	15.4	16.5	15.5	14.2
Acido β-oxibutírico		1.4	5.0	4.5
Ca	0.217	0.220	0.237	0.13
Mg	0.046	0.072	0.053	0.05
K	1.630	1.006	0.644	0.60
Na	2.070	0.100	0.066	0.05
Pérdida de carne, calculada según la pérdida de N	213	308	238	208
C. R. en la noche	0.78	0.72	0.73	0.72
Calorías calculadas, en 24 horas de reposo absoluto	1441	1193	1032	1072*
Calorías por metro cuadrado (DuBois) en 24 horas	843	732	653	701†

* Día anterior = 1025.

† Día anterior = 661.

Estudio de un hombre sometido a ayuno durante un mes (31 días), con la idea de ver los cambios que sufre el organismo en estas condiciones.

CAPÍTULO XVIII

EXCRECIÓN Y HOMEOSTASIS

Todos los desechos celulares deben ser eliminados del organismo, primeramente a la sangre y luego al exterior, para dicha función se requiere de un sistema que "limpie" la sangre extrayendo todas aquellas sustancias que ya no le sirven al organismo. El sistema urinario en los vertebrados y los mecanismos excretorios de los invertebrados efectúan dicha función.

La eliminación de los desechos de los líquidos corporales es una importante función del riñón; pero su funcionamiento implica la regulación del volumen, el mantenimiento del pH, la composición de la sangre y los líquidos corporales; requeridos por las células para su funcionamiento adecuado. Esta tendencia de los organismos de mantener constante las condiciones de su medio ambiente interno se denomina *Homeostasia*.

Los mecanismos que se implican en la eliminación de desechos son muy importantes para mantener la Homeostasis celular.

En los organismos simples la eliminación de desechos es muy sencilla; puesto que los materiales de desecho simplemente son difundidos directamente al exterior. Ejemplo de esto lo encontramos en bacterias y protozoarios y aun en organismos multicelulares como la hidra.

Las plantas prácticamente no tienen productos de desecho, ya que casi todos los productos metabólicos se pueden utilizar de nuevo.

La eliminación de desechos para los grandes organismos multicelulares implica una serie de mecanismos denominados en conjunto *excreción* en la cual se eliminan los productos del

metabolismo (respiración celular) como lo son los desechos nitrogenados, ácido úrico y urea.

18-1. MECANISMOS EXCRETORIOS:

Ya mencionamos que en los organismos simples como los protozoos (amibas y paramecios), los desechos se difunden simplemente al medio a través de la membrana celular. En el medio donde la concentración es más baja. Los protozoarios que tienen su contenido celular hipertónico con relación al agua exterior, tienden a absorberla para equilibrar concentraciones, lo cual daría lugar a la hinchazón y estallido de la célula si no tuvieran vacuola contráctil, lo cual vacía en el interior de la célula con la misma rapidez que la absorbe.

En los animales más complejos, la eliminación de desechos por difusión no bastaría para evitar los acúmulos tóxicos, por lo que se valen de diversos dispositivos de excreción. Los platelmintos disponen de células flamígeras (fig. 18-1), los cuales, dispuestas por separado, pueden absorber líquido del espacio vecino y eliminarlo a los tubos de excreción. La agitación de una borda ciliar de estas células en llama, rechaza el líquido a lo largo de los túbulos, los cuales se van reuniendo y terminan en un poro excretor. La agitación de los cilios se ha comparado a la oscilación de la llama, de donde vino el nombre a esas células. Como las vacuolas contráctiles de los protozoos, la principal función de las células flamígeras es regular el contenido de agua del animal.

En cada anillo de las lombrices de tierra figura un par de órganos especializados, llamados metanefridios, cuya función es puramente de eliminación. El metanefridio, al contrario de las células flamígeras de los gusanos planos, es un túbulo abierto por ambos extremos, el interno conectado con el celoma por medio de un embudo ciliado. Alrededor de cada túbulo está dispuesta una red de capilares, lo que permite que puedan eliminarse los desechos acumulados en la corriente sanguínea. En tanto el líquido movido por la agitación ciliar en el embudo pasa a través del metanefridio, se resorben agua y otras sustancias como glucosa, en tanto los residuos inúti

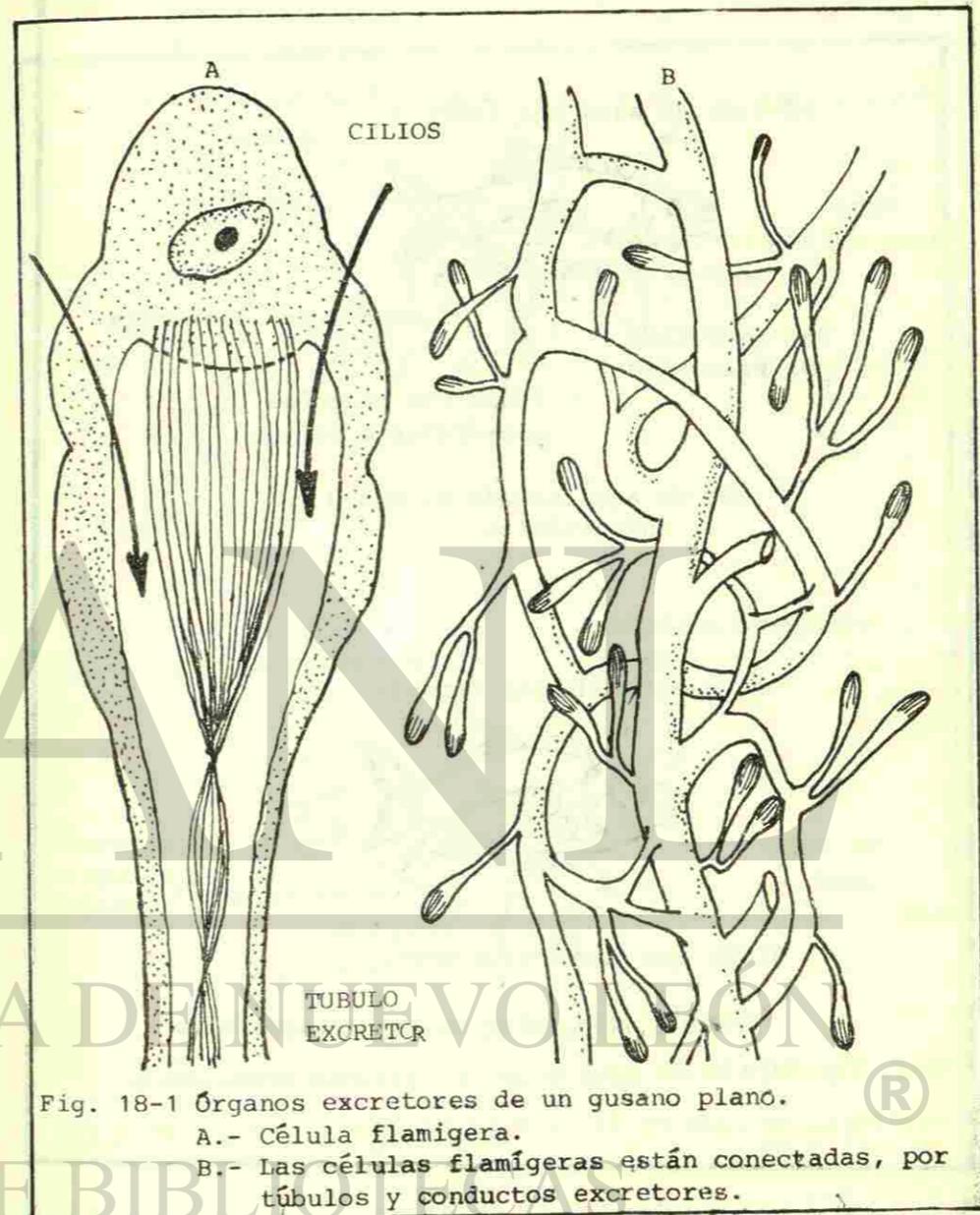
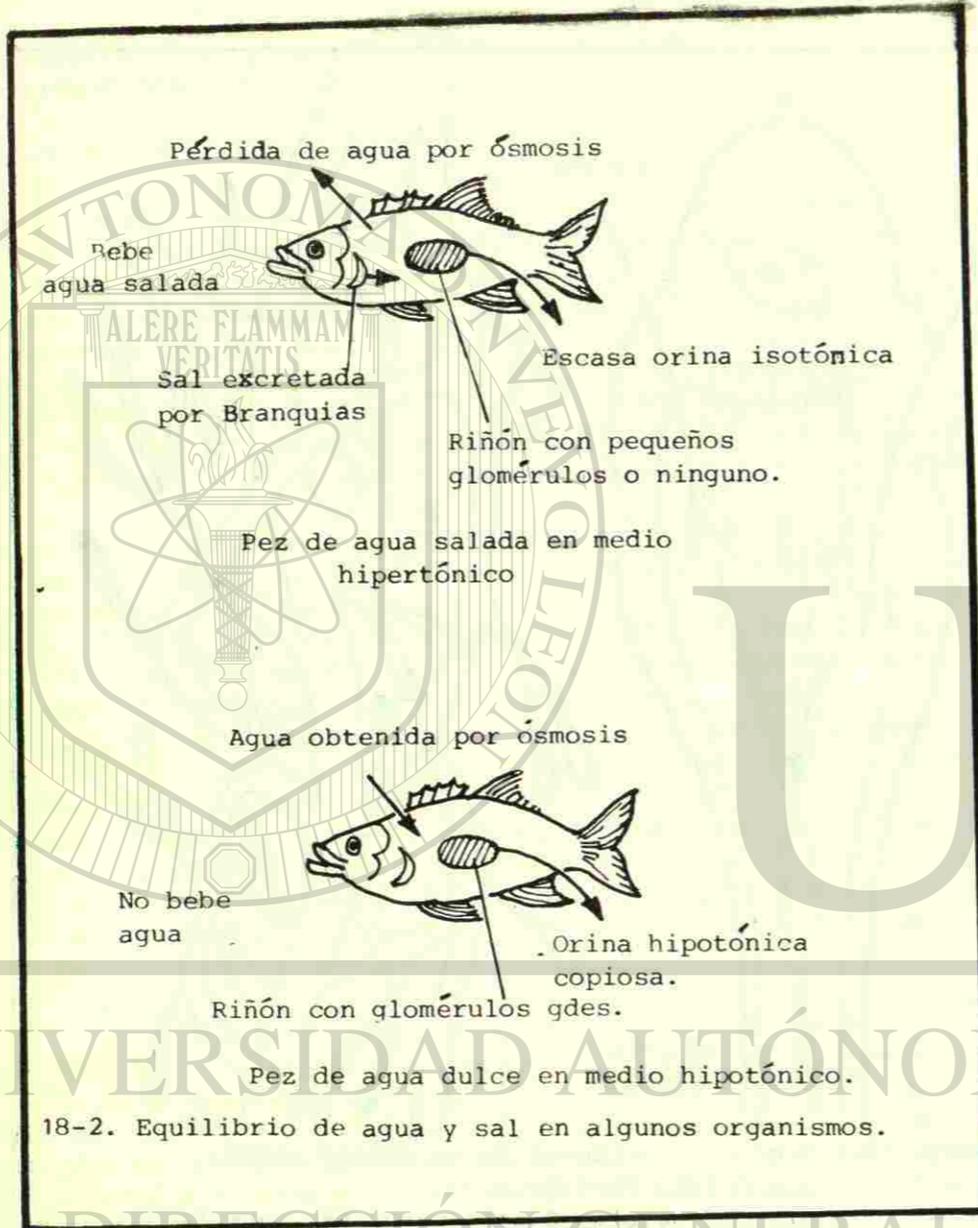


Fig. 18-1 Órganos excretores de un gusano plano.

A.- Célula flamígera.

B.- Las células flamígeras están conectadas, por túbulos y conductos excretores.



18-2. Equilibrio de agua y sal en algunos organismos.

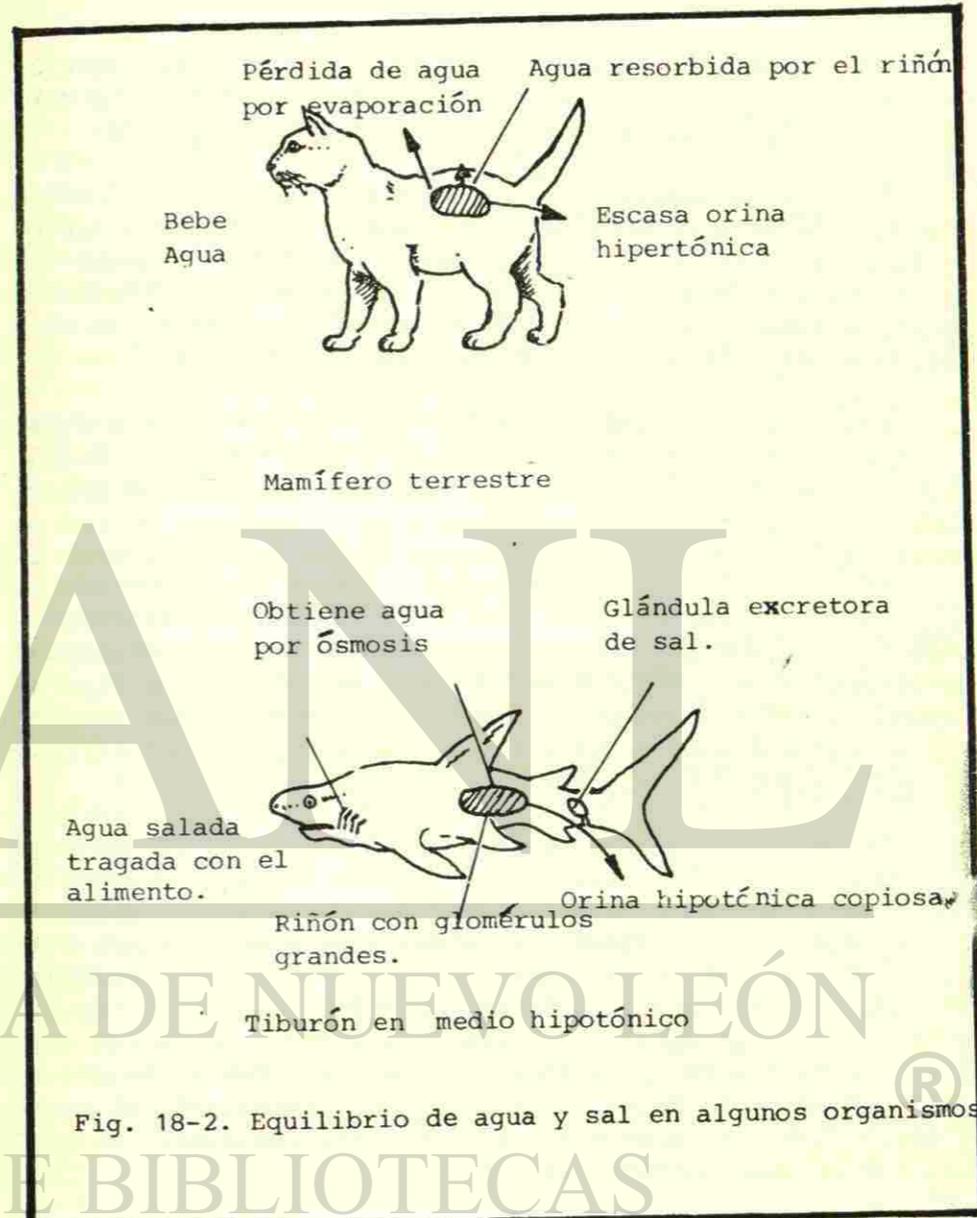


Fig. 18-2. Equilibrio de agua y sal en algunos organismos.

les se concentran y expelen fuera del organismo. La lombriz de tierra excreta una orina copiosa y muy diluida a una velocidad de 60 por 100 de su peso corporal total cada día.

El sistema excretor de los insectos consiste en órganos llamados *túbulos de Malpighi*, los cuales se extienden dentro de la cavidad del cuerpo y desembocan en el tubo digestivo. Los productos de desecho de la cavidad general se difunden en estos túbulos y se excretan por la vía digestiva, de modo que salen al exterior con las materias sin digerir.

Los sistemas urinarios de todos los vertebrados son esencialmente similares. Cada uno de ellos está compuesto de unidades llamadas *riñón, túbulos o nefrones* que eliminan desechos de la sangre, pero el número y la disposición de los nefrones difiere de unos vertebrados a otros. En los vertebrados inferiores los túbulos renales se abren en la cavidad corporal, en lugar de en la bola hueca de células llamada *cápsula de Bowman*, disposición encontrada en los vertebrados superiores. Estos *túbulos pronéfricos* representan un tipo de órgano excretorio intermedio entre los metanefridios encontrados en los anélidos y los túbulos mesonéfricos y metanéfricos de los vertebrados superiores.

Los vertebrados que viven en el mar o sobre él han creado medios especiales para hacer frente a la sal. Los peces óseos marinos tienen sangre y líquidos corporales hipotónicos con el agua de mar. Tienen a perder agua osmóticamente o sea que están en peligro de "morir de sed" aun estando rodeados de agua. Algunos peces óseos han perdido, en el curso de la evolución sus glomérulos renales y el *riñón aglomerular* resultante filtra muy poca agua de la sangre. Compensan aún más bebiendo agua de mar constantemente, reteniendo el agua y secretando las sales por glándulas especializadas que secretan sal en sus agallas. (fig. 18-2).

Los elasmobranchios han hallado, por evolución, una diferente solución a este problema. Estos animales convierten el amoníaco de sus desechos nitrogenados en *urea* y retienen ésta en su sangre y tejidos en una concentración bastante alta para hacer que estos líquidos sean ligeramente hipertónicos al agua de mar. Sus líquidos corporales pueden tomar -- agua osmóticamente y excretar una orina hipotónica. Los vertebrados aparecieron originalmente en el agua dulce y el riñón pronéfrico ancestral fue adaptado para la filtración, de modo que pudiera eliminar el agua que seguía entrando del medio ambiente hipotónico. El pez de agua dulce raras veces bebe, absorbe sales por transporte activo a través de las branquias y excreta una orina copiosa y diluida para eliminar el agua tomada osmóticamente por las branquias y el revestimiento de la boca.

Las tortugas marinas y las gaviotas tienen en la cabeza glándulas especializadas secretoras de sal que pueden excretar las sales del agua marina que beben. Los conductos procedentes de estas glándulas de sal vierten en la cavidad nasal o en la superficie de la cabeza. Los mamíferos marinos evidentemente eliminan su exceso de sal por los riñones.

Los anfibios han conservado una clase primitiva de túbulo renal con grandes corpúsculos renales que producen una orina copiosa y diluida. Una rana puede perder por la piel y la orina una cantidad de agua equivalente a un tercio de su peso corporal en un día. Los reptiles conservan agua poseyendo una piel córnea seca y riñones con pequeños glomérulos. Por este tipo de glomérulos se eliminan menos agua de la sangre que por los glomérulos más grandes de los peces de agua dulce y los anfibios. Las aves y los mamíferos poseen glomérulos de tamaño moderado y han creado *asas de Henle* en las que se resorbe agua. Esto hace posible la excreción de una orina hipertónica. Los mamíferos que viven en el desierto y deben actuar con suministro de agua muy limitado han creado *asas de Henle* excepcionalmente largas y pueden eliminar una mayor fracción de agua de la orina que otros animales. Los sapos

y algunos reptiles pueden resorber agua de la vejiga urinaria, pero en muchos animales la orina no se modifica después de abandonar el riñón.

Los vertebrados terrestres, reptiles, aves y mamíferos crean una tercera clase de riñón, un *metanefros*, con túbulos que tienen dos regiones muy enrolladas y una larga asa de Henle que se extiende muy adentro de la médula renal. Estas largas porciones de la función tubular en la resorción de agua y su capacidad para producir una orina hipertónica concentrada fue un importante factor que permitió a sus poseedores convertirse en eficientes animales terrestres.

La evolución del sistema urinario se complica por el hecho de que en muchos animales el aparato reproductor utiliza cierta parte del urinario, de modo que algunos de los órganos tienen función doble. Esta relación es tan íntima que los dos sistemas a menudo se reúnen con la denominación de "urogenital".

a) Explique los Mecanismos excretorios en invertebrados.

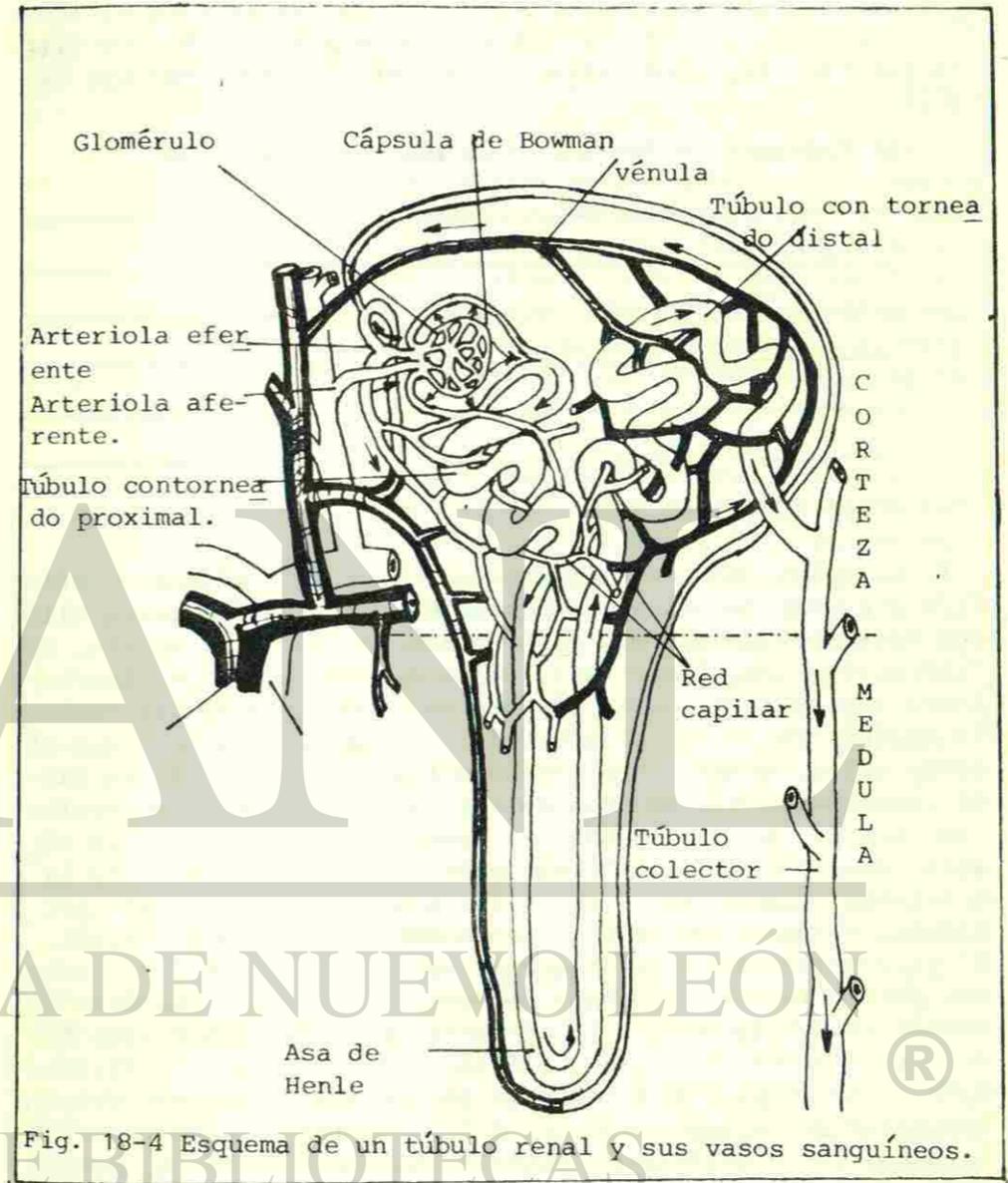
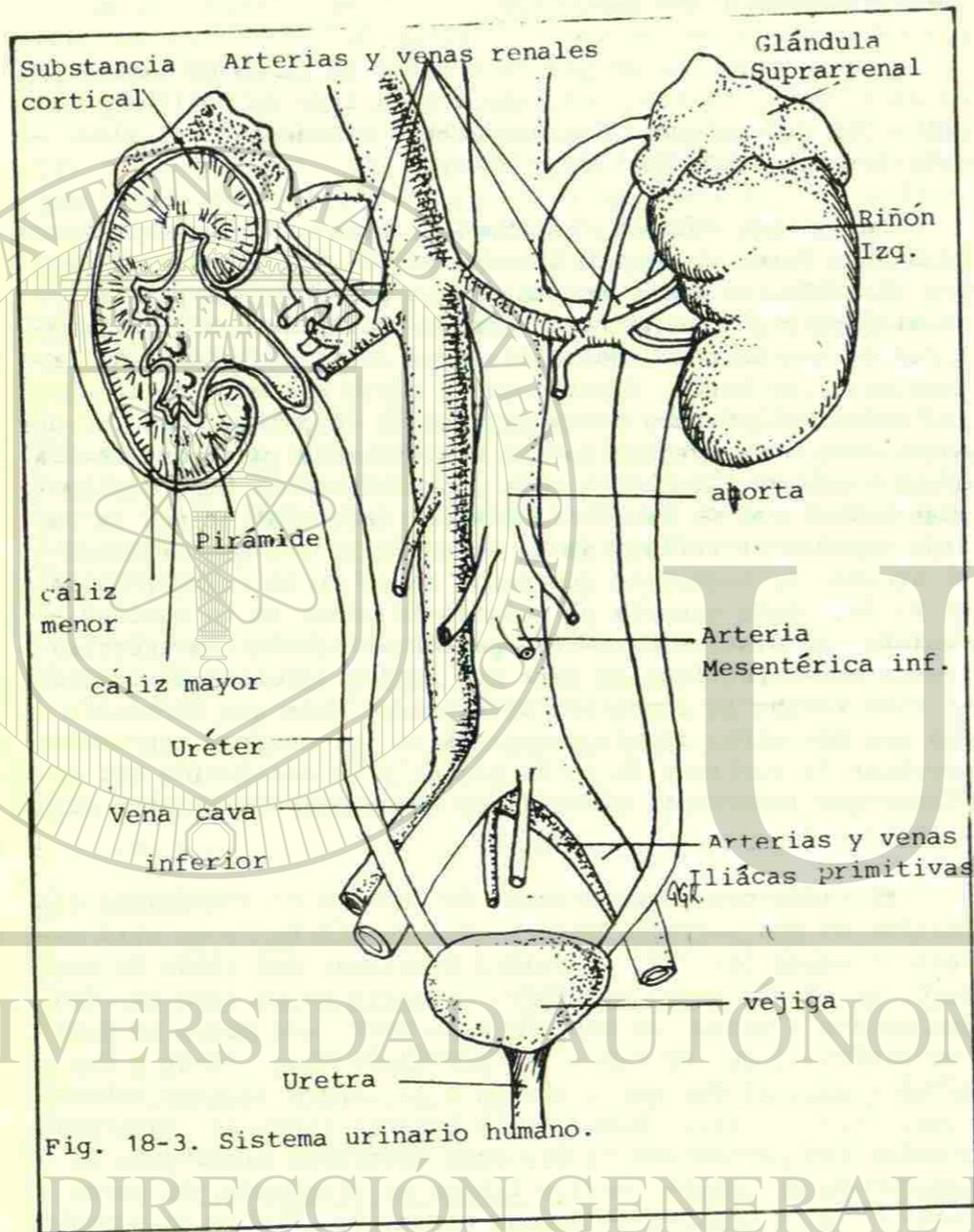
b) Explique los mecanismos excretorios en vertebrados.

18-2. EL RIÑÓN Y SUS CONDUCTOS.

Los riñones son un par de órganos en forma de habichuela, de unos 10 cm. de longitud, uno a cada lado de la línea dorsal media del abdomen, inmediatamente por debajo del plano inferior del estómago. (fig. 18-3).

En el lado cóncavo, interno, de cada riñón, se aloja una cámara en forma de embudo llamada *pelvis*. La orina excretada por el riñón, en goteo constante, se recoge en la pelvis y de allí pasa a los *uréteres*, por la acción de ondas peristálticas de sus paredes, hasta llegar a la *vejiga urinaria*, órgano muscular hueco, situado en la parte más baja de la cavidad abdominal, dentro de la cintura de la pelvis. Las paredes musculares de la vejiga se van distendiendo para contener la orina según va llegando a ella y acumulándose. Unos repliegues valvulares de los orificios del uréter al entrar la vejiga impiden el refluir de la orina, a la vez que detienen el ascenso de bacterias que pueda haber en la vejiga, hacia el riñón. Según aumenta el volumen de orina en la cavidad vesical, la distensión de las paredes estimula las arborizaciones nerviosas locales para que envíen impulsos al cerebro, el cual recibe la sensación de plenitud. Para que la misión sea posible otros impulsos nacidos en los centros cerebrales provocan la contracción de la vejiga y la relajación del esfínter que intercepta el orificio de comunicación entre ella y la uretra.

El riñón consiste en haces de *túbulos* microscópicos dispuestos en una porción interna llamada *médula* y en otra externa llamada *corteza*. La unidad funcional del riñón de mamífero, el *túbulo renal* o *nefrón*, consiste en un saco de células de doble pared, la *cápsula de Bowman*, que rodea un penacho esférico, de capilares, un *glomérulo* (fig. 18-4) y los *túbulos* espiralados que resorben a la sangre algunas sustancias, pero no otras. Ramas de la arteria renal se ramifican a todas las partes del riñón; cada arteriola final pasa al extremo de un *túbulo renal* e irriga su *glomérulo*. La pared interna de la *cápsula de Bowman* consta de células epiteliales planas que se adhieren estrechamente a los capilares del *glomérulo*, permitiendo la fácil difusión de sustancias desde



los capilares hasta la cápsula de la cavidad de Bowman. Cada riñón contiene 10^6 nefrones, cada uno de ellos una unidad independiente para excretar desechos y regular la composición de la sangre. Cada uno filtra la sangre y luego resorbe ciertas sustancias, y no otras, cuando el filtrado pasa por el túbulo.

a) Explique la función y la anatomía del riñón.

18-3 FORMACIÓN DE LA ORINA.

La combinación de los tres procesos de *filtración, resorción y secreción* dan el resultado de que el riñón pueda eliminar desechos sin excluir componentes útiles de la sangre. La filtración tiene lugar en la unión de los capilares glomerulares con la pared de la cápsula de Bowman. La sangre realmente se "filtra" al pasar a través del capilar, de modo que el agua, sales, azúcar, urea y todos los componentes de la sangre (excepto los elementos celulares y las grandes moléculas como las proteínas plasmáticas) pasan a la cavidad de la cápsula donde forman el *filtrado glomerular*. El conjunto de la corriente sanguínea por los riñones a razón de 1200 ml. por minuto, o sea de una cuarta parte del gasto cardiaco total. El plasma que pasa por el glomérulo pierde un 20% de su volumen para formar el filtrado glomerular; el resto abandona el glomérulo por la arteriola eferente. El mecanismo básico de este proceso es el puramente físico de la presión de filtración, facilitada por la disposición de que la pequeña arteria que entra en el glomérulo, la *arteriola aferente* es mayor que la que sale, o *arteriola eferente*; como consecuencia, la presión de la sangre en los capilares glomerulares es relativamente elevada, 70mm Hg, con el resultado de que una porción

del plasma pasa filtrado a la cápsula.

La presión que impulsa a salir líquido del glomérulo y entrar en la cápsula de Bowman es la presión de la sangre en los capilares glomerulares, 70mm Hg. La presión que tiende a desplazar líquido en sentido opuesto es la suma de la presión hidrostática en la cápsula de Bowman, 14mm Hg, y la presión osmótica coloidal del plasma en los capilares glomerulares, 32mm Hg, ¿Por qué es la presión osmótica o coloidal mayor aquí que en los capilares de otras partes del cuerpo? Así, - la fuerza neta que obliga al líquido a salir del glomérulo, la *presión de filtración* es de $70 - (32+14)$, o sea, 24mm Hg. La mayor parte del líquido filtrado por la membrana glomerular es resorbido posteriormente de los túbulos a los capilares que los rodean.

Mediante la introducción de una finísima jeringa de cristal en la cápsula de Bowman de un riñón de rana, con posibilidad de recoger y analizar directamente el filtrado glomerular, A.N. Richards, de la Universidad de Pensilvania, pudo demostrar que tiene la misma concentración de urea, sales, glucosa y otros elementos que el plasma, aunque sin las proteínas. Las células de la cápsula de Bowman son, por su fragilidad incapaces de retirar materias de los capilares, de modo que el trabajo de impulsar el filtrado desde la sangre hasta la cápsula está en realidad a cargo de la fuerza impulsora del corazón. Puede demostrarse experimentalmente que la velocidad con que el líquido pasa del glomérulo a la cápsula de Bowman, *velocidad de filtración glomerular*, aumenta y disminuye con la presión arterial y, en consecuencia, la presión de filtración. La velocidad normal de la filtración glomerular es de 125 ml por minuto, que equivale a 180 litros por día. ¡Esto es cuatro y media veces la cantidad de líquido de todo el cuerpo!

La cantidad filtrada es regulada también por la *constricción o dilatación* de las arteriolas que conducen al glomérulo o salen de él. La cantidad filtrada aumenta por la *constricción* de las arteriolas eferentes y la dilatación de las arteriolas aferentes. Una elevación de la presión arterial aumenta, a su vez, la presión glomerular, la velocidad de filtra-

ción glomerular y la cantidad total de orina excretada. La mayor pérdida de líquido de la sangre reduce el volumen de ésta y, por tanto, la presión arterial. Una baja de la presión arterial conduce, por una serie comparable de hechos, a una reducción de la cantidad de orina excretada. La menor pérdida de líquido de la sangre aumenta el volumen de sangre y la presión arterial. El riñón proporciona de este modo un mecanismo por el cual se regula automáticamente la presión arterial.

Si la composición de la orina eliminada fuese igual a la del filtrado glomerular, la excreción sería un proceso ruinoso, pues se perdería así gran cantidad de agua, glucosa, aminoácidos y otras sustancias útiles. Pero la cantidad y la calidad de las sustancias presentes en la orina son muy diferentes de las de los filtrados glomerulares. Desde cada cápsula de Bowman, situada en la corteza, el filtrado pasa primero por el *túbulo contorneado proximal* (también en la corteza), después por una larga asa que llega hasta la porción medular (*asa de Henle*), y por fin, por otro conducto en la región cortical, el *túbulo contorneado distal*, que acaba desembocando en el *túbulo colector*, en dirección a la pelvis. Ya no se modifica la orina a su paso por la pelvis renal, los uréteres, la vejiga y la uretra, las modificaciones de concentración ocurren cuando los productos excretorios pasan de la cápsula de Bowman a lo largo del trayecto de los túbulos colectores.

Las paredes de los túbulos renales están formadas de un simple estrato de células epiteliales cuboides o planas. Las células que forman las paredes de los túbulos contorneados proximales están ricamente dotadas de mitocondrias y su borde interno es un *borde en forma de cepillo* compuesto de muchas prolongaciones vellosas que salen de las células hacia la luz del túbulo. Cuando el filtrado pasa por ellas, resorben gran parte del agua y virtuosamente toda la glucosa, aminoácidos y otras sustancias necesarias para el cuerpo y las secretan de nuevo en el torrente sanguíneo.

La arteriola eferente no pasa directamente a una vena, sino que se une con una segunda red de capilares alrededor de los túbulos contorneados proximales y distales. Así, la ruta de la sangre en el riñón es única, pasa por dos conjuntos de capilares en sucesión, desde la arteria renal hasta la vena renal. La capacidad del riñón para regular la composición de la sangre depende de esta característica estructural.

Las sustancias son resorbidas en el torrente sanguíneo selectivamente y su velocidad es regulada en parte por los requerimientos momentáneos del cuerpo. Las células que tapizan los túbulos deben utilizar energía (ATP) y trabajar para reintegrar esas sustancias a la corriente sanguínea mediante un proceso de "transporte activo", casi siempre contra un gradiente de difusión. Está comprobado que una cantidad determinada de tejido renal consume más oxígeno por hora que el equivalente en peso de músculo cardíaco, lo que indica que los riñones trabajan más intensamente que el corazón. Para esta labor obtienen la energía de las oxidaciones biológicas intracelulares; al privar de oxígeno al riñón, cesa la resorción, aunque no la filtración. La sustancia resorbida en mayor cantidad es el cloruro sódico. Los túbulos renales de nuestros riñones resorben cada día 1200 gramos de cloruro sódico—un poco más de 1130 g. Los iones de sodio son resorbidos activamente por una *bomba de sodio* y la glucosa y los aminoácidos son resorbidos por mecanismos selectivos de transporte activo. Esto produce una disminución de la concentración de solutos en el líquido intersticial que rodea el túbulo. El agua es resorbida osmóticamente, impulsada por el gradiente de concentración del agua.

El riñón humano, elabora 125 litros de filtrado por cada litro de orina eliminada; los 124 litros de agua restantes se resorben. En esta forma los productos de desecho, como la urea, se concentran mucho y así siguen el trayecto de los túbulos. La concentración de urea en la orina es como unas 65 veces mayor que en el filtrado glomerular, y aún sería mayor si no fuese por el hecho de que en una pequeña cantidad

se resorben en los túbulos. La urea, el ácido úrico y la creatinina no son resorbidos activamente por los túbulos, sino que pequeñas cantidades de ellos pasan por difusión desde la luz del túbulo de nuevo hasta los capilares que rodean los túbulos. La cantidad de agua resorbida depende también de la necesidad de la misma por parte del organismo y es regulada por la *hormona antidiurética* (ADH) secretada por el lóbulo posterior de la hipófisis.

Si se bebe gran cantidad de agua o de cerveza, se resorbe menos líquido, con el resultado de que se excreta una orina en más cantidad y más diluida. Por el contrario, si hay restricción en la toma de líquidos, se resorbe una cantidad máxima de agua por las células de los túbulos, con emisión de orina escasa y concentrada.

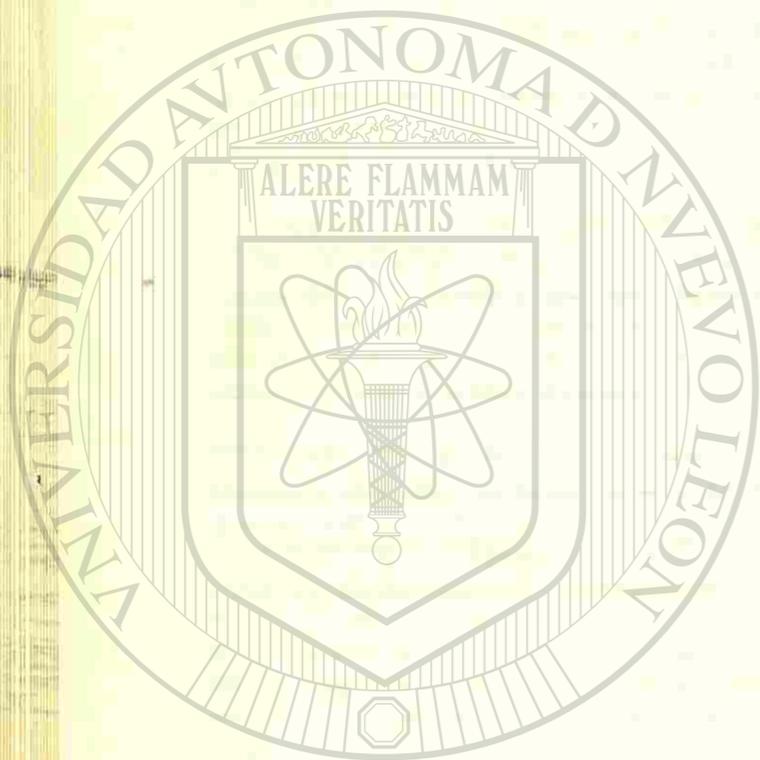
Las células de los túbulos renales; no solo substraen sustancias del filtrado y las reintegran a la sangre, sino que secretan otros productos adicionales que van entonces de la sangre al filtrado, mediante un mecanismo de transporte activo. Este proceso, llamado de *secreción tubular*, probablemente es de menor cuantía en la función renal humana, pero en animales como el renacuajo, cuyos riñones carecen de glomérulos y cápsulas de Bowman, la excreción tubular es el único recurso de eliminación. Si la presión arterial (y, por consiguiente, la presión de filtración) desciende por debajo de cierto límite, la filtración cesa en el hombre, aunque la orina todavía se está formando por excreción tubular. Las materias colorantes inyectadas a los animales de experimentación pueden verse transitar desde la sangre hasta la orina a través de las células que revisten los túbulos. Ciertos medicamentos como la penicilina y la atebрина se eliminan de la sangre y son excretados por este proceso. Por consiguiente no hay duda de que esta función de secreción puede ser posible en el hombre y en otros animales, aunque se desconoce en qué medida interviene exactamente en el proceso de excreción.

Una vez el líquido llega al extremo de los túbulos contorneados distales, donde algunas sustancias han sido resor-

bidas y otras agregadas, puede decirse que el filtrado glomerular se ha convertido en *orina*.

a) Explique la formación de orina.

b) Explique la intervención de las hormonas en el mecanismo de excreción.



3er. SEMESTRE.

ÁREA I.

UNIDAD X.8

INTERCAMBIO DE GASES EN PLANTAS Y ANIMALES.

INTRODUCCIÓN.

Todos sabemos que el oxígeno es vital en nuestra existencia. Pero, ¿cómo lo utilizan? ¿para qué? Nuestras células, las células de las plantas y las de los diferentes grupos de animales. No todos los diferentes grupos de plantas y animales realizan el intercambio de gases (respiración) de la misma manera.

En esta unidad estudiaremos las distintas versiones de los sistemas de intercambio de gases en los diferentes organismos.

OBJETIVOS.

- 1.- Explicar cada uno de los pasos en el intercambio gaseoso en plantas.
- 2.- Describir la variedad de estructuras en el intercambio de gases en animales.
- 3.- Explicar la respiración extracelular.
- 4.- Explicar la respiración intracelular.
- 5.- Describir el aparato respiratorio humano y su funcionamiento.
- 6.- Describir el transporte de oxígeno por la sangre.
- 7.- Describir el transporte de bióxido de carbono por la sangre.

8.- Describir asfixia.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 19 y 20 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto de los capítulos 19 y 20, la cual tendrás que mostrar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XIX

INTERCAMBIO DE GASES EN PLANTAS.

Entre los traqueófitos no existe un órgano exclusivamente destinado al intercambio de gases que cubra todas las necesidades del organismo; además el transporte de gases entre una y otra porción de la planta es muy reducido, aunque la planta dispone de un sistema de transporte de fluidos bastante elaborado. Por tal motivo, en la planta cada órgano (raíz, tallo, hoja) se encarga de cubrir sus propias necesidades de intercambio gaseoso.

19-1. INTERCAMBIO DE GASES EN RAICES Y TALLOS.

Las necesidades de intercambio gaseoso de las raíces y el tallo no son grandes. La respiración en las plantas, por lo general, se produce a un nivel más bajo que en los animales. La fotosíntesis impone demandas considerables en el intercambio gaseoso, pero las raíces no participan en este proceso. Las raíces cubren sus necesidades de oxígeno por difusión de este gas, desde el aire que ocupa los espacios que dejan entre sí las partículas de tierra. El oxígeno se difunde, en primer término, hacia una lámina de humedad que rodea las partículas de suelo y desde allí hacia los pelos radiculares (prolongaciones de las células epidérmicas de la región apical de la raíz), los cuales están en contacto directo con la mencionada lámina de humedad (fig. 15-1). Del citoplasma de los pelos radiculares el oxígeno pasa por difusión a las demás células de la raíz. El bióxido de carbono, producido por las células de la raíz, sale de ellas por difusión, en dirección contraria.

Las regiones de la raíz de cierta edad que ya se han engrosado no poseen pelos radiculares. Estas porciones de la raíz están cubiertas por una capa protectora de células muertas, denominada corcho. Contienen pequeños poros denominados lenti

8.- Describir asfixia.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 19 y 20 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto de los capítulos 19 y 20, la cual tendrás que mostrar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XIX

INTERCAMBIO DE GASES EN PLANTAS.

Entre los traqueófitos no existe un órgano exclusivamente destinado al intercambio de gases que cubra todas las necesidades del organismo; además el transporte de gases entre una y otra porción de la planta es muy reducido, aunque la planta dispone de un sistema de transporte de fluidos bastante elaborado. Por tal motivo, en la planta cada órgano (raíz, tallo, hoja) se encarga de cubrir sus propias necesidades de intercambio gaseoso.

19-1. INTERCAMBIO DE GASES EN RAICES Y TALLOS.

Las necesidades de intercambio gaseoso de las raíces y el tallo no son grandes. La respiración en las plantas, por lo general, se produce a un nivel más bajo que en los animales. La fotosíntesis impone demandas considerables en el intercambio gaseoso, pero las raíces no participan en este proceso. Las raíces cubren sus necesidades de oxígeno por difusión de este gas, desde el aire que ocupa los espacios que dejan entre sí las partículas de tierra. El oxígeno se difunde, en primer término, hacia una lámina de humedad que rodea las partículas de suelo y desde allí hacia los pelos radiculares (prolongaciones de las células epidérmicas de la región apical de la raíz), los cuales están en contacto directo con la mencionada lámina de humedad (fig. 15-1). Del citoplasma de los pelos radiculares el oxígeno pasa por difusión a las demás células de la raíz. El bióxido de carbono, producido por las células de la raíz, sale de ellas por difusión, en dirección contraria.

Las regiones de la raíz de cierta edad que ya se han engrosado no poseen pelos radiculares. Estas porciones de la raíz están cubiertas por una capa protectora de células muertas, denominada corcho. Contienen pequeños poros denominados lenti

celas que permiten el paso rápido de los gases del suelo hacia las células vivas de la raíz, y viceversa.

El suelo saturado de agua no dispone de aire entre sus partículas. Si las raíces de la mayoría de las plantas terrestres se exponen a un suelo de este tipo durante un largo período de tiempo, mueren. Algunas plantas, sin embargo, si pueden prosperar en localidades pantanosas y fangosas debido a modificaciones especiales que les permiten sobrevivir. En estos casos, por lo general, las raíces crecen cerca de la superficie del suelo y, por tanto, más cerca del aire, cuyo oxígeno se disuelve en el agua. ¿Es entonces acaso sorprendente que los huracanes derriben con más frecuencia árboles en las regiones bajas húmedas que en las regiones altas expuestas?

Otra adaptación a la vida en sitios pantanosos consiste en la presencia en la raíz y en el tallo de células parenquimatosas laxamente dispuestas. Los espacios intercelulares (el tejido se denomina corteza) están interconectados entre sí y forman un sistema de espacios intercelulares que permite la distribución del oxígeno por el interior del tallo (sobre el agua hacia la raíz). Si bien el sistema no es eficiente, al menos permite que las raíces puedan resolver sus necesidades de intercambio gaseoso.

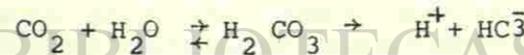
Los tallos perennes y leñosos tienen necesidades moderadas de intercambio gaseoso. Únicamente las células de la región externa (epidermis, corteza, floema, cambium y xilema joven) permanecen vivas y, por consiguiente, requieren oxígeno para la respiración. Las células superficiales de la corteza son células de corcho, desprovistas de vida, cuyas paredes están impregnadas de una sustancia cerosa impermeable (impermeable también para el aire) denominada suberina. Tanto las raíces adultas como los tallos poseen lenticelas que permiten al oxígeno ponerse en contacto con las células vivas del tallo y la salida hacia la atmósfera del bióxido de carbono.

En muchas plantas anuales los tallos son de color verde y casi tan importantes como las hojas en lo referente a la realización de la fotosíntesis. En estos tallos los mecanismos de intercambio gaseoso son bastante similares a los de las hojas.

a) Explique el intercambio gaseoso en raíces y tallos.

19-2 INTERCAMBIO GASEOSO EN LA HOJA.

En el capítulo 4 se examinó de qué manera la estructura de la hoja está adaptada para llevar a cabo su función principal, la fotosíntesis. La fotosíntesis requiere el suministro permanente de cantidades considerables de bióxido de carbono. Necesita además liberar un volumen equivalente de oxígeno mientras tiene lugar el proceso. El intercambio de gases se efectúa a través de poros situados en la superficie foliar, denominados estomas. Cuando la hoja fotosintetiza activamente el contenido de bióxido de carbono del aire, presente en los espacios aéreos de la capa de tejido esponjoso, éste decrece por debajo de .03% que es la concentración de este gas en el aire exterior. Como resultado de la diferencia de concentraciones el bióxido de carbono se difunde del aire exterior a través de los estomas hacia el aire contenido en los espacios intercelulares del tejido esponjoso. Allí se disuelve en la lámina de humedad que recubre la superficie de toda célula interior de la hoja. Esto conduce a que la mayor parte de CO₂ forma iones bicarbonato:



Estos iones penetran por difusión en las células de las capas de tejido de empalizada y de tejido esponjoso e ingre-

san al ciclo de reacciones de oscuridad de la fotosíntesis. El oxígeno producido en la fotosíntesis se difunde de las células hacia la lámina superficial de humedad, y desde allí al aire de los espacios intercelulares y, finalmente, de éste al exterior, a través de los estomas.

Por lo general, los estomas se abren cuando la luz incide sobre la hoja en las horas de la mañana y se cierran durante la noche. En un esfuerzo por descubrir de qué manera la luz regula la apertura de los estomas, se han llevado a cabo numerosas investigaciones experimentales. Aparentemente la causa inmediata parece consistir en el cambio de turgencia de las células de guarda. La pared interior de cada célula de guarda es gruesa y elástica. La pared exterior es mucho más delgada. Cuando se desarrolla turgencia en el interior de las dos células de guarda que configuran el estoma, las paredes exteriores delgadas se pandean y obligan a las paredes interiores a arquearse (fig. 15-3) Esto produce la apertura del estoma.

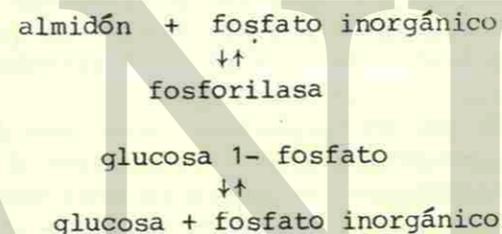
Cuando las células de guarda pierden la turgencia, las paredes interiores elásticas recuperan la forma original y en consecuencia el estoma se cierra.

El desarrollo de la presión de turgencia en el interior de una célula depende del establecimiento de un diferencial de presión osmótica entre la célula y su ambiente.

Cuando la presión osmótica de las células de guarda supera considerablemente a la presión de las células circundantes de la epidermis inferior. Los estomas se abren. Al atardecer, cuando la presión osmótica de las células de guarda decrece hasta llegar a ser aproximadamente igual a la de las células vecinas, los estomas se cierran.

Para que la presión osmótica en el interior de las células de guarda pueda incrementarse, su concentración acuosa debe decrecer con respecto a la concentración de las células que las rodea. Esto significa que debe haber una acumulación de moléculas pequeñas solubles en el citoplasma. Y esto es lo

que parece realmente ocurrir. Durante el día se acumulan moléculas de glucosa y iones fosfato en el interior de las células de guarda, lo cual produce un efecto osmótico considerable. Usted podrá suponer que la glucosa proviene de la fotosíntesis que realizan las células de guarda; las células de guarda poseen cloroplastos en su interior, a diferencia de las demás células de la epidermis inferior. Sin embargo, probablemente ello no constituya la fuente más importante de glucosa. Varios fitofisiólogos han comprobado que en el interior de las células de guarda se acumula cantidad considerable de almidón durante la noche. El almidón es una molécula insoluble de gran tamaño, que no ejerce efecto osmótico alguno. Sin embargo, durante las horas del día la cantidad de almidón acumulada decrece y aumenta al mismo tiempo la cantidad de glucosa producida:



La enzima fosforilasa que cataliza el primer paso de esta reacción también cataliza la reacción inversa. El predominio en uno u otro sentido de la reacción depende de varios factores. Uno de estos factores es el pH del medium. Cuando el pH del medio es 5 prevalece la formación de almidones. Un pH 8 promueve la formación de glucosa 1-fosfato.

Resulta interesante anotar que si se colocan hojas en soluciones con un pH inferior a 6,3, los estomas se cierran. Si se sumergen en soluciones con un pH superior (un pH de 8 parece ser el óptimo), los estomas se abren. ¿Qué factores podrían determinar un incremento del pH durante las horas del día y una caída del pH durante la noche? Recuérdese que cuando el bióxido de carbono se disuelve en el agua, se produce ácido carbónico. Este ácido, por supuesto, hace decrecer el

pH. Sin embargo, como se mencionó anteriormente el contenido de bióxidos de carbono del aire en una hoja en actividad fotosintética decrece. Esto, a la vez, eleva el pH. La teoría, según la cual la cantidad de bióxido de carbono presente es la que regula el pH (y por tanto la apertura de los estomas) es sustentada por el hecho de que si se exponen las hojas a una atmósfera que contenga menos del 0,03% de bióxido de carbono los estomas se abren en la oscuridad.

Así parece que la luz estimula la apertura de los estomas por (1), estimulando la fotosíntesis en la hoja, lo cual a la vez (2), produce una reducción de la concentración del bióxido de carbono del aire contenido en los espacios intercelulares; ello (3), incrementa el pH del citoplasma de las células de guarda, el cual (4), promueve la conversión del almidón en glucosa, lo cual (5), determina la entrada de agua a las células de guarda, por ósmosis, proveniente de las células epidermales vecinas; esto (6), desarrolla turgencia en el interior de las células de guarda y los estomas se abren.

Las estructuras que hacen posible el intercambio gaseoso en las hojas son en primer lugar las células siempre húmedas del tejido esponjoso. Uno de los problemas mayores del intercambio gaseoso en los organismos terrestres, como se expresó anteriormente, consiste en mantener húmedas las células de los tejidos u órganos de intercambio gaseoso, a fin de contrarrestar el efecto desecante del aire. La solución que la hoja ha dado a este problema es típica de todos los organismos terrestres propiamente terrestres. Las células que intervienen en el intercambio gaseoso están encerradas en una cavidad dentro del organismo. El aire es llevado a las células húmedas por medio de los poros situados en la superficie exterior impermeable al agua y a los gases. Las células epidérmicas de la hoja están cubiertas con cutina. Esta sustancia impide la pérdida de agua por parte de la hoja y también que pueda ocurrir un intercambio de gases demasiado intenso. Los estomas regulan la entrada y la salida de los gases al interior de la hoja. Aun las hojas que poseen gran cantidad de estomas (el pepino puede tener 400.000 estomas por aproximadamente seis y medio cm^2) no posee más del 3% de superficie

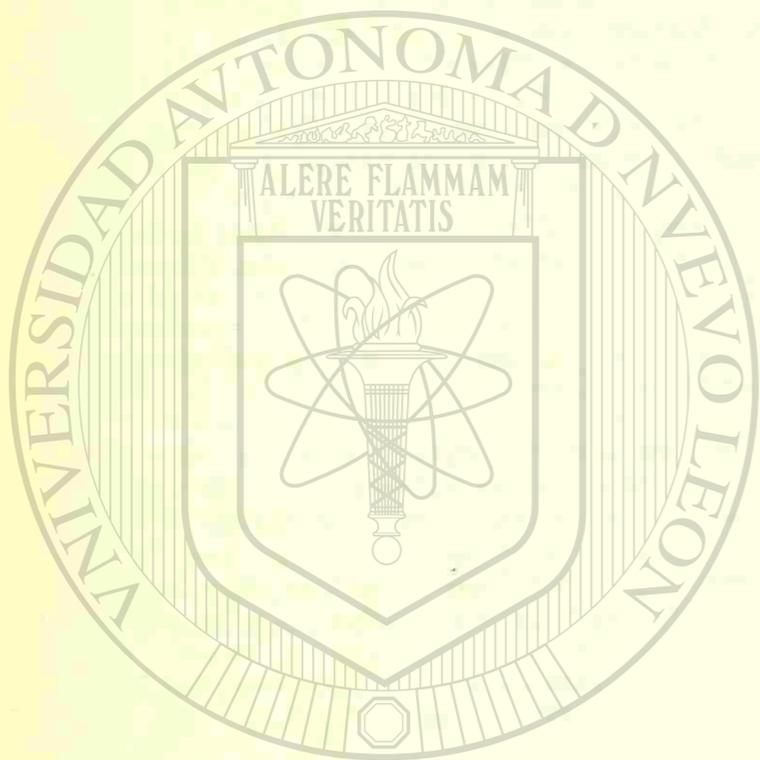
disponible para el paso de los gases.

El aire no completamente saturado de vapor de agua (100 por 100 humedad relativa) tiende a secar la superficie de las células con las cuales entra en contacto. Por tanto, la hoja durante la fotosíntesis, no obstante sus modificaciones protectivas, perderá cantidades considerables de agua por evaporación. El vapor de agua sale de la hoja (a través de los estomas) durante el proceso denominado *transpiración*. El agua que se pierde por transpiración debe ser reemplazada por el agua adicional transportada del suelo a las hojas por medio de las raíces y el tallo.

En un día caluroso del verano el nivel de transpiración puede sobrepasar la capacidad del sistema radical para reemplazar el agua. Esta situación de emergencia potencial es subsanada mediante un mecanismo autoprotectivo excelente. Si el suministro de agua a las hojas disminuye, las células de la hoja pierden la turgencia. Cuando las células de guarda pierden la turgencia se cierran los estomas. Esto a la vez conduce a un descenso fuerte del nivel de transpiración, con lo cual se mantiene el contenido de humedad adecuado dentro de la hoja. Por supuesto, el cierre de los estomas también conlleva la suspensión del intercambio de bióxido de carbono y oxígeno, de modo que necesariamente el nivel de la fotosíntesis también disminuye.

a) Explique el intercambio gaseoso en la hoja.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO XX.

INTERCAMBIO DE GASES EN ANIMALES.

El oxígeno elemento básico en la respiración, tiene como función oxidar los alimentos para que de ellos obtengan energía los organismos. Habitando infinidad de ambientes, los animales han adaptado un sistema respiratorio que les permita obtener del medio la suficiente cantidad de oxígeno mediante simples o complicadas estructuras.

20-1 RESPIRACIÓN DIRECTA E INDIRECTA.

El intercambio de gases, es funcionalmente poco complicado en los pequeños animales acuáticos como el paramecium o la hidra. El oxígeno disuelto en el agua de la laguna en que viven se difunde hacia su interior, a la vez que circula en sentido opuesto, de dentro afuera, el bióxido de carbono. Así estos seres no necesitan un aparato respiratorio especial. Este intercambio de gases se llama *respiración directa*, pues las células dejan pasar oxígeno y bióxido de carbono directamente del medio ambiente a su intimidad y viceversa.

En el curso de la evolución, los animales se convierten en formas superiores, más complejas, haciendo imposible que cada célula intercambie gases directamente con el exterior. Se hizo necesario, pues, alguna forma de *respiración indirecta* a la que se dedicarán ciertos tejidos del organismo especializados en esta función. Su aparato tenía forzosamente que ser de paredes finas (las membranas parietales deberían ser semipermeables), para lograr que la difusión fuera fácil, y a la vez húmedas, para que los gases se disolvieran en agua.

También se requería que el aparato estuviese provisto de intenso riego sanguíneo. Para la respiración indirecta, los peces, crustáceos y otros animales acuáticos crearon las branquias, en tanto los vertebrados superiores, reptiles, aves y mamíferos, recurrieron a los pulmones. La lombriz de tierra se vale de su piel húmeda, en tanto los insectos están provistos de tubos traqueales, conductos que se arborizan por el organismo del animal a partir de poros abiertos al medio externo.

En la respiración indirecta se pueden distinguir una fase externa y una interna en lo que se refiere al intercambio de gases. En la *respiración externa* estos gases se difunden desde el medio a la sangre circulante gracias a un órgano respiratorio especializado, como el pulmón de los mamíferos. La *respiración interna* es el intercambio de gases entre la sangre y las células del organismo. Entre estas fases los gases son acarreados por el sistema circulatorio.

Explique la diferencia entre respiración directa, indirecta, externa e interna.

20-2 ESTRUCTURAS RESPIRATORIAS EN ANIMALES.

La estructura respiratoria de la lombriz de tierra es la piel, la cual debe mantenerse húmeda todo el tiempo para que se pueda efectuar el intercambio gaseoso. Una gran cantidad de vasos capilares se encuentran inmediatamente debajo

de la piel, son los encargados de recibir y distribuir el oxígeno del medio ambiente que pasa a través de la piel, a todas las células del cuerpo, y del mismo modo acarrea el anhídrido carbónico en sentido contrario al oxígeno.

La condición necesaria para la realización de este mecanismo respiratorio llamado "RESPIRACIÓN CUTÁNEA", es que la piel se conserve todo el tiempo húmeda, lográndose esto gracias a las glándulas mucosas que se encuentran bajo la piel y a la humedad ambiental.

Respiración en saltamontes. Los insectos respiran a través de espiráculos, en el saltamontes existen 20 pares situados entre los segmentos del tórax y del abdomen. Los espiráculos son la entrada del aire que llega a otra serie de tubos llamados tráqueas, revestidos de una cutícula anillada en espiral, los cuales están extendidos en todo el cuerpo del animal para la perfecta distribución del oxígeno.

Cuatro de los diez espiráculos realizan la inspiración, y los seis restantes, la expiración. Al entrar el aire es filtrado por placas cribosas y cojinetes para evitar el paso de impurezas y parásitos; ya el aire en las tráqueas, éstas se ensanchan mediante músculos especiales formando sacos aéreos, luego se comprimen y se distribuye a todos los tubos donde se encuentra un líquido que facilita la absorción del oxígeno y la difusión del mismo a todas las células del organismo.

Respiración en peces. Las estructuras respiratorias en los peces son las branquias; se localizan a los lados de la cabeza, protegidos por una cubierta llamada opérculo. Son cuatro bajo cada cubierta, rojas por la intensa irrigación sanguínea y constan de tres partes cada una: un arco óseo en forma de bóveda, rastrillos bronquiales en la parte anterior y una superficie exterior plumosa de branquias filamentosas. Los filamentos se componen de miles de proyecciones llamadas lamelas que aumentan considerablemente la superficie de las

branquias ampliándose por la misma razón, la superficie de intercambio gaseoso.

Durante la respiración se realizan dos mecanismos; la inhalación, donde la boca del pez se abre y los opérculos se levantan para que pase el agua a las branquias donde se realiza el intercambio de gases. En la exhalación, la boca se cierra y la sangre de los capilares de las lamelas viajan en sentidos opuestos facilitando el intercambio gaseoso, ya que si fueran en el mismo sentido sería menor el intercambio.

Respiración pulmonar. Los vertebrados terrestres (anfibios, aves y mamíferos), los dos pulmones son los órganos de intercambio gaseoso. En la rana los pulmones son sacos de paredes tenues, suspendidos en la cavidad del cuerpo y unidos con la cavidad bucal mediante un orificio denominado glotis (fig. 20-1). La superficie de los pulmones se amplifica mediante un sistema de compartimientos internos irrigados con abundantes vasos capilares sanguíneos. Para henchir los pulmones la rana debe, en primer lugar, llenar la boca de aire mediante la apertura de sus dos ventanas nasales y luego haciendo descender el piso de la boca. (A veces con esta sola acción puede la rana satisfacer sus necesidades de oxígeno. Las paredes de la cavidad bucal están también irrigadas con abundantes capilares sanguíneos y puede servir como órgano de intercambio gaseoso). Luego, la rana cierra los orificios internos que conducen hacia las ventanas nasales, abre su glotis, y eleva el piso de la cavidad bucal. Esta acción impele el aire de la boca hacia los pulmones, los que entonces se inflan. La rana puede impulsar hacia los pulmones tal cantidad de aire que estos llenen completamente la cavidad del cuerpo.

El oxígeno contenido en el aire se disuelve en la lámina de humedad presente en la superficie de las células epiteliales de los pulmones. Luego, el oxígeno se difunde a través de las células epiteliales y de allí en los diminutos vasos sanguíneos denominados capilares. Una vez en la sangre, la mayor parte del oxígeno se incorpora a los millares de glóbulos rojos sanguíneos en forma oval. Estas células flotantes contienen el pigmento hemoglobina. Bajo las condiciones pre-

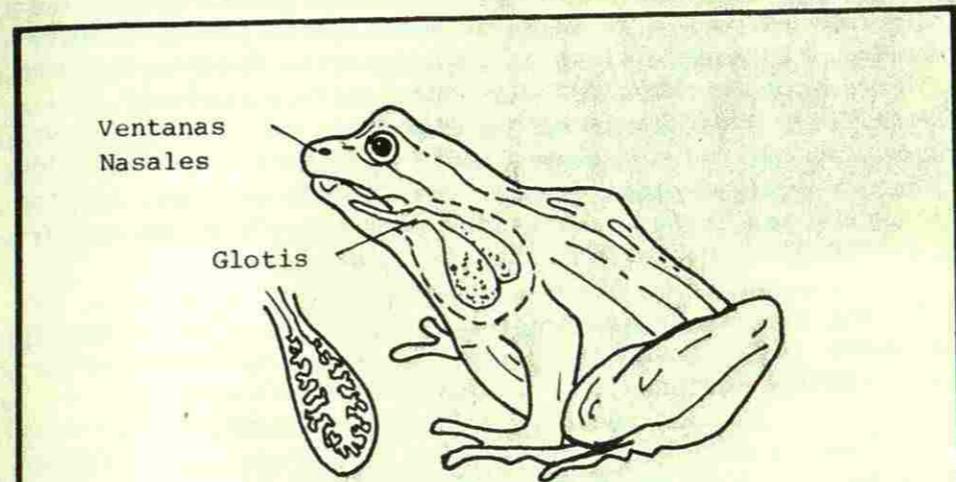


Fig. 20-1 Sistema respiratorio en rana.

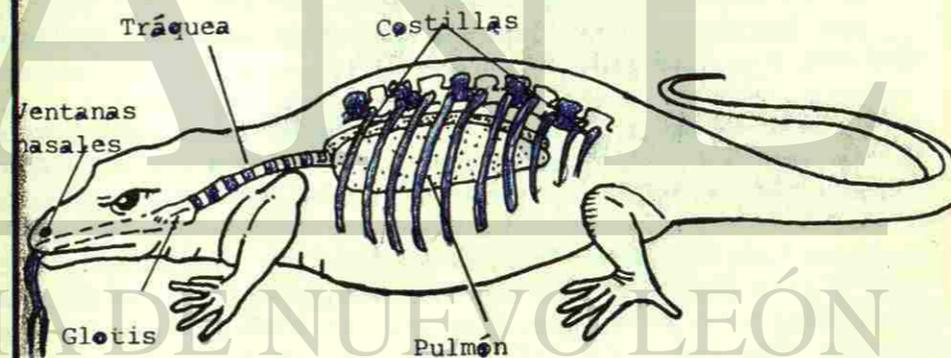


Fig. 20-2. Los pulmones del lagarto se inflan ampliando la cavidad torácica.

dominantes en los pulmones, la hemoglobina se combina químicamente con el oxígeno. El oxígeno es luego distribuido a través de todo el cuerpo de la rana, mediante la circulación de la sangre. La sangre lleva a los diferentes órganos y tejidos del cuerpo la hemoglobina y ésta libera el oxígeno. El oxígeno libre abandona la sangre y penetra en las células del cuerpo, las cuales lo consumen en la respiración. El bióxido de carbono, que se produce en la respiración celular, penetra a la sangre que irriga los tejidos y es llevado a los pulmones y a la piel, desde donde sale a la atmósfera.

En la mayoría de los anfibios la piel sirve de órgano suplementario de intercambio gaseoso. Está irrigada con abundantes vasos sanguíneos y es permeable tanto al agua como a los gases. Pero sólo puede funcionar como órgano de intercambio gaseoso siempre y cuando se mantenga húmeda. Las células secretoras de mucus de la piel contribuyen a llenar esta condición, pero no son suficientemente adecuadas para contrarrestar el efecto desecante del aire, cuando la humedad es baja. Por ello la mayoría de los anfibios están confiados a vivir en lugares húmedos, tales como estanques, pantanos, sue los húmedos, etc. Esta es también una de las razones por las cuales no pueden considerarse organismos terrestres en sentido estricto.

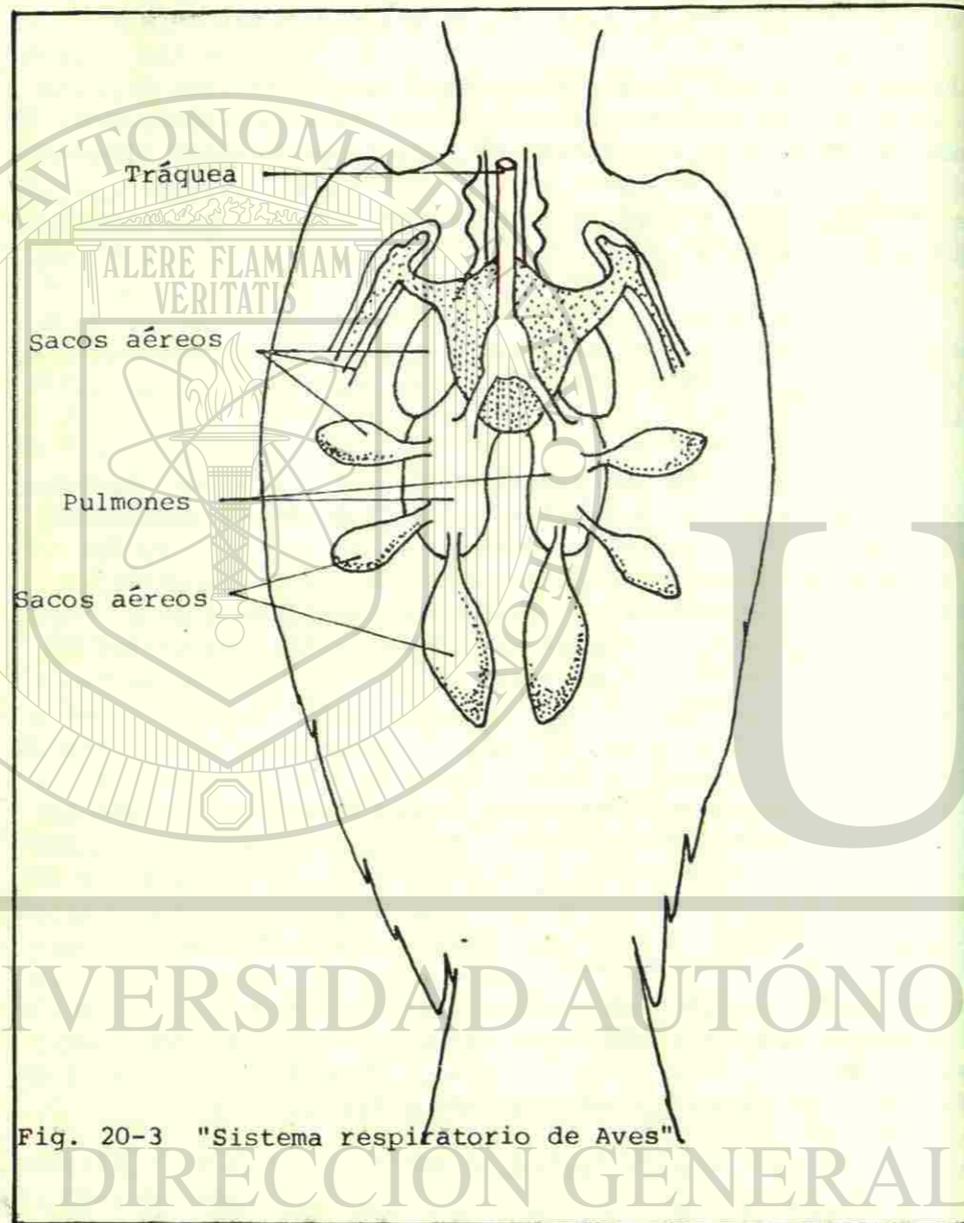
Los reptiles poseen una piel escamosa seca. Es más bien impermeable al agua, de modo que es poca la humedad que pierden estos animales a través de la piel. Debido a ello, los reptiles no están confinados a localidades húmedas; no obstante, muchos de ellos viven en tales lugares. Tanto los lagartos como las serpientes abundan en los desiertos, es decir, en los habitats más secos que existen. Si bien la piel escamosa es una adaptación que permite la exposición segura al aire seco, por otro lado inhabilita la piel para que pueda desempeñar la función de órgano de intercambio gaseoso. Esta función en los reptiles no sólo tienen relativamente una mayor superficie que los pulmones de los anfibios, sino que además la ventilación de los pulmones es mucho más eficiente. Los pulmones están rodeados por una capa ósea constituida por las costillas (fig. 20-2). Estas pueden expandirse y luego retraerse por medio de músculos de acción inversa. Cuando las costillas se expanden, el volumen del tórax aumenta. Esta

expansión produce un vacío parcial dentro de los pulmones, el cual es ocupado inmediatamente por una corriente de aire. El aire fresco, naturalmente, lleva oxígeno fresco a los tejidos húmedos del pulmón. La retracción de las costillas impulsa el aire de los pulmones hacia afuera. El aire exhalado es pobre en oxígeno, pero contiene bióxido de carbono liberado en los pulmones. Cuando han sido perturbadas algunas serpientes exhalan con gran fuerza. El ruido silbarne que ello produce puede espantar al intruso.

La ventilación de los pulmones de las aves ocurre de modo similar a la de los pulmones de los reptiles, pero esta acción se intensifica durante el vuelo, con el batir de las alas.

A diferencia de los reptiles, las aves son homeotérmicas (de sangre caliente). Mantienen una temperatura constante del cuerpo (por lo general cerca de 104°F) a pesar de las fluctuaciones amplias de la temperatura del medio externo. Las aves logran mantener constante la temperatura de su cuerpo, principalmente debido al calor que produce su actividad muscular. La actividad muscular, a la vez, depende de la energía que se libera durante la respiración celular. No es entonces sorprendente que la demanda de oxígeno de una ave de pequeño tamaño sea muy grande. Las aves satisfacen la mayor demanda de oxígeno mediante ensanchamientos de los pulmones, denominados sacos aéreos. (fig. 20-3). Si bien en los sacos aéreos no ocurre intercambio gaseoso, su distribución anatómica permite incrementar la eficiencia de la ventilación pulmonar, por cuanto el aire fresco pasa a través de los pulmones tanto durante la inhalación como durante la exhalación. Los sacos aéreos también contribuyen a reducir el peso del cuerpo; el aire que contiene reemplaza en muchas regiones del cuerpo los tejidos o fluidos. Por ejemplo, algunos de los huesos de las aves son huecos y contienen sacos aéreos.

a).- Describe los espiáculos.



b).- Explique el intercambio gaseoso en las branquias de los peces.

c).- Explique la respiración en anfibios y reptiles.

20-3 RESPIRACIÓN EN EL HOMBRE.

El aparato respiratorio del hombre y de otros vertebrados de respiración aérea, está formado por los pulmones y unos conductos por cuyo interior circula el aire que llega a los mismos (fig. 20-4). Este aire penetra en el organismo por las *ventanas de la nariz*, las que se abren en la *cavidad nasal*, extensa y situada encima de la boca y debajo de la caja craneal. Esta cavidad donde se encierran los órganos del sentido del olfato está tapizada de un epitelio secretor de moco. Al circular por la misma, el aire se purifica y calienta si sus capilares se dilatan y el moco se secreta en exceso, la nariz queda obstruida, síntoma característico del catarro.

El aire sigue adelante y penetra en la faringe por las *coanas*, ventanas posteriores de la cavidad nasal. En la *faringe* se entrecruzan los conductos de los aparatos digestivo y respiratorio. Los alimentos pasan de la faringe al estóma-

llevados por el esófago, en tanto el aire va a los pulmones por el camino de la laringe y la tráquea.

Con el fin de evitar que los primeros penetren en estos conductos (lo cual motivaría la lesión del delicado epitelio que los recubre) siempre que se deglute se aplica al orificio superior de la laringe una especie de válvula llamada *epiglotis*; este movimiento es reflejo, es decir, no tenemos que acordarnos de cerrar la epiglotis cada vez que deglutimos. Por excepción este mecanismo automático no funciona a la perfección y se despierta entonces un acceso de tos, debido a que las sustancias sólidas han seguido un camino erróneo.

La *laringe*, o caja de voz, cuyo contorno se percibe desde fuera lo que se llama la "nuez" o "bocado de Adán", contiene las cuerdas vocales, repliegues de epitelio que vibran al pasar el aire entre ellas, con producción consecuente de sonidos. Unos músculos regulan la tensión de las cuerdas, para que a voluntad varíe el tono. La *tráquea*, se distingue perfectamente del esófago en que está protegida por anillos de cartílagos encajados en sus paredes, con el fin de que la luz traqueal esté siempre abierta; durante la inspiración la presión del aire en la tráquea es inferior a la atmosférica y de no haber anillos rígidos, el tubo se aplastaría.

A la altura de la primera costilla la tráquea se divide en dos *bronquios* cartilagosos, cada uno dirigido a un pulmón. En el interior de éste, cada bronquio se subdivide en bronquiolos, los cuales a su vez se vuelven a dividir en conductos cada vez de diámetro más reducido, hasta las cavidades finales, llamadas *sacos aéreos*. En las paredes de los vasos más pequeños y de los sacos aéreos se encuentran unas cavidades diminutas en forma de copa, conocidas como *alveolos*, por fuera de las cuales se disponen tupidas redes de capilares sanguíneos (Fig. 20-5). Las moléculas de oxígeno y de bióxido de carbono pasan con facilidad a través de las paredes tenues y húmedas de los alveolos. La superficie alveolar total por donde los gases pueden difundirse es de 93 metros cuadrados, más de 50 veces el área de la piel.

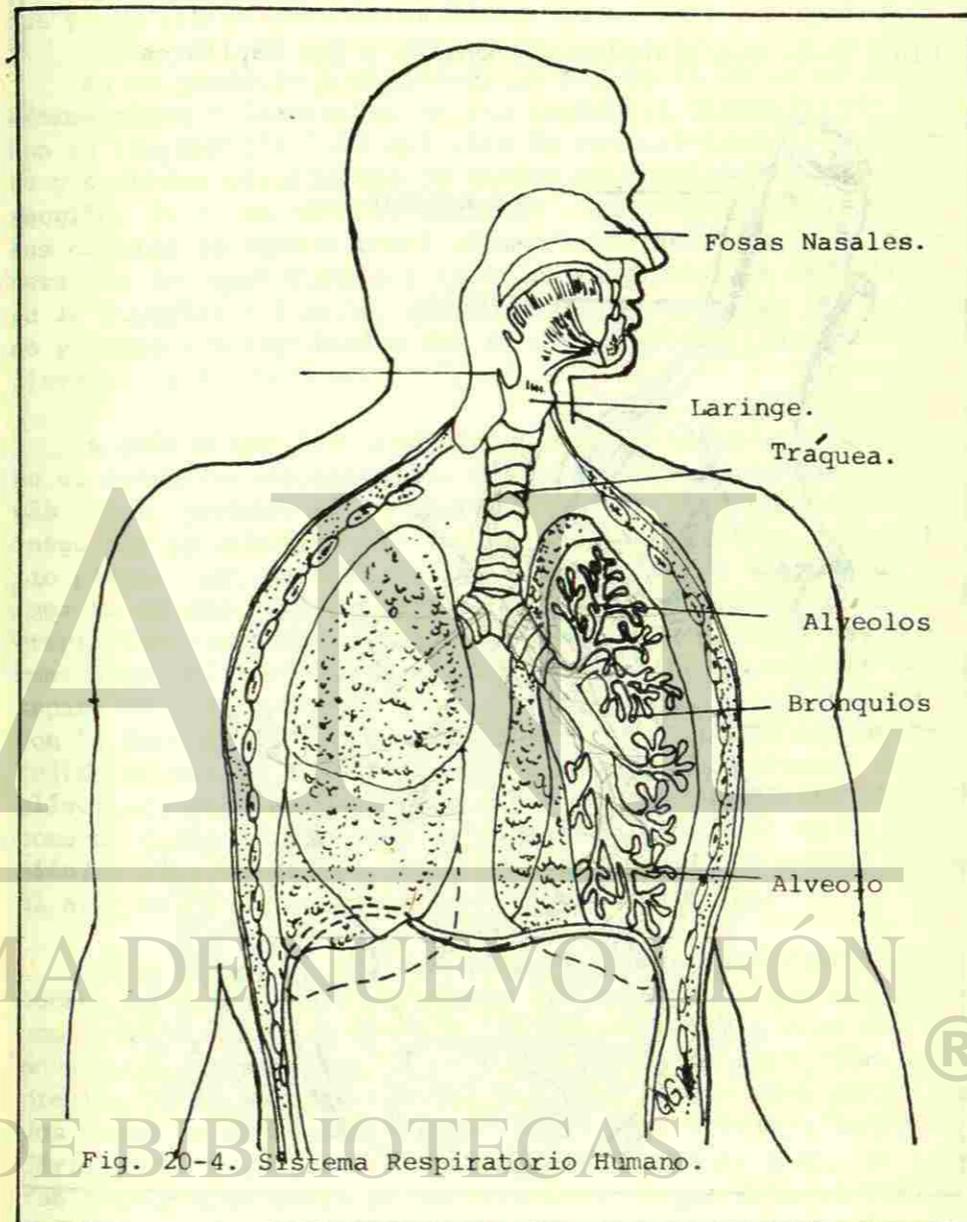
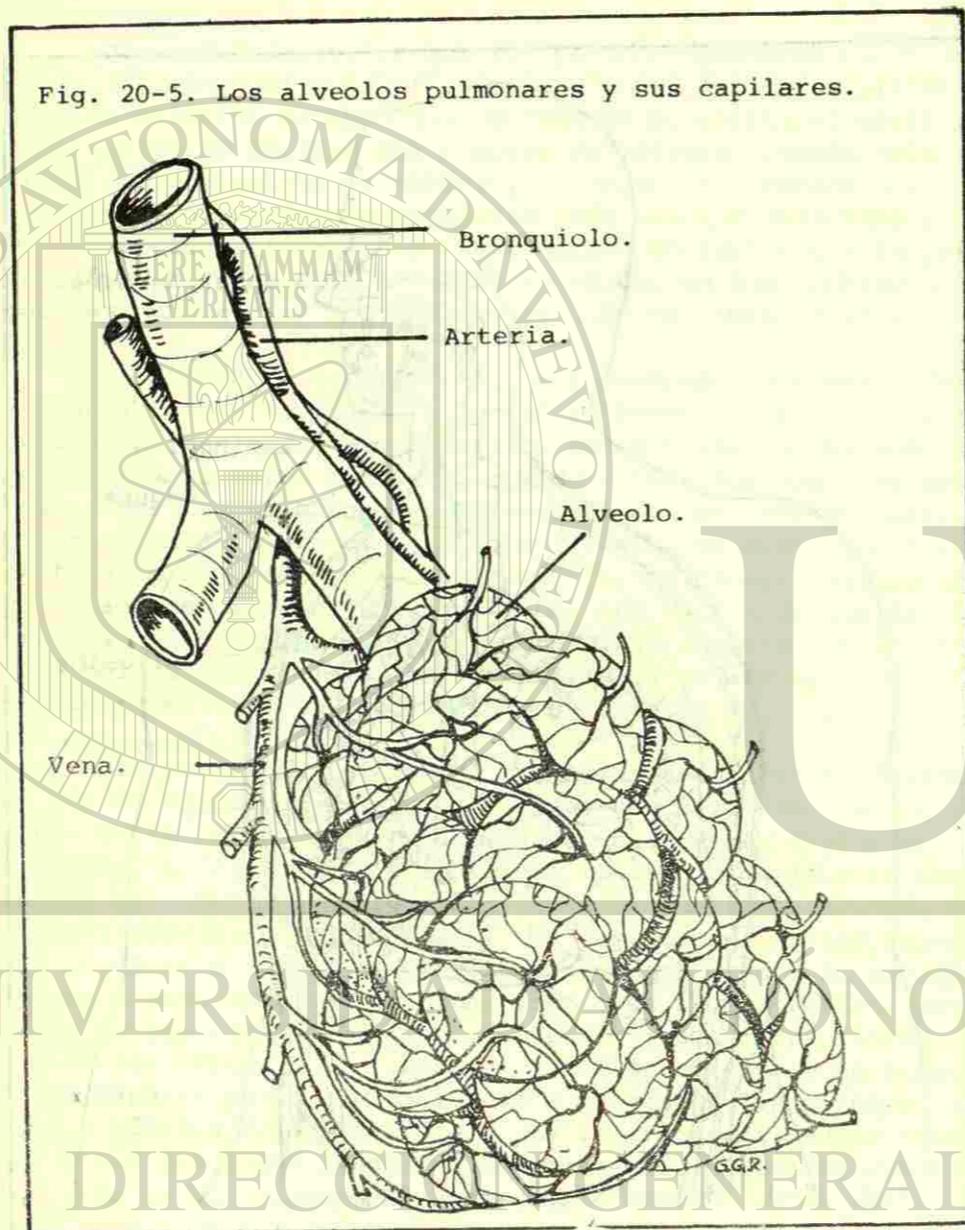


Fig. 20-4. Sistema Respiratorio Humano.

Fig. 20-5. Los alveolos pulmonares y sus capilares.



La pared de la tráquea y de los bronquios consta de una capa interna epitelial, una capa externa de tejido conectivo y una capa media donde se encuentran los anillos cartilaginosos y las fibras musculares lisas.

En un paciente asmático, estas fibras lisas se contraen anormalmente y disminuyen la luz bronquial dificultando mucho la respiración. El epitelio de revestimiento secreta moco y contiene células que se agitan constantemente en la dirección de estas células ciliadas; las vellosidades de estas células se agitan constantemente en una dirección, de manera que las bacterias o partículas de polvo, se depositan en la superficie húmeda, quedan primero atrapadas por el moco y luego son expulsadas por el movimiento ciliar que las lleva hacia la faringe.

A medida que los bronquiolos van reduciendo su diámetro en el curso de las sucesivas divisiones, se hacen sus paredes más finas, primero al desaparecer la capa cartilaginosa y luego por la substitución de las células ciliadas por epitelio plano. Las paredes de los alveolos están compuestas únicamente de una capa de células epiteliales planas. Las micrografías electrónicas han demostrado que siempre hay dos membranas, el epitelio alveolar y el endotelio capilar que separa el aire pulmonar de la sangre. Entre los alveolos, con la función de sostenerlos fijos, se disponen bandas de tejido conectivo elástico. En realidad, los pulmones son elásticos, pues al quitarlos de un animal pueden ser inflados como un globo a través de la tráquea; si se suprime la presión, la elasticidad de los pulmones distendidos obliga a que el aire escape y los órganos recuperen su forma.

El pulmón y la cavidad torácica donde está contenido, se cubren de unas hojas de epitelio liso y delgado que se conoce como *pleura*. Dichas hojas se conservan húmedas para que los movimientos respiratorios se hagan apenas sin fricción. La presión en la cavidad pleural (o sea, la que está entre las dos capas de la pleura) generalmente es inferior a la atmosférica. La elasticidad de los pulmones tiende a que se separen ligeramente de la pared torácica, lo que crea un vacío relativo en la cavidad pleural. Si estos revestimientos pleurales se inflaman, secretan un líquido que se acumula en la

cavidad (entre el pulmón y la pared torácica), cuadro que se conoce con el nombre de pleuresía.

La cavidad torácica está cerrada, de modo que no tiene comunicación con la atmósfera ni con ninguna otra cavidad del organismo. En la parte superior y a los costados está limitada por la pared, la cual contiene las costillas, en tanto por la parte inferior se extiende un músculo estirado, como si fuera una cúpula, conocido como *diafragma*.

Intercambio de gases en el pulmón.

El oxígeno pasa de los alveolos a los capilares pulmonares, y el bióxido de carbono se traslada en sentido opuesto simplemente por el fenómeno físico de la difusión; cada gas, va de una región donde está más concentrado a otra de concentración más baja. El epitelio alveolar extremadamente tenue ofrece apenas resistencia al paso de los gases, y como ordinariamente hay más concentración de oxígeno en los alveolos que en la sangre que llega a los pulmones por la arteria pulmonar, el oxígeno se difunde de los alveolos a los capilares. De manera similar, la concentración de bióxido de carbono en la sangre de la arteria pulmonar es normalmente más elevada que en los alveolos, de modo que este gas pasa de los capilares pulmonares al interior de los alveolos. Al contrario de lo que se observa en las células que revisten el intestino las cuales pueden absorber un elemento de la cavidad intestinal y pasarlo a la sangre, aun si en ella la concentración es más elevada, el epitelio alveolar no puede movilizar ni oxígeno ni bióxido de carbono contra cantidades más grandes de uno de ellos.

Siempre que la concentración de oxígeno en los alveolos baja hasta cierto valor, la sangre que riegan los pulmones no pueden enriquecerse bastante para satisfacer las necesidades del organismo, por lo que aparece el llamado "mal de montaña" con estado nauseoso, cefalalgia e ideas delirantes. El mal de montaña comienza alrededor de los 5,000 metros de altitud, o incluso a menos en ciertas personas predispuestas. Por otra parte, muchos habitantes de lugares elevados se acostum-

bran a vivir a estas altitudes aumentando el número de glóbulos rojos en la sangre, pero nadie puede vivir a más de 6,000 sin aprovisionamiento adicional de oxígeno. A los 11,000 metros la presión es tan baja que aun si se respira oxígeno puro no se puede obtener el suficiente para las necesidades respiratorias. Los aviones modernos van provistos de cabinas herméticas y de dispositivos que impulsan aire al interior, de modo que la presión es equivalente a la del nivel del mar, o sea de 760 mm de mercurio.

En los capilares de todos los tejidos del cuerpo, donde ocurre la respiración interna, el oxígeno, por difusión, va de lo mismo a las células, en tanto el bióxido de carbono pasa en igual forma de las células a los capilares. El metabolismo ininterrumpido de glucosa y otras sustancias en la intimidad celular da lugar a la producción constante de bióxido de carbono y utilización de oxígeno. En consecuencia, la concentración del oxígeno siempre es baja y la de bióxido de carbono siempre es alta en las células con respecto a los capilares.

En todo el sistema, de los pulmones a la sangre y de ésta a los tejidos, el oxígeno pasa de puntos de gran concentración a otros de concentración cada vez más baja, hasta al fin ser utilizado por las células; el bióxido de carbono pasa de las células, donde se produce, a la sangre, a los pulmones y al exterior siempre hacia regiones de concentración también más baja.

Transporte del oxígeno por la sangre.

En estado de reposo, las células del organismo humano necesitan unos 300 litros de oxígeno cada 24 horas o sean 250 ml por minuto. Con el ejercicio, o el trabajo esta necesidad podrá elevarse 10 y hasta 15 veces. Si el oxígeno fue se acarreado a los tejidos simplemente disuelto en el plasma, la sangre tendría que circular por el organismo a razón de 180 litros por minuto para satisfacer las necesidades de las células en descanso, pues este gas no es muy soluble en el plasma. En realidad, la sangre de un hombre en reposo circula a razón de 5 litros por minuto, con satisfacción de toda

la demanda de las células; la diferencia entre 180 y 5 litros se debe a la acción de la hemoglobina.

La *hemoglobina* es el pigmento de los glóbulos rojos cuya misión exclusiva es transportar casi todo el oxígeno y la mayor parte del bióxido de carbono. La sangre en equilibrio con el aire alveolar solo puede incorporar en solución 0.25 ml de oxígeno y 2.7 ml de bióxido de carbono por 100 ml pero gracias a la acción de la hemoglobina, estos mismos 100 ml de sangre pueden llevar unos 20 ml de oxígeno y de 50 a 60 ml de bióxido de carbono. La sangre humana contiene 15 g. de hemoglobina por 100 ml.

En términos aproximados, el 2 por 100 del oxígeno de la sangre está disuelto en el plasma, en tanto el resto se combina con la hemoglobina. Después de que el oxígeno entra en los capilares de los pulmones, se difunde a los glóbulos rojos del plasma, donde se une a la hemoglobina o sea, que una molécula de oxígeno se une a otra de hemoglobina para formar una molécula de oxihemoglobina:



Las flechas indican que la reacción es reversible. Se comprende que la hemoglobina no sería útil si solo tomara el oxígeno y no lo pudiese librar en el punto requerido. La reacción va en el sentido de izquierda a derecha en el pulmón, donde se forma la oxihemoglobina, y de derecha a izquierda en los tejidos, donde ésta se libera del oxígeno. La diferencia de color entre la sangre arterial y venosa se debe a que la oxihemoglobina es de tono escarlata brillante, en tanto la hemoglobina es de tono púrpura.

La combinación del oxígeno con la hemoglobina y la desintegración de la oxihemoglobina se regulan por dos factores: primero, por la cantidad de oxígeno presente y en segundo lugar, por la cantidad de bióxido de carbono. En los pulmones, la concentración del primero es relativamente elevada, de modo que se forma la oxihemoglobina. Al abandonar los campos pulmonares, la sangre se dirige al corazón y luego a las arterias, donde varía poco la concentración del gas y luego a los

tejidos, donde la oxihemoglobina está expuesta a un medio con poco oxígeno; como consecuencia, se desintegra y deja que el oxígeno se difunda por las células de los tejidos.

El bióxido de carbono reacciona con el agua para formar ácido carbónico, H_2CO_3 , por lo que el incremento de la concentración de CO_2 aumenta la acidez de la sangre, lo que a su vez hace disminuir la capacidad de la hemoglobina para acarrear oxígeno, o sea, que en parte, la capacidad de que la hemoglobina se combine con el oxígeno está regulada por la cantidad presente de CO_2 . De esto resulta un sistema de transporte de gran eficacia: en los capilares de los tejidos la concentración de CO_2 es elevada, de modo que el oxígeno se libera de la hemoglobina por la acción conjunta de la tensión baja de oxígeno y alta de CO_2 . En los capilares de los pulmones (o en las branquias de los peces), la tensión de CO_2 es baja, lo que permite que la hemoglobina se combine con el oxígeno, puesto que éste se encuentra a tensión elevada. Es desde luego conveniente recordar, que el aumento de bióxido de carbono acidifica la sangre y que la capacidad de la hemoglobina de llevar oxígeno disminuye en una solución ácida.

El factor que realmente decide la dirección y velocidad de la difusión es la presión o "tensión" de cada uno de los gases de que se trata. Si los gases están mezclados, cada uno ejerce, con independencia de los otros, la misma presión que ejercería si estuviese solo. En el aire a nivel del mar, donde la presión total es de unos 760 mm de mercurio, el oxígeno ejerce un quinto de la presión, o sea que la presión parcial o tensión del oxígeno en la atmósfera es de 150 mm de mercurio. El aire alveolar contiene menos oxígeno que el atmosférico, pues la tensión de este gas en los alveolos es aproximadamente de 105 mm. La sangre pasa por los capilares del pulmón con demasiada rapidez para poder equilibrarse completamente con el aire alveolar, de modo que la tensión de oxígeno en la sangre arterial es de unos 100 mm. La tensión del oxígeno en los tejidos varía entre 0 y 40 mm, lo que da el resultado de que este gas se difunda en ellos desde los capilares. Sin embargo, no todo el oxígeno abandona la sangre, pues también ésta pasa con demasiada rapidez

por el hecho capilar para llegar a un equilibrio completo, de lo que resulta que en los tejidos queda cierta cantidad de oxígeno residual. La sangre venosa que alcanza los pulmones tiene una tensión de oxígeno de unos 40 mm. A la tensión de oxígeno de la sangre arterial (100 mm) cada 100 ml contiene 19 ml de oxígeno; a la de la sangre venosa (40 mm). Cada 100 ml contiene 12 ml; la diferencia de 7 ml representa la cantidad de oxígeno *entregada a los tejidos* por cada 100 ml de sangre. De esto se calcula que los cinco litros de sangre de un organismo humano puede suministrar unos 350 ml de oxígeno cada vuelta.

Transporte de bióxido de carbono por la sangre.

El transporte del bióxido de carbono plantea al organismo un problema especial, por el hecho de que cuando este gas se disuelve, reacciona reversiblemente con agua para formar ácido carbónico.



Las células del hombre en reposo elaboran unos 200 ml de bióxido de carbono por minuto. Si esta cantidad tuviese que disolverse en el plasma (el cual sólo puede llevar en solución 4.3 ml de CO_2 por litro), la sangre tendría que circular a razón de 47 litros por minuto en vez de los cuatro o cinco. Además, dicha cantidad de bióxido de carbono daría a la sangre un pH de 4.5, condición imposible, pues las células únicamente viven dentro de un corto margen en el lado alcalino de la neutralidad (entre pH de 7.2 y 7.6). Las propiedades especiales de la hemoglobina permiten que cada litro de sangre transporte unos 50 ml de CO_2 desde los tejidos hasta los alveolos, con solo unas pocas centésimas de diferencia en la unidad pH entre las sangres arterial y venosa. Parte de este bióxido de carbono forma unión química suelta con la hemoglobina (*carbaminohemoglobina*), en tanto otra pequeña cantidad se encuentra en forma de ácido carbónico, pero la mayor parte de éste último es transportado como ion bicarbonato, HCO_2^- . El CO_2 producido por las células se disuelve en el lí-

quido intersticial formado H_2CO_3 reacción catalizada por *anhidrasa carbónica*. El H_2CO_3 es neutralizado por los iones sódicos o potásicos liberados cuando la oxihemoglobina se transforma en hemoglobina. La primera es de acidez más intensa que la segunda, de modo que algunos cationes, sodio o potasio se desprenden, así que la oxihemoglobina se disocia en oxígeno y hemoglobina. Es en extremo interesante considerar que en el curso de la evolución un solo compuesto químico, la hemoglobina, ha sido elaborado con todas las características necesarias para hacer posible la respiración en el múltiple sentido de llevar oxígeno, de trasladar bióxido de carbono y de mantener constante el pH de la sangre a través de todo el proceso.

El bióxido de carbono pasa de los tejidos a la sangre y luego a los pulmones por difusión, desde regiones de gran tensión hasta otras de tensión más reducida. La tensión de este gas en los tejidos es de unos 60 mm de mercurio; en la sangre venosa, de unos 47 mm, y en los alveolos de unos 35 mm de mercurio. En la sangre arterial, la tensión de CO_2 es aproximadamente de 41 mm de mercurio, de modo que la sangre lo contiene en cantidades notables después de haber pasado por los pulmones.

Cualquier proceso que obstaculice la eliminación de bióxido de carbono por los pulmones (como la neumonía) origina aumento de la concentración de ácido carbónico y bicarbónico). Este trastorno conocido con el nombre de *acidosis respiratoria*, no implica que la sangre sea realmente ácida (todavía se encuentra en el lado alcalino de la neutralidad), pero hay descenso de sus reservas alcalinas (especialmente del sodio). La acidosis ocurre también en la diabetes, pero en esta enfermedad el trastorno no es una acidosis respiratoria, es decir, dificultad para desembarazarse del bióxido de carbono en los pulmones, sino una acidosis metabólica dependiente de producción excesiva de ácidos por parte de los tejidos como consecuencia de la perturbación en el metabolismo de los hidratos de carbono.

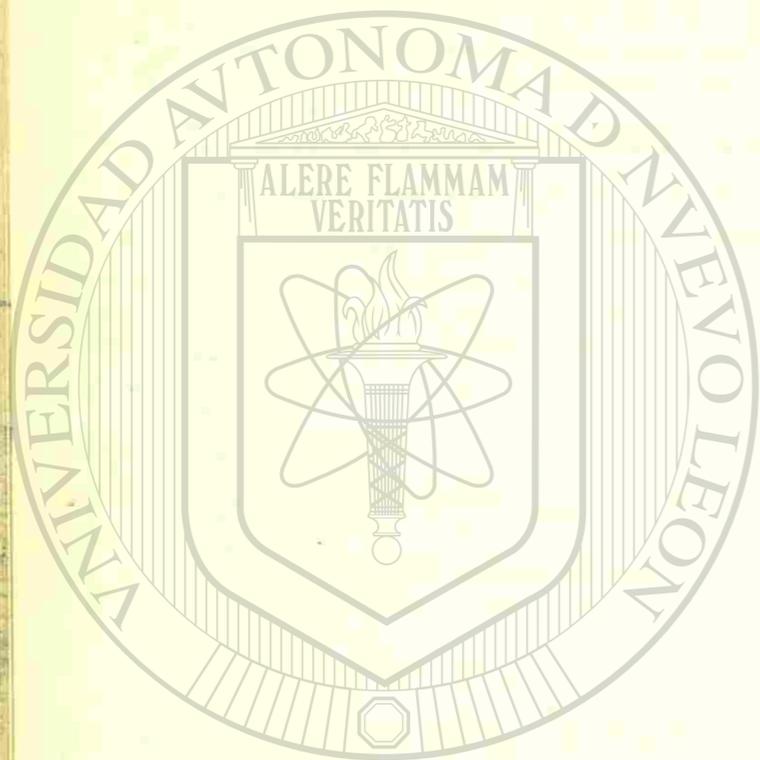
Asfixia.

La asfixia aparece siempre que se interrumpe el suministro del oxígeno a los tejidos o si hay dificultad de que estos lo utilicen. Por consiguiente, la causa de la asfixia puede estar en el mismo pulmón, en la sangre o en los tejidos. Si el sujeto se ahoga por inmersión, los alveolos se llenan de agua, en tanto en la neumonía están invadidos por líquido intersticial, con resultado equivalente de que no hay admisión de oxígeno. En la intoxicación por el monóxido de carbono la asfixia se debe a que este gas se une a la hemoglobina, por lo cual ya no es apta para que transporte oxígeno a las células. En el envenamiento por el cianuro la asfixia resulta de la inactivación de una de las enzimas presentes en todas las células (citocromo oxidasa), eslabón importante en la cadena enzimática que rige la utilización del oxígeno por los tejidos.

a).- Mencione y explique todas las estructuras del aparato respiratorio en humanos.

b).- Explique el transporte de oxígeno por la sangre.

c).- ¿Cuáles son las enfermedades del aparato respiratorio?



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3er. SEMESTRE. ÁREA I. UNIDAD XI.

REPRODUCCIÓN EN PLANTAS Y ANIMALES.

INTRODUCCIÓN.

La reproducción es una característica de los seres vivos destinada a la conservación y perpetuidad de las especies. Esta importantísima misión se lleva a cabo en muy variadas formas según la especie, formas que estudiaremos en esta unidad.

OBJETIVOS.

- 1.- Explicar cada una de las partes del ciclo de la vida de un helecho y un musgo.
- 2.- Definir las dos clases de plantas con semilla.
- 3.- Enunciar las estructuras más importantes de una flor.
- 4.- Explicar la polinización y fecundación.
- 5.- Explicar la germinación en plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas.
- 6.- Explicar el ciclo de desarrollo y reproducción en obelia.
- 7.- Describir el sistema reproductor en anfibios.
- 8.- Explicar la fecundación en anfibios.
- 9.- Explicar los tres tipos de desarrollo embrionario en mamíferos.
- 10.- Describir el aparato reproductor masculino y femenino humano.

- 11.- Explicar la ovulación y el ciclo menstrual del sistema reproductor femenino en el humano.
- 12.- Explicar la fecundación e implantación del embrión en el humano.
- 13.- Explicar el desarrollo embrionario, hasta el nacimiento en el humano.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 21, 22 y 23 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia cuidadosamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y el coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada tema de los capítulos 21, 22 y 23; la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audio visual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XXI

REPRODUCCIÓN DE PLANTAS.

En este capítulo exploraremos algunos modelos básicos de la reproducción y desarrollo de las plantas. Es evidente que hay distintos grupos de plantas, cada uno con su propio modelo de reproducción y desarrollo. Sin embargo, un grupo de plantas con semilla utiliza un modelo que ha demostrado ser superior a los demás. De ahí que las plantas con semilla dominan nuestros paisajes. Por eso dedicaremos nuestra exposición a los modelos básicos por los cuales se reproducen y desarrollan las plantas con semillas y sólo hablaremos brevemente sobre dos de los modelos más "primitivos".

21-1 LOS MUSGOS Y LOS HELECHOS.

Cantidad de pruebas fósiles muestran que las plantas con semilla no siempre han dominado nuestro paisaje. Durante los períodos Devónico y Carbonífero crecieron sobre la Tierra extensos bosques de helechos y colas de caballo. Los musgos y otras plantas pequeñas cubrían el suelo de los bosques.

Estudiaremos el ciclo de vida de un musgo característico y de un helecho también típico. Aunque sean plantas modernas es razonable suponer que se reproducen en forma muy semejante a como lo hicieron sus ancestros.

- 11.- Explicar la ovulación y el ciclo menstrual del sistema reproductor femenino en el humano.
- 12.- Explicar la fecundación e implantación del embrión en el humano.
- 13.- Explicar el desarrollo embrionario, hasta el nacimiento en el humano.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 21, 22 y 23 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia cuidadosamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y el coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada tema de los capítulos 21, 22 y 23; la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audio visual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XXI

REPRODUCCIÓN DE PLANTAS.

En este capítulo exploraremos algunos modelos básicos de la reproducción y desarrollo de las plantas. Es evidente que hay distintos grupos de plantas, cada uno con su propio modelo de reproducción y desarrollo. Sin embargo, un grupo de plantas con semilla utiliza un modelo que ha demostrado ser superior a los demás. De ahí que las plantas con semilla dominan nuestros paisajes. Por eso dedicaremos nuestra exposición a los modelos básicos por los cuales se reproducen y desarrollan las plantas con semillas y sólo hablaremos brevemente sobre dos de los modelos más "primitivos".

21-1 LOS MUSGOS Y LOS HELECHOS.

Cantidad de pruebas fósiles muestran que las plantas con semilla no siempre han dominado nuestro paisaje. Durante los períodos Devónico y Carbonífero crecieron sobre la Tierra extensos bosques de helechos y colas de caballo. Los musgos y otras plantas pequeñas cubrían el suelo de los bosques.

Estudiaremos el ciclo de vida de un musgo característico y de un helecho también típico. Aunque sean plantas modernas es razonable suponer que se reproducen en forma muy semejante a como lo hicieron sus ancestros.

EL CICLO DE VIDA DE UN MUSGO.

Los musgos se encuentran ampliamente dispersos en todas partes del mundo; todos son pequeños y relativamente sin importancia. Rara vez alcanzan alturas de más de quince centímetros. Hay una razón muy importante por la cual crecen tan próximos al suelo: carecen del sistema vascular altamente organizado que presentan las plantas superiores. El agua y las sales minerales deben moverse hacia arriba, en las plantas, por difusión. Esto limita rigurosamente la altura a la que un musgo puede crecer.

Para comprender bien el ciclo de vida del musgo es necesario familiarizarnos con su estructura. Observamos que los musgos crecen en la humedad y lugares sombríos a manera de una aglutinación verde aterciopelada. Un examen más cuidadoso muestra que esta aglutinación es una masa compacta de plantas individuales. La mayor parte del año, el cuerpo de las plantas se ve como un tallo verde de aspecto erizado. Sus "cerdas" son pequeñas estructuras, como hojas, que efectúan la fotosíntesis. Algunas veces, particularmente a fines de primavera, se ven musgos individuales con pedúnculos largos y delgados extendidos hacia arriba. La punta del pedúnculo es alargada y presenta forma de copa. Aunque parece ser una extensión del individuo del cual crecen, de hecho se trata de un nuevo individuo que crece como parásito de la planta que está bajo él.

En la vida de un musgo hay dos tipos distintos de individuos que son el resultado de las fases sexual y asexual de la reproducción. La planta de musgo que normalmente observamos es la generación productora de gametos (óvulo o espermatozoide) llamada a ésta *generación gametofita*.

El gametofito es un pedúnculo rodeado de estructuras a manera de hojas. Generalmente, en la generación gametofita los sexos están separados; un individuo produce óvulos y otro espermatozoides, como se puede ver en la fig. 21-1, los óvulos y los espermatozoides se producen en las estructuras de la parte superior de la planta gametofita.

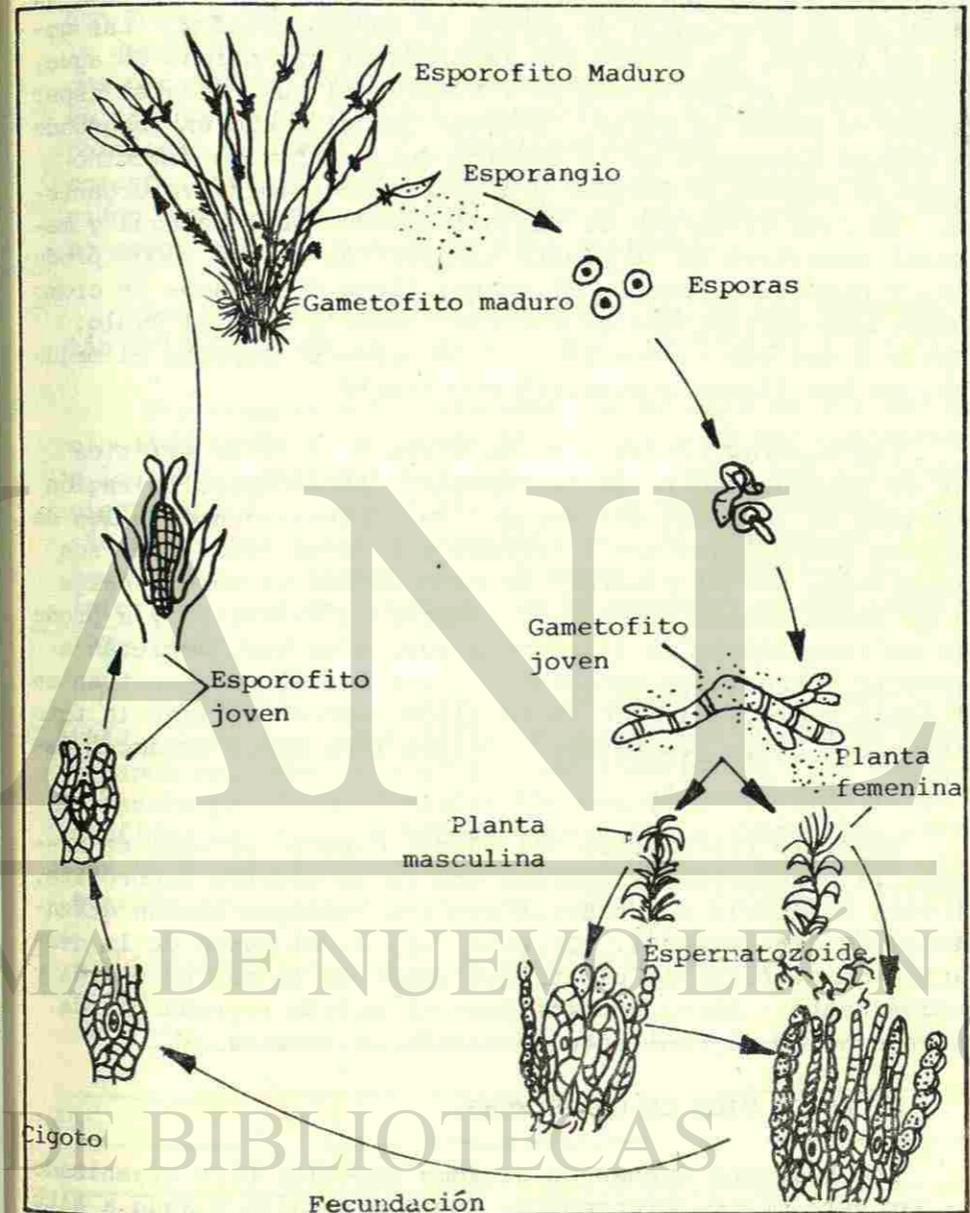


Fig. 21-1. Ciclo de vida de un musgo.

Posteriormente, el *espermatozoide debe nadar a través del agua para llegar al óvulo*. Ahora se puede comprender la razón de la abundancia de musgos en medios húmedos. Las gotas de lluvia, de rocío, aun la brisa de las caídas de agua, proporcionan el medio acuoso a través del cual nada el espermatozoide hasta el óvulo. Después que el óvulo es fecundado el cigoto permanece en la cúspide del gametofito femenino donde se empieza a dividir y a desarrollar un nuevo organismo. En esta situación el nuevo individuo absorbe agua y material nutritivo de la planta gametofita, aunque puede producir, y produce su propio alimento; tiene dos juegos de cromosomas, uno corresponde al espermatozoide y otro al óvulo. Debido a que los nuevos individuos producen esporas al madurar, se les llaman *generación esporofita*.

Las esporas resultan de la división celular meiótica que se efectúa dentro de la *cápsula o esporangio*, la región alargada de la punta del esporofito. Literalmente, miles de esporas monoploides son liberadas a la atmósfera donde son dispersadas por el viento. En caso de que la spora caiga en un medio ambiente adecuado, empieza a dividirse y a producir un crecimiento de filamentos que, a su vez, empiezan a producir estructuras semejantes a las raíces que penetran en el suelo y crecen a modo de tallitos; éstos realizan la fotosíntesis. Estos pedúnculos crecidos finalmente producen gametos.

El ciclo reproductor del musgo, durante el cual se alterna la generación gametofita con la generación esporofita, ilustra el modelo reproductor que los biólogos llaman *alternancia de generaciones*. Observe que, en el musgo de la generación gametofita, la planta que vemos es la más extendida y predominante. Ahora consideramos el modelo reproductor de un helecho en el cual esta condición es inversa.

CICLO DE VIDA DE UN HELECHO.

Los helechos tienen un sistema vascular bien organizado y, por esto mismo, transportan iones minerales y agua a alturas mucho más elevadas que los musgos.

La alternancia de generaciones ocurre en el ciclo de vida del helecho. El esporofito o individuo diploide es el que normalmente vemos y llamamos helecho. Los individuos de la generación gametofita son tan pequeños e insignificantes que por varios años no fueron identificados. La diferencia en tamaños entre las dos generaciones, a veces, alcanza proporciones extremas. El individuo esporofito puede llegar a crecer a tal grado y llamársele árbol, mientras que el individuo gametofito producido crece al ras del suelo, a menudo no mayor que una moneda de diez centavos.

Los detalles del ciclo reproductor de los helechos están delineados en la fig. 10-4 del libro de Biología I.

Las esporas son producidas por meiosis en los esporangios que están en el envés de las hojas de los esporofitos, a los que llamaremos helechos. Las esporas son liberadas en cierta época del año y si caen en un medio adecuado, empezarán a desarrollarse en gametofitos. Al madurar un pequeño gametofito se desarrollarán órganos reproductores en su cara inferior. Los espermatozoides se producen en una región y los óvulos en otra.

Nuevamente el *espermatozoide puede llegar nadando al óvulo*. Como los gametofitos crecen al ras del suelo con los órganos reproductores en el lado inferior de esta unión no presenta problema, considerando que el gametofito se ha desarrollado en un medio húmedo. Esta es la limitación clave que ha dejado a los helechos fuera de la competencia con las plantas con semilla en muchas regiones de nuestro planeta.

a).- Describir el ciclo de vida de un musgo.

b).-¿Qué es la generación gametofita?

c).-¿Qué es el gametofito y esporofito?

d).- Describir el ciclo de vida de un helecho.

2-12 PLANTAS CON SEMILLA.

Es evidente que las plantas con semilla son preponderantes, actualmente, en la mayor parte de nuestro planeta. Tienen numerosas ventajas sobre los musgos y los helechos. Una es que los espermatozoides de las plantas con semilla no necesitan nadar a través del medio acuoso para fecundar los óvulos.

Las plantas con semilla, al igual que los helechos y musgos, tienen una generación gametofita y una esporofita en su ciclo reproductor. Sin embargo, la etapa del gametofito está enormemente reducida en las plantas con semilla. La generación gametofita no tiene individuos físicamente distintos, ya que sólo consta de estructuras microscópicas. Estas estructu

ras son los sacos embrionarios (gametofitos femeninos) dentro de los óvulos de las flores y los granos de polen (gametofitos masculinos). Para nuestros propósitos consideramos a las plantas con semilla como individuos diploides a través de su ciclo de vida. Aun cuando pensamos que sería adecuado llamar técnicamente individuo diploide a la generación esporofita, nos abstendremos de describirla como tal.

El grupo de las *gimnospermas*, es aparentemente más antiguo y primitivo. La mayor parte de las plantas pertenecientes a este grupo producen semillas en conos, de donde proviene su nombre de *coníferas*. El pino, ocote y los árboles llamados abetos son coníferas. La segunda clase de plantas con semilla la forman las *angiospermas* que presentan una mayor amplitud de grupos. Se les conoce con el nombre de *plantas con flores*. El césped y la mayoría de las hierbas, arbustos y árboles con anchas hojas que nos rodean son plantas con flores. Existen algunas diferencias básicas en los mecanismos reproductores entre coníferas y plantas con flores, pero en general, los modelos de reproducción son básicamente similares.

Estructura de una flor. Comúnmente pensamos en una flor como algo fragante y bello. Afortunadamente algunas flores así son. Pero por cada flor fragante y hermosa hay, probablemente, más con características poco llamativas y carentes de aromas distintos. En cualquier caso, una flor es un órgano reproductor altamente organizado y maravillosamente eficiente.

En la fig. 21-2 se muestra un diagrama idealizado de una flor. Si una flor es coloreada y atractiva, será probablemente a causa de sus sépalos o pétalos. Son adaptaciones de la hojas verdes ordinarias que han adquirido papeles especializados. Los sépalos son las estructuras más extensas de la flor y no están tan llenas de color como los pétalos.

Las estructuras más importantes de la flor son los *estambres* y el *pistilo*. El estambre está considerado como la estructura masculina de la flor. Tiene dos partes: un *filamento*

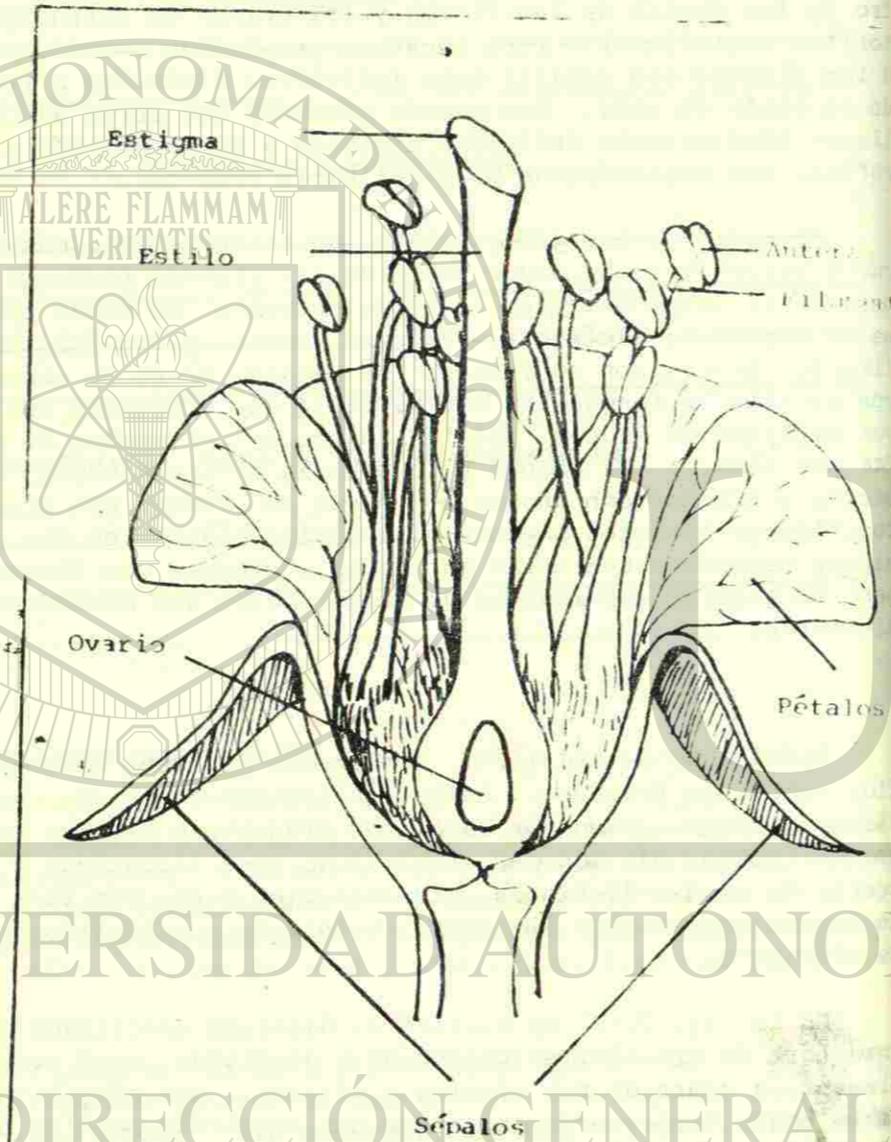


Fig. 21-2. Diagrama de una flor comul ta.

mento largo y un recipiente como saco que contiene el polen, llamado *antera*. El polen es el gameto masculino. Generalmente, cada flor tiene varios estambres. El pistilo se considera como la parte femenina de la flor. Tiene tres partes básicas. La parte más baja del pistilo es el *ovario*. Es la estructura donde se forman los óvulos, donde son fecundados y donde el cigoto finalmente se convierte en semilla. Encima del ovario se levanta un delgado estilo que termina en una alargada y, a menudo pegajosa, área llamada *estigma*. El polen del estambre debe caer en el estigma antes de producirse alguna fusión entre los gametos. Este acontecimiento se llama *polinización* y constituye uno de los pasos críticos en el ciclo de reproducción sexual de las plantas con flores. La polinización debe preceder la fecundación.

Polinización.

La mayoría de las flores son como las que se han descrito. Son *flores perfectas* (hermafroditas) que producen los gametos masculino y femenino. Hay flores que sólo producen una clase de gametos; éstas son *flores imperfectas* (unisexuales). Cada una de las cuales son *estaminíferas*, conteniendo solamente uno o más estambres; *pistiladas*, teniendo sólo uno o más pistilos. La polinización parece ser una cosa sencilla en las flores perfectas, pero más difícil cuando las estructuras masculina y femenina están en flores separadas. El trabajo en la naturaleza no es necesariamente realizado de esta manera.

Cuando sucede la autopolinización en la flor perfecta, se pierde la ventaja clave de la reproducción sexual. La información genética no se dispersa a través de la población. Como resultado de esto no existe gran modificación en las variedades como en aquellas de *polinización cruzada*.

Lo que vemos en la mayoría de las flores perfectas es una especie de compromiso. El grano de polen que contiene el gameto masculino es pequeño y de poco peso. En las flores perfectas cae simple y directamente al estigma, o puede ser impulsado al estigma por los movimientos de la flor producidos por el viento. Pero hay varias razones por las que puede no ocurrir la autopolinización en la flor perfecta. Pueden producirse millones de granos de polen y los de algunas especies pueden dispersarse a grandes distancias por las corrientes de aire (hecho conocido por personas que sufren de fiebre de heno, producida por el polen). Los granos de polen son transportados de una flor a otra al quedar adheridos al cuerpo de los insectos, colibríes y aun murciélagos. Así, transportado el polen puede llegar al estigma de otra flor y fecundarla antes de que suceda lo mismo con el propio polen de la flor.

Muchas veces el polen de una flor perfecta no madura, sino hasta después que se ha desarrollado el óvulo. En este caso, puede llegar primero al estigma el polen de otra planta que maduró antes, o la situación puede ser a la inversa, o sea, el polen madura antes que el óvulo se haya desarrolla

do completamente. Así, la polinización cruzada asegura una dispersión limitada de la información genética a través de cierta población. La autopolinización puede ser llamada fortuita para dicha población. Es el margen de seguridad, en caso de no realizarse la polinización cruzada, la flor puede utilizar su propio polen que al caer en su estigma, asegura la fecundación eventual del óvulo.

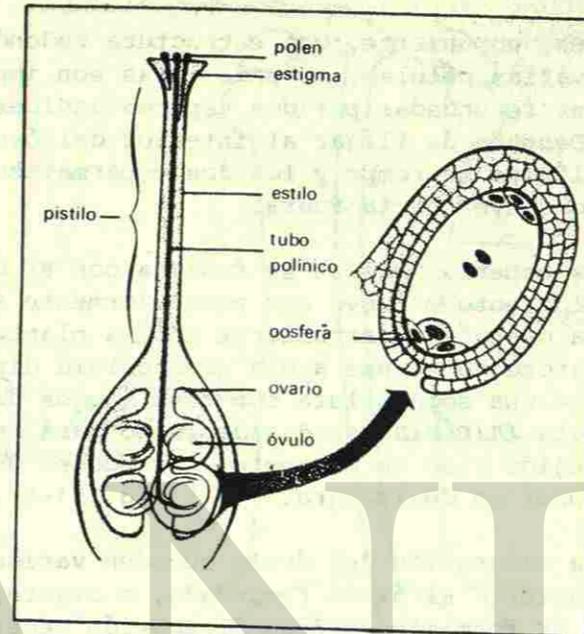
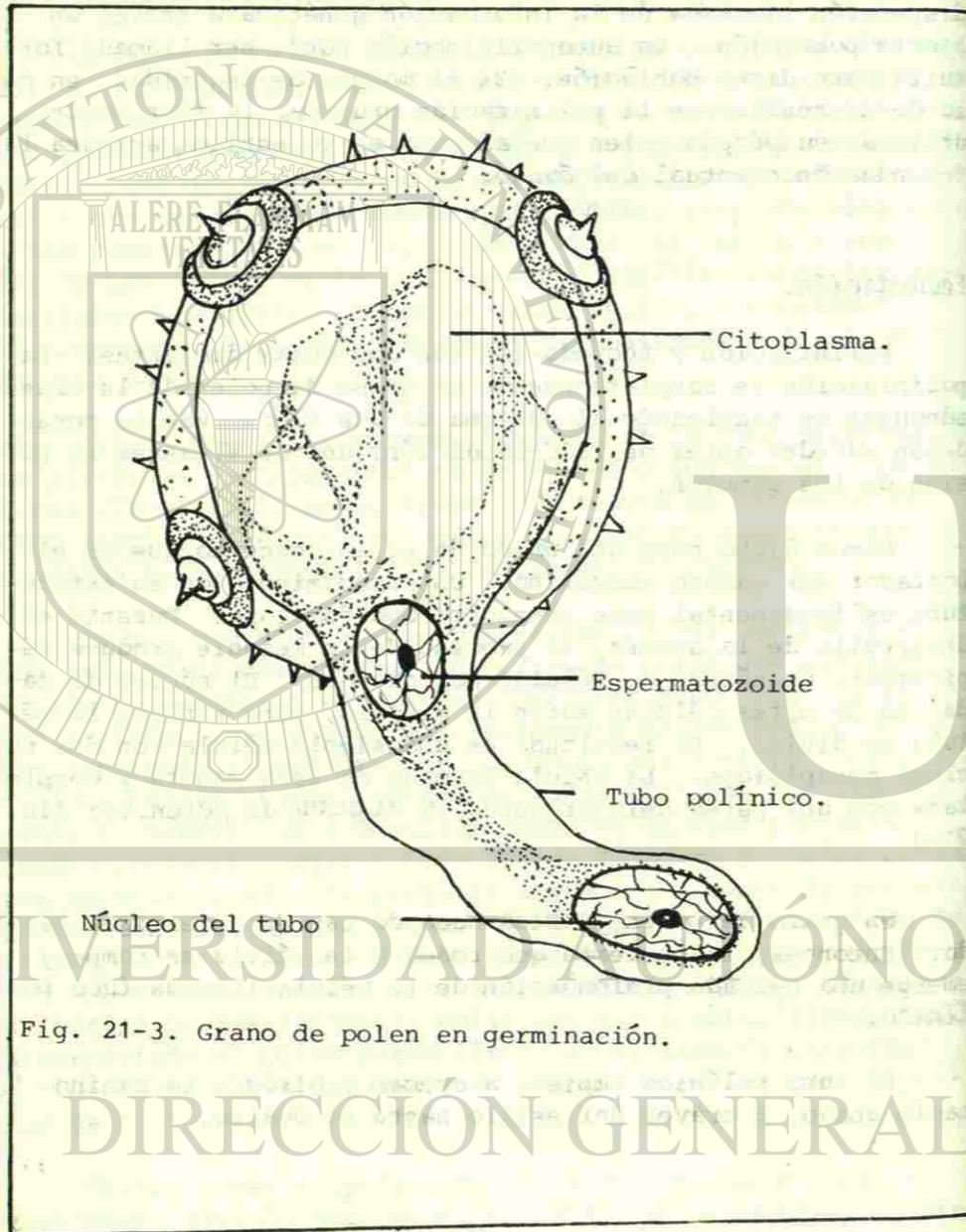
Fecundación.

Polinización y fecundación son dos cosas distintas. La polinización se completa cuando un grano de polen de la clase adecuada es trasladado al estigma de una flor. Varias cosas deben suceder antes de la fecundación, una de ellas es la fusión de los gametos.

Hemos dicho poco del grano de polen, excepto que es el portador del gameto masculino. Un conocimiento de su estructura es fundamental para entender cómo funciona. Durante el desarrollo de la antera, el proceso de la meiosis produce rápidamente un número de células monoploides. El núcleo de cada una de estas células sufre la mitosis, pero sin que la célula se divida. El resultado es una simple célula con dos núcleos monoploides. La célula formada de esta manera y completada con una pared celular dura, es el *grano de polen*. Ver fig. 21-3.

Un grano de polen *germina* cuando cae en un estigma húmedo. Entonces, la cubierta que rodea a la célula se rompe y emerge una delgada prolongación de la célula llamada *tubo polínico*.

El tubo polínico empieza a crecer y dirige su camino hacia abajo, a través del estilo hasta el ovario.



Uno de los núcleos emigra hasta la punta del tubo polínico. Se llama *núcleo del tubo* y es probablemente la principal región de control de la célula. El otro núcleo, el *espermático* se divide en dos núcleos: los gametos masculinos. Aunque estos gametos se llaman espermatozoides no nadan, simplemente flotan a través del citoplasma del tubo polínico. Observe que el tubo polínico desempeña la función del medio acuoso por el cual viajan, nadando, los espermatozoides de los musgos y helechos. El tubo polínico crece hacia abajo hasta llegar a uno de los *óvulos* (puede haber solamente uno) del ovario.

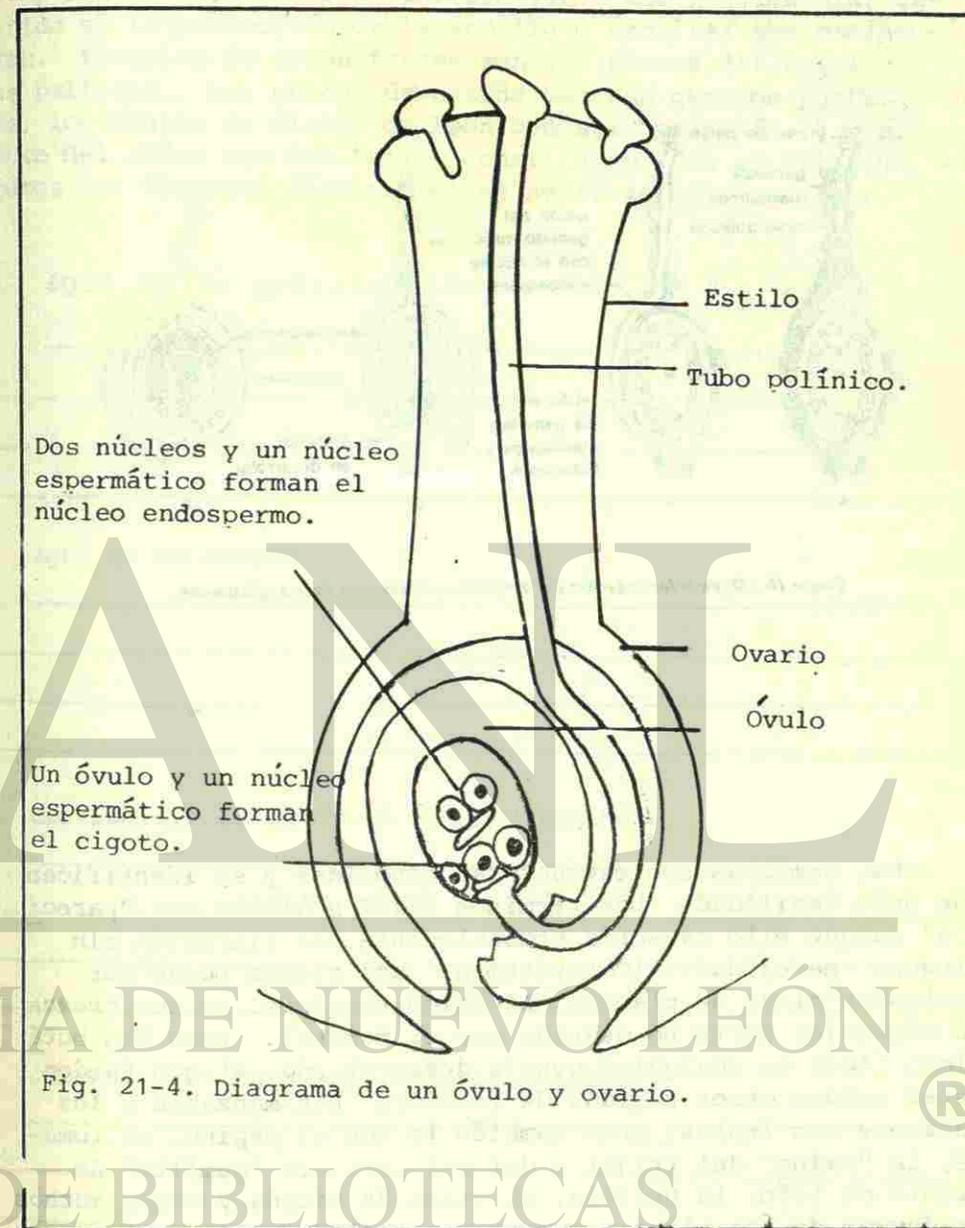
El óvulo.

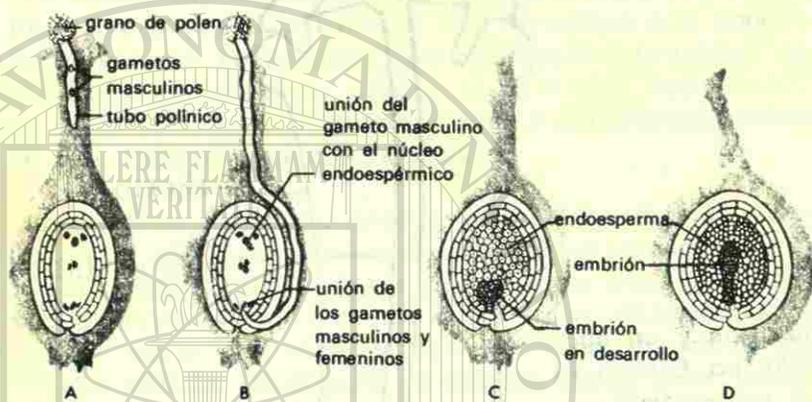
Un *óvulo* es, comúnmente, una estructura redonda, pequeña y formada por varias células. Dos de ellas son importantes porque van a ser fecundadas por dos espermatozoides en el tubo polínico. Después de llegar al interior del óvulo, la punta del tubo polínico se rompe y los dos espermatozoides y el núcleo del tubo fluyen hacia fuera.

Uno de los espermatozoides se fusiona con el óvulo, resultando así el cigoto o huevo que posteriormente se empieza a dividir, para después desarrollarse en una planta embrión. El otro espermatozoide se une a una gran célula diploide. De esta unión surge una sola célula con tres juegos de cromosomas. Esta célula *triploide* se divide luego para producir el *endospermo*, tejido rico en alimento. El núcleo del tubo al dejar de funcionar se desintegra. (Ver fig. 21-4).

Durante la maduración del óvulo suceden varios acontecimientos importantes. El óvulo fecundado, o cigoto, empieza a dividirse para ir formando un pequeño embrión vegetal. En algunas especies el tejido endospermico se desarrolla alrededor del embrión. En otras especies, como el frijol, el endospermo se desintegra antes de que madure la semilla. Así, la semilla no contiene endospermo.

Las paredes del óvulo empiezan a endurecerse, desarrollándose la *cubierta de la semilla*. Esta envoltura es impermeable al agua y al aire impidiendo que obtenga sustancias nutritivas para su desarrollo. Mientras la semilla está en esta condición de "encierro" parece que baja considerablemente su actividad fisiológica. Este estado se llama *semilla en latencia*. Variedad de cambios en el medio pueden producir el rompimiento de la latencia, pero todos ellos producen un efecto: la cubierta de la semilla se vuelve de alguna forma permeable.





Etapas (A - D) de la fecundación y el desarrollo embrionario de la angiosperma.

Las semillas son estructuras conocidas y se identifican con gran facilidad. Los términos *fruta* y *hierba* son "parecidos" aunque ello causaría probablemente una discusión sin ninguna necesidad. (Concretamos: una hierba puede ser cualquier clase de planta. El único requisito es que crezca en cualquier parte no deseada por el hombre). Para los botánicos *fruto* es cualquier ovario desarrollado, al que pueden estar unidos otros tejidos de la flor. Las manzanas y los duraznos son frutos, pero también lo son el pepino, el tomate, la "vaina" del frijol y del chícharo, la "semilla" de diente de león, la bellota, el grano de cizaña y otros muchos productos de las plantas que no son realmente reconocidos como frutas.

Los frutos pueden realizar varias funciones, dos de ellas las mencionaremos a continuación. Una función bien definida es la protección de la semilla o semillas que encierran. Ejemplos de estos frutos son las nueces del nogal y las bellotas. Los granos de cizaña con sus ganchos puntiagudos, los frutos de diente de león con sus "paracaídas" y el fruto del saúco con sus "alas" constituyen tres ejemplos de frutos que disponen fácilmente las semillas que contienen.

a) ¿Qué es la polinización?

b) ¿Qué es un óvulo?

c) ¿La semilla es un óvulo maduro? Explique.

d) ¿El fruto es un ovario maduro? Explique.

Hasta ahora hemos empleado el término "desarrollo" sin indicar una definición precisa. Por el contrario, lo hemos dejado a su intuición y a su propia comprensión. Probablemente al hablar del desarrollo de una planta o de un animal se piensa en el crecimiento y maduración de estos organismos. En sentido amplio, esto significa el término. Pero los biólogos piensan en el término desarrollo como algo mucho más específico.

Al no especificar otra cosa, los biólogos usan el término "desarrollo" para indicar los cambios y procesos que llevan a la producción de un organismo adulto. Si los biólogos se refieren a cualquier otro nivel de organización, por ejemplo, una célula o un órgano, el término "desarrollo" seguirá lo que indique el nivel de organización al que el desarrollo se refiere; por ejemplo: *desarrollo celular o desarrollo del tejido*.

Por lo tanto, el término desarrollo comprende la formación completa del organismo adulto. ¿Cuándo se inicia y cuándo termina? En las plantas y animales superiores que se reproducen sexualmente, los biólogos al pensar en desarrollo se refieren al que empieza inmediatamente después de la fecundación del cigoto y su doble juego de información del código DNA. Además, podríamos decir que no hay un momento final de desarrollo, que no existe un punto exacto en el cual se puede decir que un organismo es un adulto. Tenemos una idea general de cuando llegan a adultos una rana o un ser humano. Un punto arbitrario es usado para separar un adulto de un "subadulto", cuando el organismo llega a su madurez sexual. Cuando el organismo es capaz de producir gametos frecuentemente se le considera adulto.

Por supuesto, el desarrollo no se detiene cuando se llega a la etapa de adulto, todavía quedan muchas dudas. Por ejemplo, ¿cuándo llega a la edad adulta el pino gigantesco? Generalmente se piensa en el final del desarrollo de una planta cuando cesa de crecer y producir tejidos. Es decir, cuando muere. Las plantas, a diferencia de los animales, siguen creciendo mientras viven.

Incremento celular.

Los acontecimientos claves del desarrollo quizás serán más fáciles de reconocer si empezamos con un óvulo que acaba de ser fecundado. En esta etapa del desarrollo interactúan los medios intracelular y extracelular con DNA, el cual está ahora combinado en el núcleo de la célula. La nueva célula es una efervescencia de actividad. Los enlaces químicos energéticos son transformados y sintetizan nuevas moléculas. En esta etapa, así como en otras subsiguientes de desarrollo, hay una gran producción de nuevas moléculas en la célula por el rompimiento de las mismas. Cuando las moléculas se sintetizan más rápidamente que cuando se desintegran, el resultado es un aumento en el tamaño o un *aumento celular*. Tales aumentos traen el crecimiento que es la clave del desarrollo.

División celular.

El desarrollo debe incluir otros acontecimientos además de los de aumentar el tamaño, ya que de otro modo un organismo adulto sería tan sólo una gran célula. Volvamos de nuevo a los óvulos fecundados. Al cabo de un tiempo, el cigoto empieza a dividirse en dos células por mitosis. Estas dos células se dividen, en la misma forma, en cuatro células; estas cuatro se dividen en ocho; continuando así el proceso. Es evidente que la *división celular* es la segunda característica distintiva en el desarrollo de un organismo individual.

Supongamos que continúa la división celular por algún tiempo. ¿Cuál sería el resultado? ¿Veríamos un organismo adulto? Si el aumento celular y la división celular fueran los dos únicos procesos de desarrollo, veríamos sólo una gran masa de células idénticas. Pero, además, ¿qué podría suceder? ¿No se producen todas las células a partir de una mitosis idéntica? Esta es una de las paradojas biológicas más raras.

Diferenciación celular.

Ocurren otros procesos simultáneamente al del aumento y al de la división celular. El tercero se llama *diferenciación celular*. Después que se ha efectuado la división celular, ciertas células empiezan a diferenciarse; es decir, asumen formas específicas y comienzan a llevar a cabo actividades especializadas. Aparecen diferentes clases de células; células protectoras, células epidérmicas y células traqueidas.

Los biólogos tienen la razonable certeza de que estas células están respondiendo a la información del código nuclear de DNA. Pero, ¿qué causa que esta información sea traducida en un tiempo y secuencia adecuados para que el desarrollo se efectúe como proceso coordinado? ¿Cómo han obtenido los biólogos las respuestas a este enigma?

Diferenciación supracelular.

Hay un cuarto proceso característico durante el desarrollo de un organismo. A esta fase podemos llamarla *diferenciación supracelular*. Este es un término que alcanza a todo y describe el modo en que las células diferenciadas se organizan en tejidos, cómo se organizan los tejidos en órganos, cómo los órganos se organizan en sistemas y, finalmente cómo se organizan los sistemas en individuos.

Sin los procesos de diferenciación supracelular podemos imaginar lo que ocurriría. Si los hechos del desarrollo sólo incluyeran el aumento celular, la división celular y la diferenciación celular, teóricamente tendríamos una masa grande de células especializadas. En esas masas multicelulares las células especializadas funcionarían sólo como células individuales, y no como unidades de un conjunto de tejidos, órganos y sistemas.

En resumen, los biólogos piensan del desarrollo cuatro procesos clave: aumento celular, división celular, diferenciación celular y diferenciación supracelular (ver fig. 21-5).

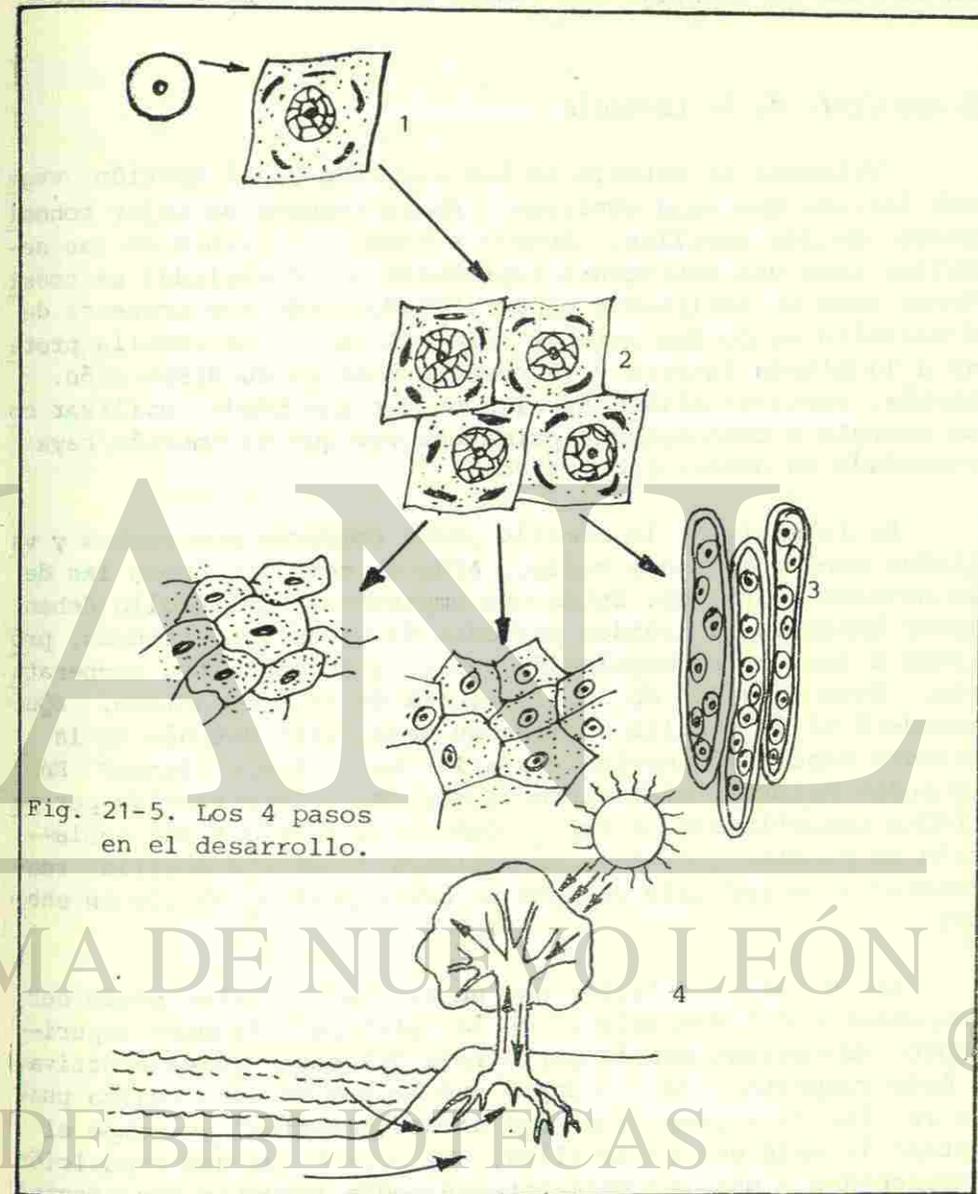


Fig. 21-5. Los 4 pasos en el desarrollo.

Recuerde que estos procesos nunca se deben considerar como hechos aislados o que ocurran independientemente unos con otros. El desarrollo es un proceso uniformemente coordinado, en el cual se efectúan los cuatro procesos simultáneamente.

Rompimiento de la latencia.

Volvamos al estudio de las semillas y del embrión vegetal latente que ella contiene. Ahora tenemos un mejor conocimiento de las semillas. Aunque a menudo se piensa en las semillas como una estructura reproductora, en realidad se consideran como un recipiente especializado donde los procesos de desarrollo se puedan detener temporalmente. La semilla protege a la planta latente y le puede ayudar en su dispersión. Además, contiene alimentos almacenados que pueden utilizar como energía o como materia prima una vez que el embrión haya reanudado su desarrollo activo.

La latencia de la semilla puede romperse por muchas y variadas condiciones del medio. Algunas semillas, como las de la manzana o durazno, antes que empiecen su desarrollo deben estar expuestas a grandes períodos de bajas temperaturas, próximas a las de la congelación, alternadas con altas temperaturas. Note el valor de supervivencia de este mecanismo. ¿Qué sucederá si la semilla empieza su desarrollo después de la primera exposición prolongada a las bajas temperaturas? En su medio natural, el invierno a menudo es interrumpido por períodos repentinos de calor. ¿Qué le sucedería a una población de plantas que viven en regiones donde las semillas reanudarán su desarrollo durante un breve período cálido en enero?

La luz es otro factor que en algunas especies puede ser responsable del rompimiento de la latencia. Algunos experimentos demuestran que la parte roja del espectro es efectiva a este respecto. Se descubrió que la luz naranja-rojiza puede iniciar la secuencia de los acontecimientos que rompe el estado latente de las semillas. Se mostró que una exposición subsecuente a una luz roja intensa podía invertir ese efecto, es decir, inhibía la acción causada por la luz roja anaranja-

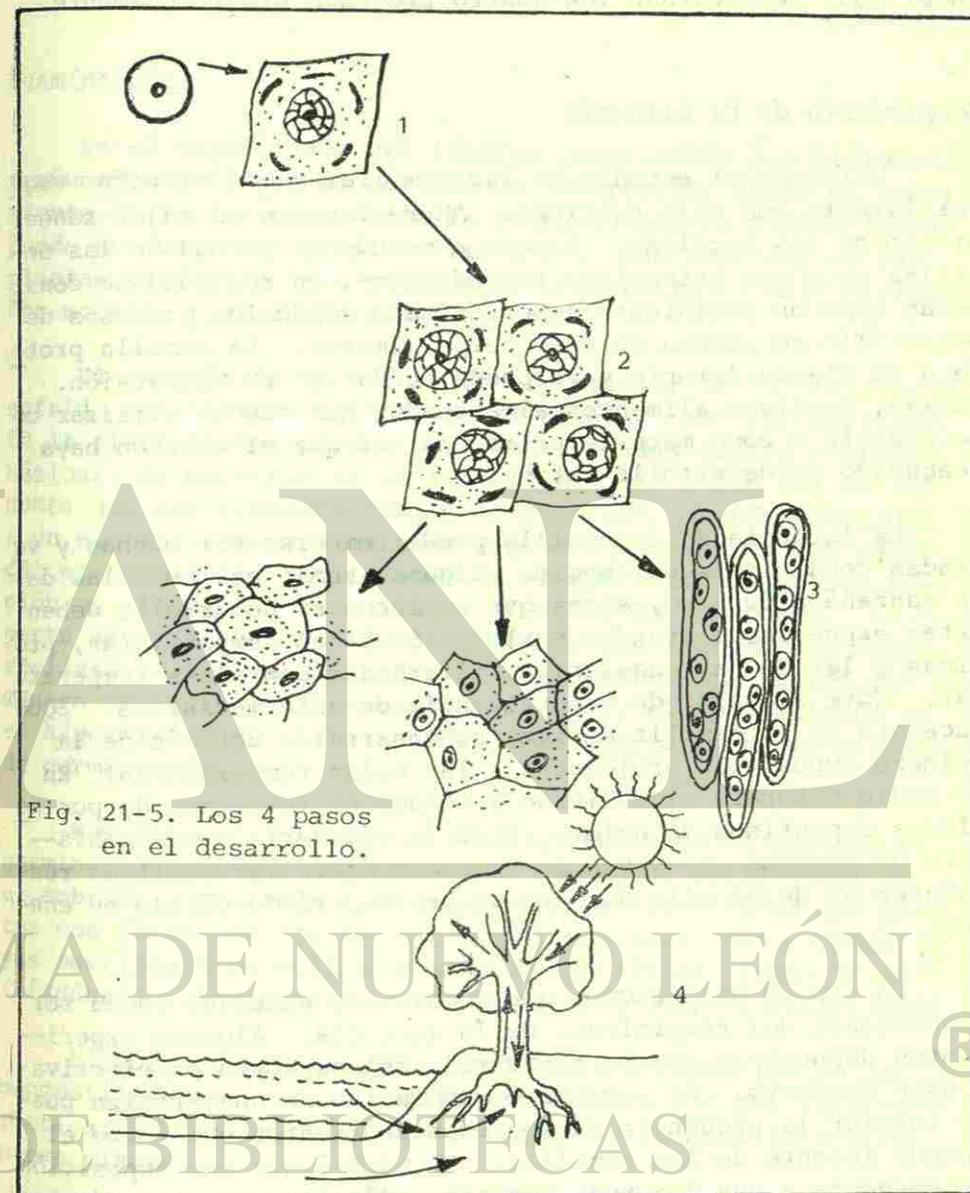


Fig. 21-5. Los 4 pasos en el desarrollo.

Recuerde que estos procesos nunca se deben considerar como hechos aislados o que ocurran independientemente unos con otros. El desarrollo es un proceso uniformemente coordinado, en el cual se efectúan los cuatro procesos simultáneamente.

Rompimiento de la latencia.

Volvamos al estudio de las semillas y del embrión vegetal latente que ella contiene. Ahora tenemos un mejor conocimiento de las semillas. Aunque a menudo se piensa en las semillas como una estructura reproductora, en realidad se consideran como un recipiente especializado donde los procesos de desarrollo se puedan detener temporalmente. La semilla protege a la planta latente y le puede ayudar en su dispersión. Además, contiene alimentos almacenados que pueden utilizar como energía o como materia prima una vez que el embrión haya reanudado su desarrollo activo.

La latencia de la semilla puede romperse por muchas y variadas condiciones del medio. Algunas semillas, como las de la manzana o durazno, antes que empiecen su desarrollo deben estar expuestas a grandes períodos de bajas temperaturas, próximas a las de la congelación, alternadas con altas temperaturas. Note el valor de supervivencia de este mecanismo. ¿Qué sucederá si la semilla empieza su desarrollo después de la primera exposición prolongada a las bajas temperaturas? En su medio natural, el invierno a menudo es interrumpido por períodos repentinos de calor. ¿Qué le sucedería a una población de plantas que viven en regiones donde las semillas reanudarán su desarrollo durante un breve período cálido en enero?

La luz es otro factor que en algunas especies puede ser responsable del rompimiento de la latencia. Algunos experimentos demuestran que la parte roja del espectro es efectiva a este respecto. Se descubrió que la luz naranja-rojiza puede iniciar la secuencia de los acontecimientos que rompe el estado latente de las semillas. Se mostró que una exposición subsecuente a una luz roja intensa podía invertir ese efecto, es decir, inhibía la acción causada por la luz roja anaranja-

da. Este descubrimiento es un ejemplo de los misterios que los biólogos tienen que explorar acerca del estado de latencia.

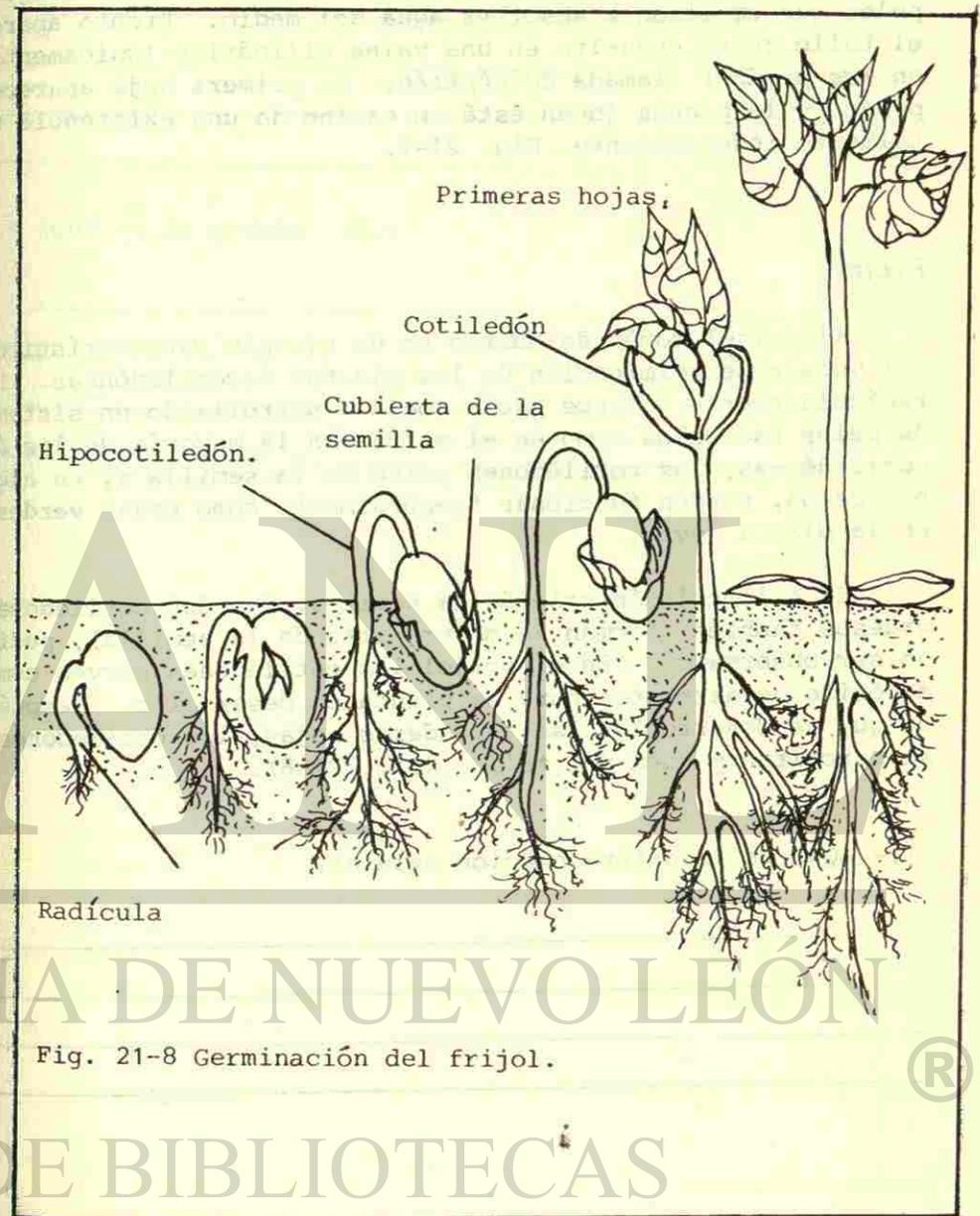
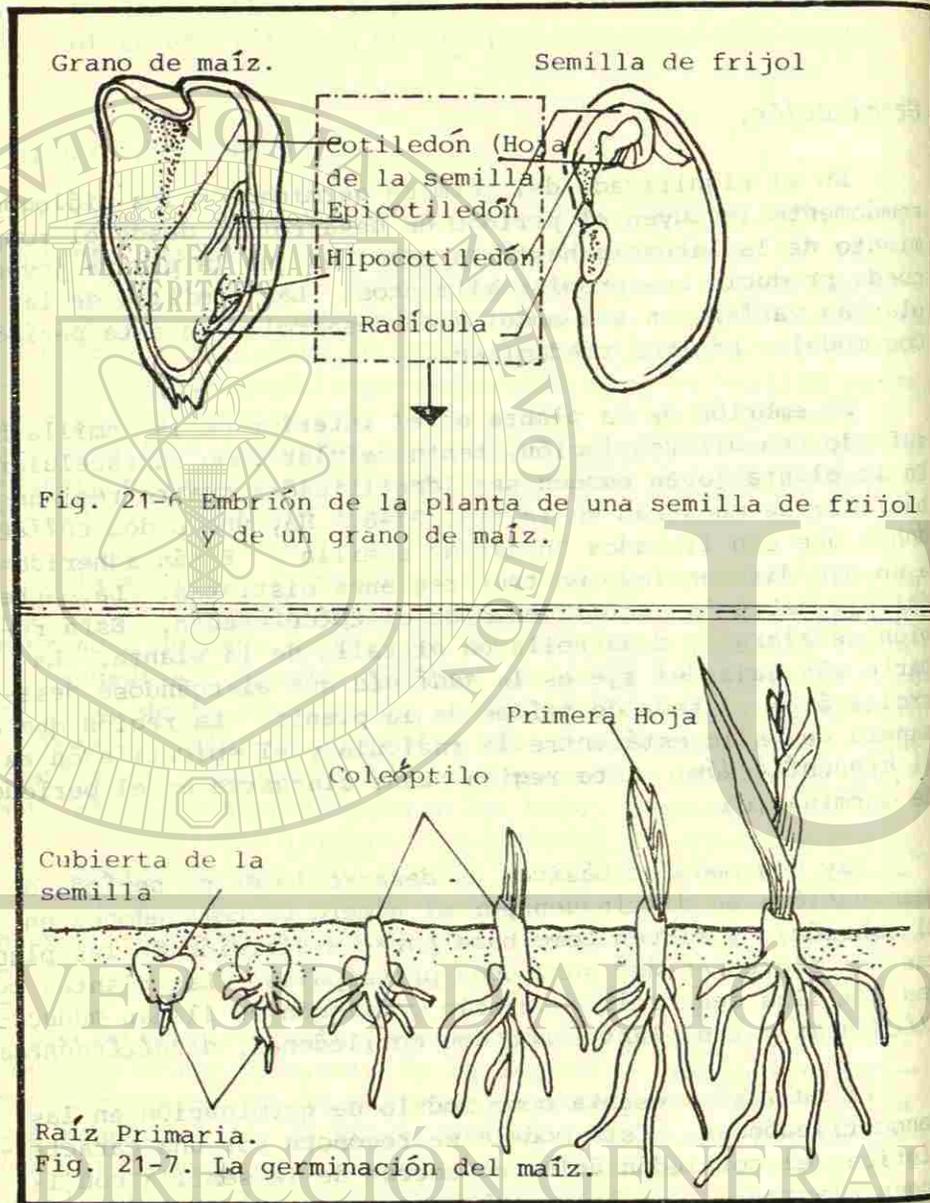
Germinación.

En el significado del término germinación los biólogos comúnmente incluyen el período de desarrollo, desde el rompimiento de la latencia hasta la etapa en que la planta joven puede producir sus propios alimentos. Las semillas de las plantas varían en sus modelos de desarrollo en este período. Dos modelos básicos predominan.

El embrión de la planta en el interior de la semilla ha sufrido una diferenciación, tanto celular como supracelular. En la planta joven pueden ser identificadas cuatro regiones básicas; se muestran en la fig. 21-6. Hay uno o dos *cotiledones* que son llamados "hojas de semilla". Están adheridos a un eje diferenciado en tres regiones distintas. La parte del eje sobre los cotiledones es el *epicotiledón*. Esta región se alarga y desarrolla en el tallo de la planta. La parte más baja del eje es la *radícula* que alargándose desarrollará el sistema de raíces de la planta. La región que a manera de tallo está entre la radícula y el epicotiledón es el *hipocotiledón*. Esta región puede alargarse en el período de germinación.

Hay dos modelos básicos de desarrollo en el período de germinación; se distinguen por el número de cotiledones en el embrión; y sirven como base para la división de las plantas con flores en dos subgrupos principales: Las plantas cuyas semillas desarrollan un solo cotiledón se llaman *monocotiledóneas* y las plantas con dos cotiledones, *dicotiledóneas*.

El maíz se presenta como modelo de germinación en las monocotiledóneas. Este modelo se reconoce por una característica; el cotiledón único no emerge de la semilla con la nueva planta.



Los primeros signos visibles de germinación son la ruptura de la cubierta de la semilla y el crecimiento de la radícula, o raíz primaria. Al prolongarse la raíz va desarrollando pelos que empiezan a absorber agua del medio. Pronto aparece el tallo joven envuelto en una vaina cilíndrica (únicamente en los prados) llamada *coleóptilo*. La primera hoja aparece pronto y la planta joven está en camino de una existencia totalmente independiente. Fig. 21-7.

Frijol.

El frijol común de huerto es un ejemplo característico del modelo de germinación de las plantas dicotiledóneas. La radícula emerge y crece hacia abajo desarrollando un sistema de pelos radicales como en el maíz. En la mayoría de las dicotiledóneas, los cotiledones salen de la semilla y, en algunos casos, pueden funcionar temporalmente como hojas verdes en la planta joven.

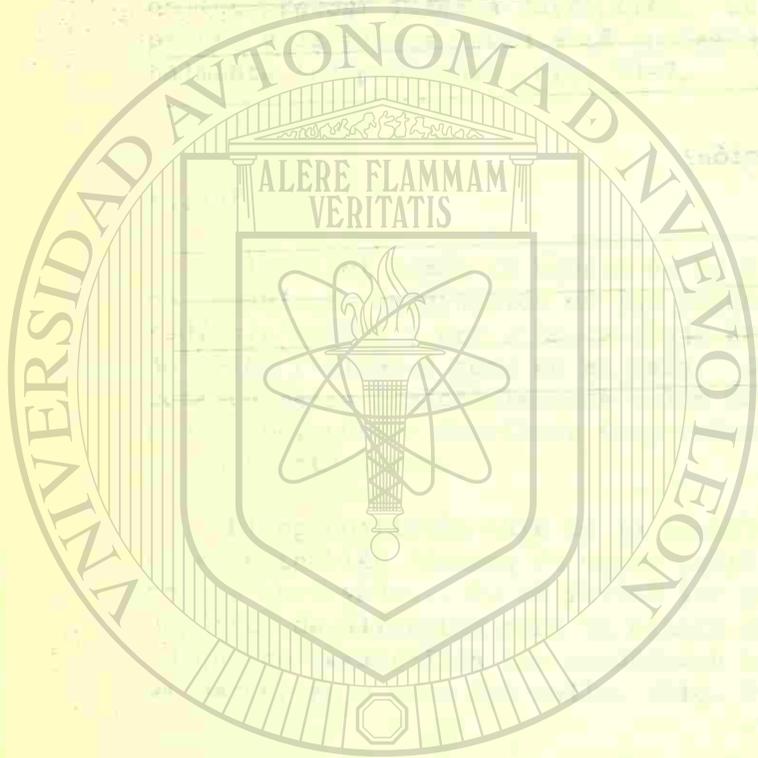
El epicotiledón sale de la semilla, los dos cotiledones gruesos también (forman la mayor parte de la semilla), pudiendo ser observados. En el frijol los cotiledones sirven como depósito de alimentos para la planta en desarrollo. Después de que se desarrollan las verdaderas hojas, los cotiledones se marchitan y caen del tallo. (Fig. 21-8).

a).- ¿Qué es la diferenciación celular?

b).- ¿Qué es la diferenciación supercelular?

c).- ¿Qué es la germinación?

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO XXII.

REPRODUCCIÓN EN ANIMALES.

La reproducción y el desarrollo de las plantas nunca han sido para el hombre un enigma. La mayoría de las plantas se desarrollan de semillas y este hecho lo ha observado durante siglos. Pero, ¿cómo se desarrollan los animales? Este sí ha sido un enigma a través de gran parte de su historia.

La mayoría de los mecanismos por los cuales se reproducen y desarrollan los animales forman parte del conocimiento humano. Sin embargo, aún se desconocen varios detalles importantes. En este capítulo examinaremos tres modelos básicos de reproducción y desarrollo de animales, recalcando los mecanismos generales tal como ahora se comprenden.

22-1 REPRODUCCIÓN DE OBELIA.

Tanto la *Obelia* como la *Hidra* son animales marinos. Sin embargo, la estructura del cuerpo y el ciclo de vida de la *Obelia* son más complejos que los de la *Hidra*. La *Obelia* es una colonia animal y se puede encontrar en pequeñas colonias ramificadas adheridas a las rocas, o a cualquier objeto, de las aguas marinas poco profundas. Los individuos de la colonia se reconocen como "tallos" individuales de los cuales se extienden varias ramas.

Las ramas llamadas *pólipos* pueden ser de dos clases. Una clase los *pólipos gastrozoides*, que son los encargados de la alimentación, es la que más se asemeja a la hidra. Estos *pólipos* tienen una boca rodeada por varios tentáculos ondulantes con células especiales con agujones que paralizan los organismos más pequeños que nadan a su alcance.

La otra clase los *pólipos reproductores* carecen de tentáculos y sirven exclusivamente, para producir estructuras que contribuyen a perpetuar la especie.

La función de los *pólipos reproductores* es lo que más nos llama la atención. El interior del cuerpo de un *pólipo reproductor* tiene pequeñas estructuras redondas que se pueden ver durante varias etapas de su desarrollo. Son pequeñas yemas que finalmente se separan del interior y quedan libres en el agua que las rodea. Una vez separada esta pequeña yema llamada medusa, parecen seres gelatinosos y transparentes (aguas malas). La medusa de *Obelia* existe en un medio independiente, aguijoneando y capturando pequeños organismos por medio de sus tentáculos.

La medusa es la responsable de la fase sexual en el ciclo reproductor de la *Obelia*. ¿Cómo se reproduce la medusa? Los machos producen espermatozoides y las hembras producen óvulos. Los espermatozoides y los óvulos son monoploides. Ambos tipos de células son liberados en abundancia dentro del agua. Si se realiza la fecundación, al penetrar un espermatozoide en el óvulo, se origina un cigoto diploide.

Después de la fecundación el cigoto se divide en dos células o blastómeros. Esta división se llama *segmentación* del óvulo. Por divisiones repetidas las dos células forman cuatro, y, éstas a su vez ocho, y así hasta formar una esfera hueca, de una sola capa gruesa de células. Esta esfera hueca se llama *blástula*. La *blástula* es un poco más grande que el óvulo fecundado, debido a que cada división sucesiva de las células las reduce de tamaño. Finalmente, como la división celular continúa, algunas de ellas son impulsadas hacia el interior de la *blástula* investigándose. De este modo se forma la *gástrula*, estructura en forma de copa.

La *gástrula* tiene dos capas diferentes de células una capa exterior llamada *ectodermo* y una interior que es el *endodermo*. La *gástrula* se alarga y desarrolla cilios, por medio de los cuales puede nadar en las aguas que la rodean. Esta etapa ciliada de la *gástrula* en que nada libremente se llama *plánula*. Finalmente la *plánula* se adhiere a una roca o a algún otro objeto sólido, donde proseguirá su desarrollo. Se

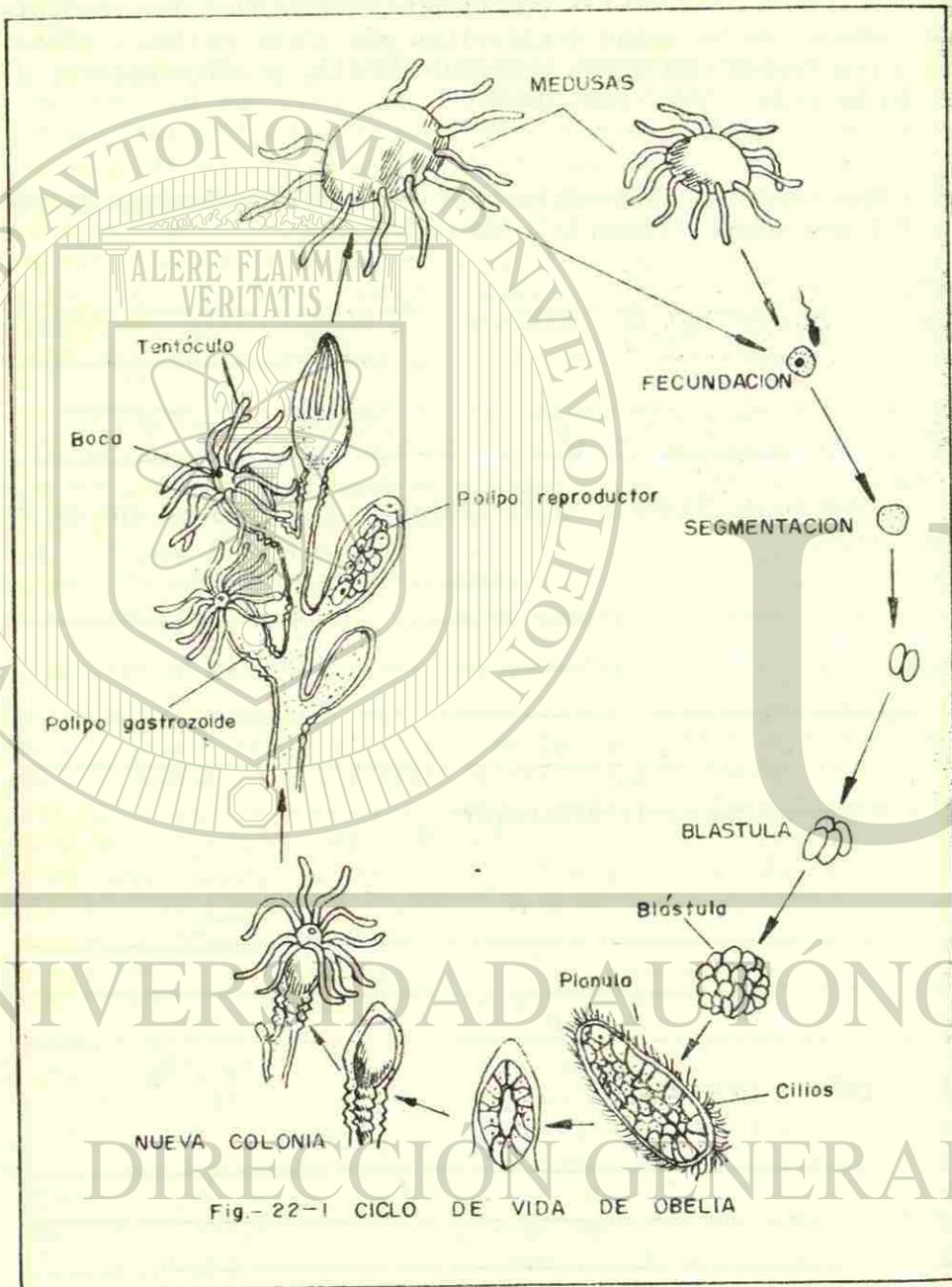
transforma en estructuras como tubos ramificados que producirán yemas. Estas yemas desarrollan más tarde tallos y *pólipos* para formar una nueva colonia *Obelia*, y así completar el ciclo de vida. (Ver fig. 22-1).

a).- Mencione las características de *obelia*, qué clase de *pólipos* tiene y describir su función.

b).- Cómo se le llama a la división del cigoto y en que se divide.

c).- ¿Cómo se forma la *Blástula*?

d).- ¿Qué es la *plánula*? [®]



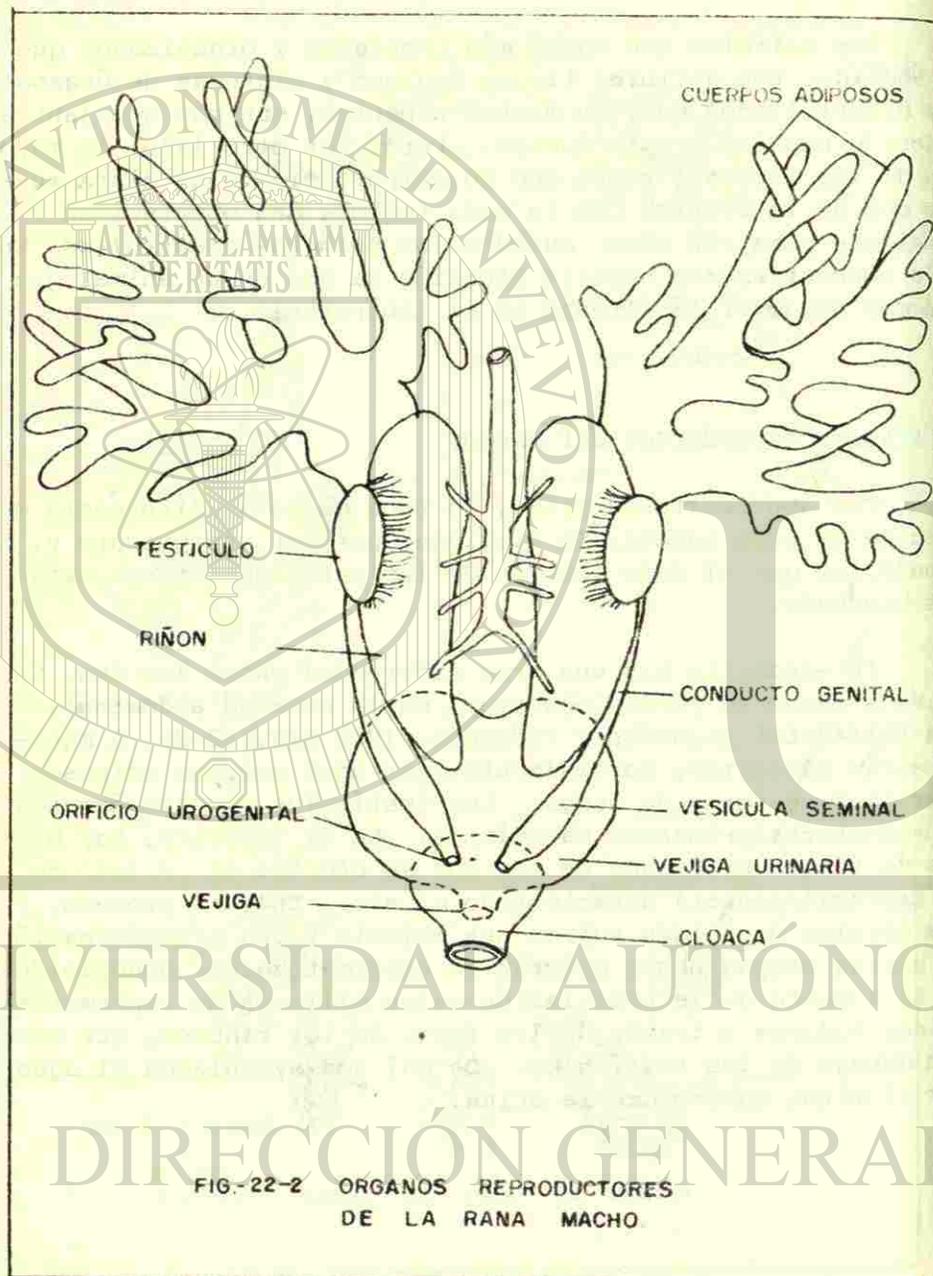
22-2 REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO DE ANFIBIOS.

Los anfibios son mucho más complejos y organizados que la *Obelia*. Los anfibios tienen órganos y sistemas de órganos tan desarrollados que, en muchos aspectos, son muy semejantes a los de nuestro propio cuerpo. Pero, por otro lado, la mayoría de los aspectos vemos que su comportamiento no dista mucho del de la *Obelia*. Con la rana tenemos una oportunidad -- excelente para ver cómo suceden los primeros desarrollos. En ella concentraremos nuestra atención ya que es un animal que podemos observar fácilmente en el laboratorio.

El sistema reproductor del macho.

Por apariencia exterior, la rana macho se diferencia muy poco de la rana humana. Se distingue por ser más oscura y, a menudo, en que el dedo interno de las patas delanteras está más hinchado.

Internamente hay una gran diferencia entre los dos. En la rana macho se pueden observar, en la cavidad abdominal, dos *testículos* pequeños y redondos. (Ver fig. 22-2). A menudo están cubiertos, parcialmente, por unos cuerpos adiposos amarillos en forma de dedos. Los testículos son los órganos reproductores primarios masculinos. En el interior, hay miles de tubos enrollados en los que se efectúa el proceso de la *espermatogénesis* durante todo el año. En este proceso, las células diploides sufren una meiosis y una transformación en varias etapas hasta madurar en espermatozoides monoploides. En el momento de la eyaculación salen millones de espermatozoides maduros a través de los tubos de los riñones, que están debajo de los testículos. De ahí son eyaculados al agua por el mismo camino que la orina.



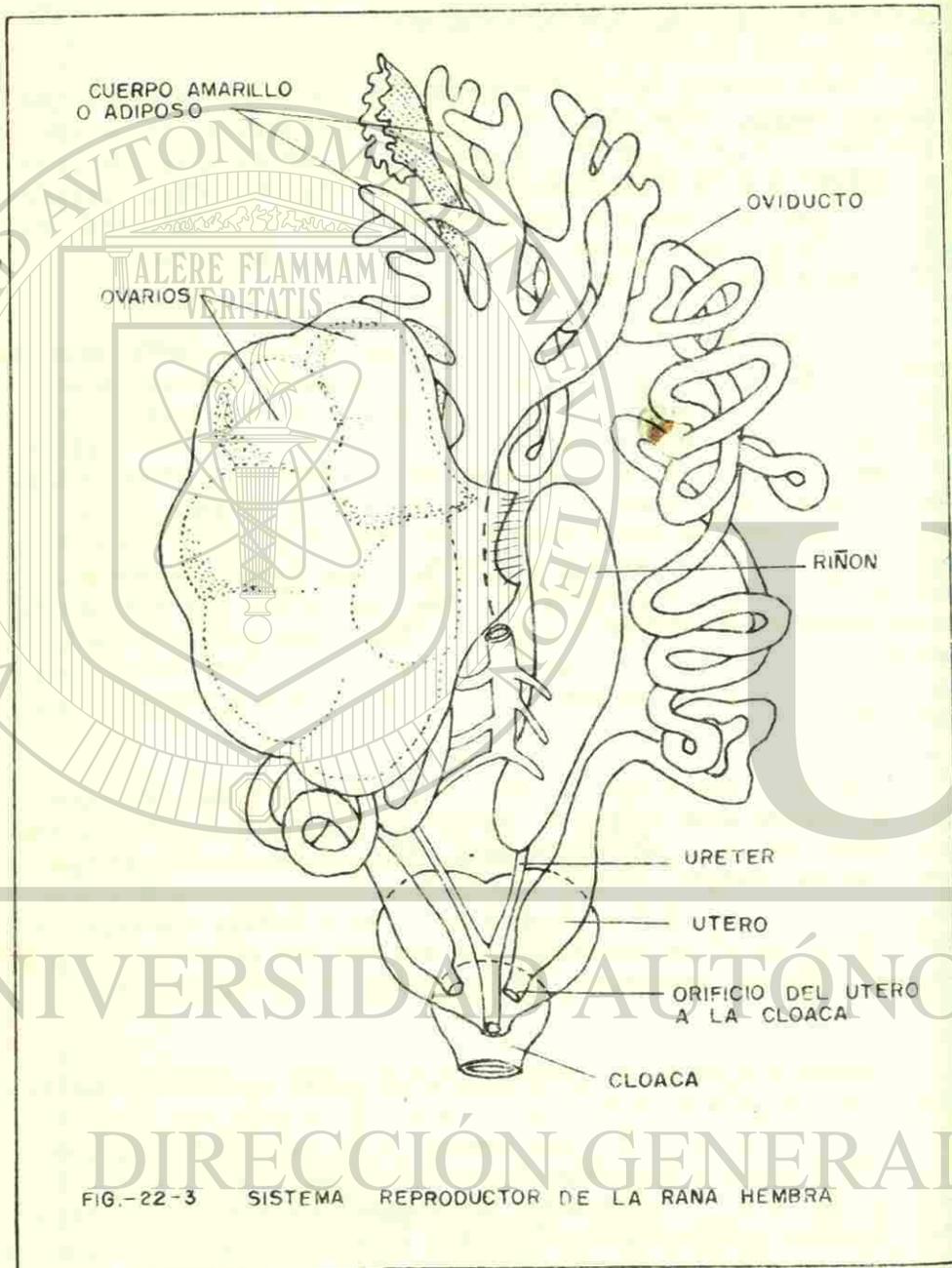
Sistema de Reproducción de la Hembra.

Este sistema de la hembra abarca mucho más espacio que el del macho. (Ver fig. 22-3). Las estructuras clave son los dos ovarios. Inmediatamente después de la época de procreación, que se prolonga hasta el otoño, los ovarios producen activamente óvulos. Este proceso se llama *oogénesis*. Al igual que los espermatozoides los óvulos desarrollan un núcleo monoploide por medio de la meiosis.

Normalmente, a fines de la primavera se efectúa la *ovulación*. En este proceso los óvulos se desprenden de los ovarios y se dispersan en el interior de la cavidad del cuerpo. Sin embargo, no permanecen por largo tiempo en esas condiciones eventuales. La cavidad abdominal femenina está recubierta con células ciliadas, las cuales, por un notable proceso de "asociación", acumulan en las aberturas de dos largos conductos enrollados llamados *oviductos*. Al pasar por éstos, los óvulos sufren un proceso de maduración que los prepara para la fecundación. Además, los óvulos están cubiertos por una sustancia gelatinosa que los hincha y los mantiene firmes por un corto tiempo después de que han sido depositados en el agua.

La fecundación normalmente ocurre poco tiempo después que la hembra ha depositado los óvulos en el agua. La sustancia gelatinosa hace que la masa de óvulos permanezca agrupada cerca de la superficie del charco. El macho libera millones de espermatozoides sobre los óvulos. De este modo la reproducción sexual está más perfeccionada que la de la *Obelia*, en la cual, los espermatozoides y los óvulos son liberados al azar.

Vamos a describir lo que podríamos ver cuando se han colocado los espermatozoides sobre un grupo de óvulos. Los óvulos son en sí mismos blancos y negros; la parte blanda, que es un poco menor que la mitad del óvulo, es fundamentalmente la yema que sirve como fuente de alimento para el desarrollo del embrión. Cuando los óvulos son liberados sobre el agua no están orientados en cualquier posición determinada. Algunos de ellos tienen la parte negra arriba, otros la parte blanca.



Más o menos una hora después de la fecundación se suelen observar dos cambios significativos. La gelatina que rodea cada óvulo se vuelve firme, protegiendo al mismo de daños mecánicos, pero mucho más dramático. Todos los óvulos fecundados que tenían la parte blanca hacia arriba se voltean lentamente de manera que sólo la parte negra se puede ver desde arriba.

Para la mayoría de los observadores el siguiente hecho es más impresionante. Aproximadamente después de dos horas y media de la fecundación, empieza a aparecer un surco cruzando la parte superior del óvulo, como se ven en la Fig. 22-4. Lentamente el surco se profundiza, rodea al óvulo y lo divide en dos células. Después de una hora aparece otro surco, perpendicular al primero, que se profundiza y rodea al óvulo dividiéndolo en cuatro células. Media hora más tarde se realiza otra división que producirá ocho células, después 16, luego 32, luego 64, y así hasta que sean miles de células. Unas cuantas horas después de la fecundación, la división celular repetida ha reducido grandemente el tamaño de las células individuales.

La Blástula y la Gástrula.

Aproximadamente 12 horas después de la fecundación, aparece el embrión todavía redondo y con apariencia de óvulo. Una superficie ligeramente abultada es la única indicación del gran número de células que componen ahora el embrión. Una sección del embrión revela una gran cavidad en su mitad superior. (Ver fig. 22-5). En este estado, el embrión recibe el nombre de *blástula*. Esencialmente es una esfera hecha de células, básicamente paracida a la *blástula*, que se forma durante el desarrollo de la *Obelia*.

El siguiente hecho es decisivo y uno de los menos comprendidos en el desarrollo del embrión. Unas 20 horas después de la fecundación un pequeño grupo de células se mueve hacia dentro de lo largo del borde, entre las regiones claras y oscuras del embrión. Este movimiento de células forma el

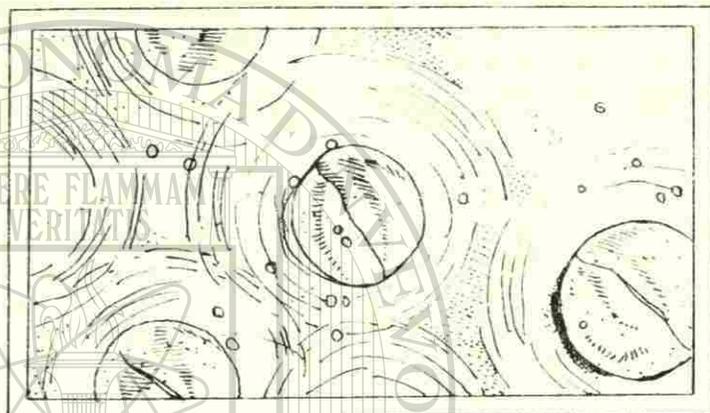


FIG-22-4 PRIMERA DIVISION DE UN OVULO FECUNDADO.

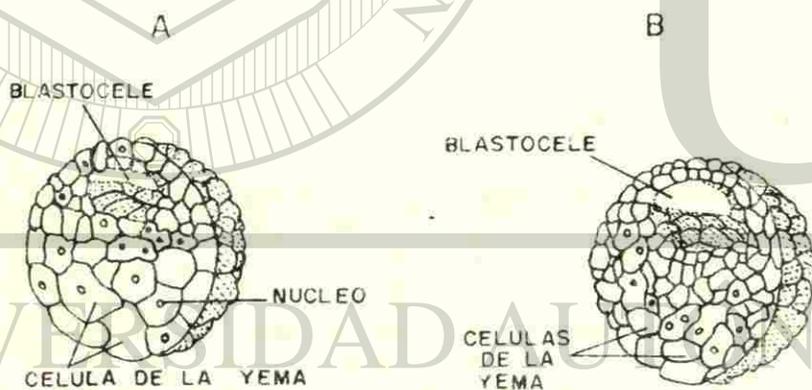


FIG-22-5 BLASTULA. DESARROLLO DEL BLASTOCELE.

labio dorsal del blastoporo. La gástrula es un saco de doble capa en una cavidad (el arquenteron) y un orificio (el blastoporo) marca el principio del proceso de *gastrulación* o formación de la *gástrula*. Fig. 22-6. Las células de la parte superior externa se mueven descendiendo al interior. Con esto se forma una nueva cavidad.

En esta etapa pueden ser identificadas dos regiones celulares distintas: la capa exterior llamada *ectodermo* y la que cubre la nueva cavidad forma el *endodermo*. Entre estas dos capas. Algunas células se organizan y forman una tercera capa. Esta capa intermedia, llamada *mesodermo*, nunca aparece en el grupo de invertebrados simples como la *Obelia* y en la *Hidra*.

El endodermo y mesodermo continúan desarrollándose agrandando la cavidad interior y, en el proceso, se absorbe y se rodea la yema. En el exterior, el labio dorsal se expande hasta que la mayor parte de la yema queda rodeada. Finalmente, sólo una pequeña parte de la yema puede verse en la superficie del embrión. La gastrulación se considera completa cuando el *tapón de yema* desaparece.

Unas 40 horas después de la fecundación, al desaparecer el tapón de la yema, suceden dos hechos notables: Aparece en este lugar una pequeña prolongación del embrión. Esta prolongación es el eje cabeza-cola permanente del futuro renacuajo. Casi al mismo tiempo aparecen pequeños pliegues en la parte superior del embrión. Estos son los *pliegues neurales*. Cada pliegue neural es la porción visible del desarrollo del *encéfalo* y de la *médula espinal*. Cuando el embrión tiene 56 horas, los pliegues neurales habrán crecido juntos y se habrán fusionado, formando el *tubo neural*. Al mismo tiempo aparece una *constricción* en el embrión que hace que la cabeza se distinga del resto del cuerpo.

Cuando el embrión tiene 76 horas se observan sus primeros movimientos. Con sacudidas y estirones de su cuerpo hacia adelante y hacia atrás, el embrión se desembara de la cubierta gelatinosa en la que se había desarrollado. Después observando cuidadosamente en la parte baja del cuello, se pue

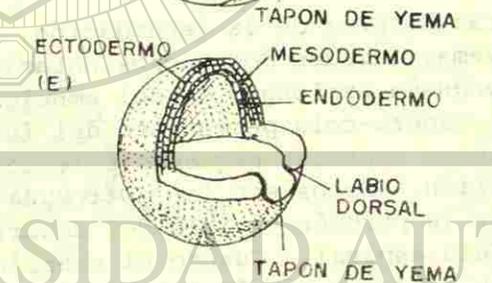
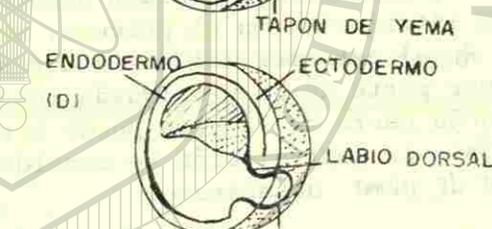
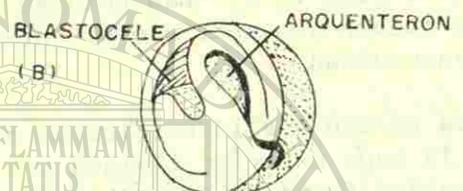
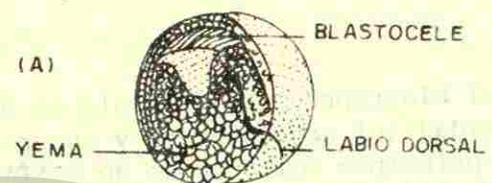


Fig. 22-6. En la gastrulación, las células se mueven a lo largo de uno de los lados hacia abajo y al interior, formando el labio dorsal (a). Resulta una nueva cavidad, el arquenterón (b). Según va desarrollándose el arquenterón, el blastocele se hace más pequeño, y parte de la yema es impulsada hacia afuera y forma el tapón de yema. (c). Mientras la gastrulación continúa, dos capas se han formado: el endodermo y el ectodermo (d) Más tarde, se forma una tercera parte: el mesodermo (e).

den aparecer las pulsaciones del corazón que ya está activo.

Después de cinco días, aproximadamente, se puede observar las branquias digitiformes creciendo a cada lado de la cabeza. Con la ayuda de un microscopio se pueden ver fácilmente los glóbulos rojos rodando y trompezando en las branquias, donde recogen el oxígeno destinado al metabolismo de las células en el interior del animal; sin embargo, este proceso es temporal puesto que, antes de dos días una cubierta braquial u *opérculo*, habrá crecido lo suficiente para cubrir cada branquia. Generalmente, con la aparición de la cubierta branquial el desarrollo del renacuajo se considera completo.

De Renacuajo a Adulto.

El ranacuajo todavía tiene que sufrir una notable metamorfosis antes de llegar a convertirse en una rana adulta. Los cambios son drásticos debido a que el animal debe cambiar de una vida acuática a un medio de vida semiterrestre. Los huesos y músculos están en la etapa de mayor desarrollo, pero no menos importante es el cambio de respiración branquial a pulmonar.

Las divisiones iniciales, la formación de la blástula y de la gástrula y la diferenciación inicial de tejidos a partir de las tres capas germinales son los hechos fundamentales del desarrollo. Son casi universales puesto que ocurren durante el desarrollo de cualquier animal complejo.

a). - ¿Cómo se forma la gástrula?

b).- Diferencias en el sistema reproductor de un macho y hembra de anfibios (Rana).

c).- Definir = Oogénesis, ovulación, oviductos.

d).- Cómo es el cambio de renacuajo a adulto?

22-3 REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO EN LOS MAMÍFEROS.

Los mamíferos, como grupo, tiene ciertas formas de reproducción y desarrollo en común con los anfibios. Sin embargo, la vida terrestre de la mayoría de ellos les ha ayudado a desarrollar ciertas adaptaciones, con marcadas diferencias del modelo de los anfibios.

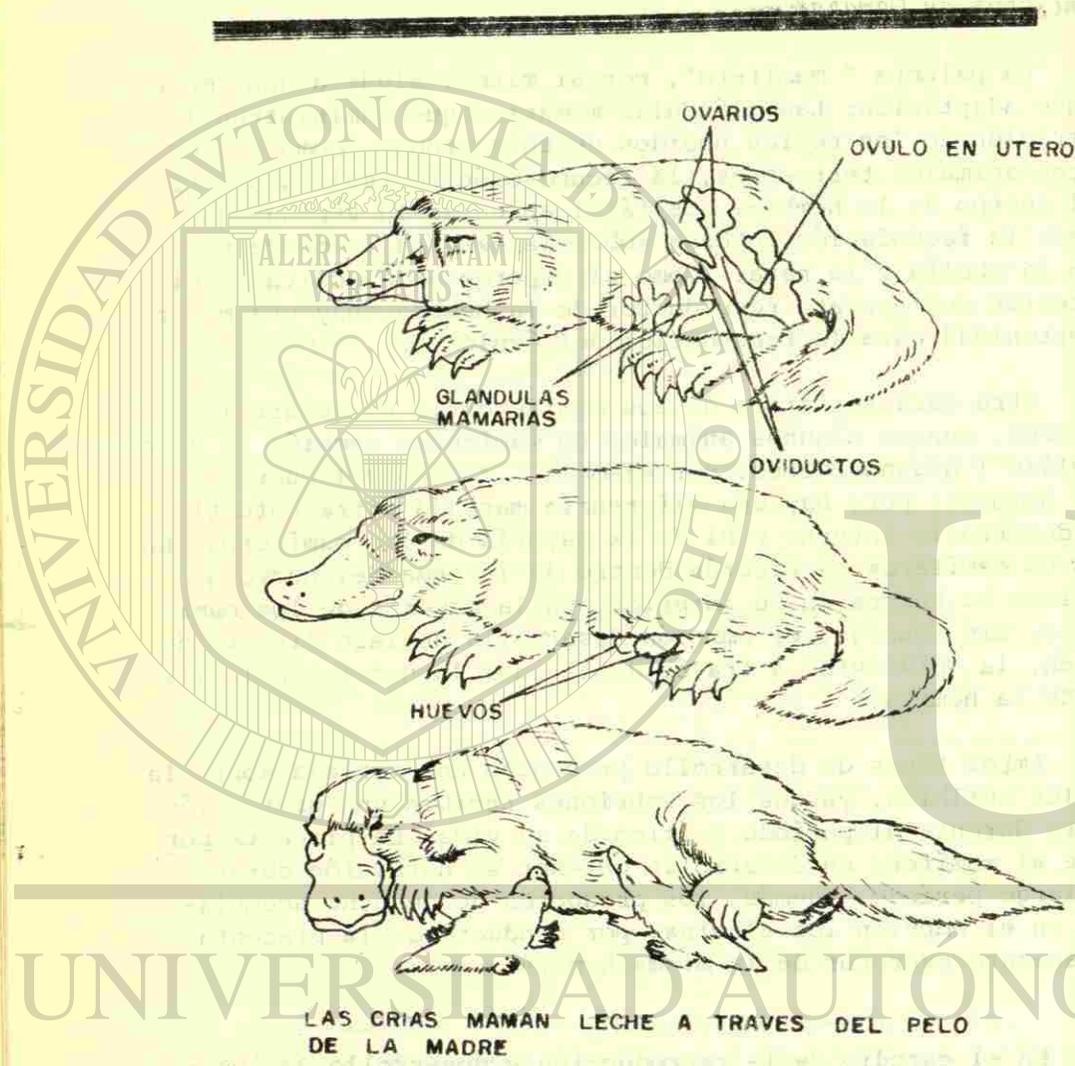
Mamíferos en General.

La palabra "mamífero", por sí misma, alude a una importante adaptación; Las glándulas mamarias que suministran la nutrición de los recién nacidos de este grupo. Como en los otros animales terrestres, la fecundación se realiza dentro del cuerpo de la hembra. Es fácil apreciar la ventaja que tiene la fecundación interna sobre la externa, como se vió con la obelia y la rana. Como el esperma se deposita en el interior del aparato reproductor de la hembra, hay una mayor oportunidad para la fecundación del óvulo.

Otra característica de los mamíferos es el desarrollo interno, aunque algunos animales no mamíferos también se desarrollan (algunas veces, por ejemplo) dentro del cuerpo de las hembras; pero hay una diferencia marcada entre este tipo de desarrollo interno y el de la mayoría de los mamíferos. En los no mamíferos se efectúa dentro de la yema del huevo que retiene la hembra en su interior. En la mayoría de los mamíferos, sin embargo, el embrión desarrolla un lazo directo de unión, la *placenta*, a través de la cual la nutrición le llega de la hembra.

Ambos tipos de desarrollo presentan una ventaja sobre la de los anfibios, ya que los embriones reciben una protección extra durante el período crítico de su vida. La placenta permite al mamífero en desarrollo obtener su nutrición durante un largo período. Además, los productos de desecho acumulados en el embrión los elimina, por conducto de la placenta, al aparato excretor de la misma hembra.

En el estudio de la reproducción y desarrollo de los mamíferos comunes, insistiremos cómo se efectúa este proceso en la placenta femenina, ya que para nosotros, por ser humanos, despierta el mayor interés. Sin embargo, como unos cuantos mamíferos tiene dos formas más primitivas, hablaremos primero de estas dos formas.



Las crias maman leche a través del pelo de la madre.
 Fig. 22-7 El ornitorrinco es un mamífero con pelo y glándulas mamarias, las crias salen de huevos, lo que es una excepción entre los mamíferos.

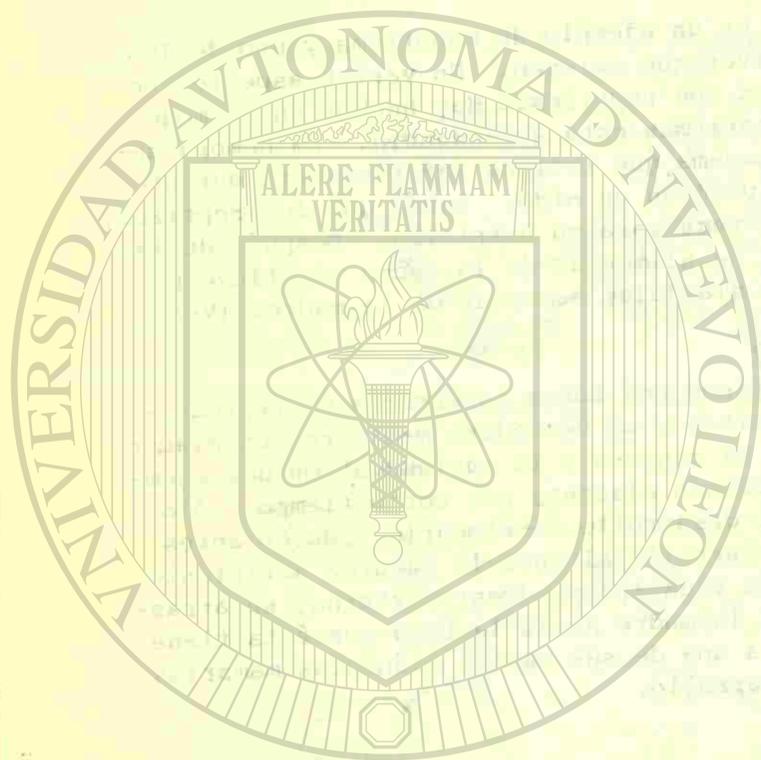
Monotremas y Marsupiales.

El ornitorrinco es un ejemplo de monotrema y uno de los dos mamíferos primitivos que existen. En varios aspectos se asemeja a sus ancestros los reptiles. Hay hechos en su modo reproductor que confirman esta ascendencia. La hembra desarrolla un huevo con yema que retiene interiormente durante un tiempo y luego lo pone en un nido. Igual que los reptiles, sus hijos utilizan la yema para su nutrición. Después de la incubación, los hijos se alimentan de la leche que fluye por el pelo que cubre las glándulas mamarias de la madre. (Ver fig. 22-7).

Los marsupiales tiene una forma intermedia de reproducción entre el ornitorrinco y un verdadero mamífero con placenta. Los marsupiales, el canguro y la sarigueya con dos ejemplos bien conocidos, tienen placenta por corto tiempo, sólo mientras se realiza el desarrollo embrionario. Mucho antes de que el animal en desarrollo alcance la madurez suficiente para sobrevivir con una vida independiente externa, se arrastra sobre el cuerpo de la madre hacia la bolsa que ésta tiene en el abdomen; se une a una de sus varias glándulas mamarias y así continúa su desarrollo.

a).- Características de mamíferos.

b).- Características de monotremas y marsupiales.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

CAPÍTULO XXIII.

REPRODUCCIÓN EN HUMANO.

La esencia de la vida, el rasgo más característico de todo sistema viviente, estriba en su capacidad para reproducirse y perpetuar la especie. El proceso reproductor a nivel molecular entraña la participación de moléculas de ácidos nucleicos con su capacidad exclusiva de auto-réplica, y depende de la especificidad de enlaces específicos de hidrógeno entre pares de nucleótidos.

El proceso de la reproducción incluye una amplia gama de fenómenos, desde la simple fusión de células en las bacterias y otros organismos unicelulares (en cuya consumación no participa el sexo) hasta los aspectos estructurales, funcionales y de conducta increíblemente complejos de la reproducción en animales y plantas superiores. Este último implica fenómenos genéticos, como transferencia de información biológica endocrina de la oogénesis, ovulación y espermatogénesis, moldes complicadísimos de conducta que garanticen la liberación simultánea y la unión de los gametos masculino y femenino para formar un óvulo fecundado o cigoto, y finalmente una serie sucesiva y compleja de procesos para el desarrollo y diferenciación por virtud de los cuales un cigoto se transforma en organismo adulto.

23-1 SISTEMA REPRODUCTOR HUMANO: MASCULINO. [®]

El par de los testículos se desarrolla dentro de la cavidad abdominal, pero en el hombre y en otros mamíferos desciende poco antes o después del nacimiento al *saco escrotal* una invaginación de la pared corporal cubierta por una laxa bolsa de piel. La cavidad del saco escrotal es parte de la cavidad abdominal y se une a ella por el *canal inguinal*. Después de haber descendido los testículos, este canal generalmente

cierra por el crecimiento de tejido conectivo. El descenso normal de los testículos al saco escrotal es necesario para la producción de espermatozoides. Si los testículos permanecen en la cavidad abdominal, la temperatura existente en ella, ligeramente superior, evitará la formación de ellos.

Cada testículo está formado por aproximadamente 1000 *túbulos seminíferos* muy enrollados en los que se producen espermatozoides, y por las *células intersticiales* situadas en los túbulos, que producen hormonas sexuales masculinas. El revestimiento de los túbulos seminíferos consiste en *espermatogonios*, derivados de las células sexuales primordiales, y *células de Sertoli*, que nutren los espermatozoos al desarrollarse de células redondeadas a formas maduras con cola. La formación de espermatozoos avanza en olas a lo largo de los túbulos. Los túbulos seminíferos están conectados por mediación de finos tubos, los vasos eferentes derivados del rete testis, al epidídimo, un tubo único completamente enrollado hasta de seis metros de largo en el hombre, en el cual se almacenan espermatozoos. De cada epidídimo un conducto, el *vaso deferente*, pasa del escroto por el canal inguinal a la cavidad abdominal y por encima de la vejiga urinaria a la parte inferior de la cavidad abdominal, donde se une con la uretra.

La *uretra* es un tubo que conecta la vejiga urinaria con el exterior. En el hombre pasa por el pene, flanqueando por las tres columnas de *tejido eréctil* (fig. 23-1). Estas masas esponjosas pueden llenarse de sangre durante la excitación sexual por la dilatación de las arterias que la irrigan. Los espacios llenos de sangre a presión, hacen que el pene cambie de su estado flácido usual y se vuelva agrandando, firme, erecto y capaz de servir de órgano copulatorio.

Los espermatozoos, suspendidos en líquido seminal, son transferidos a la vagina durante la copulación. El líquido seminal, que varía de 2 a 5 ml por eyaculación, es producido por tres glándulas diferentes. El par de *vesículas seminales* vacían en los vasos deferentes inmediatamente antes de unirse a la uretra. Alrededor de ésta, cerca de su fuen-

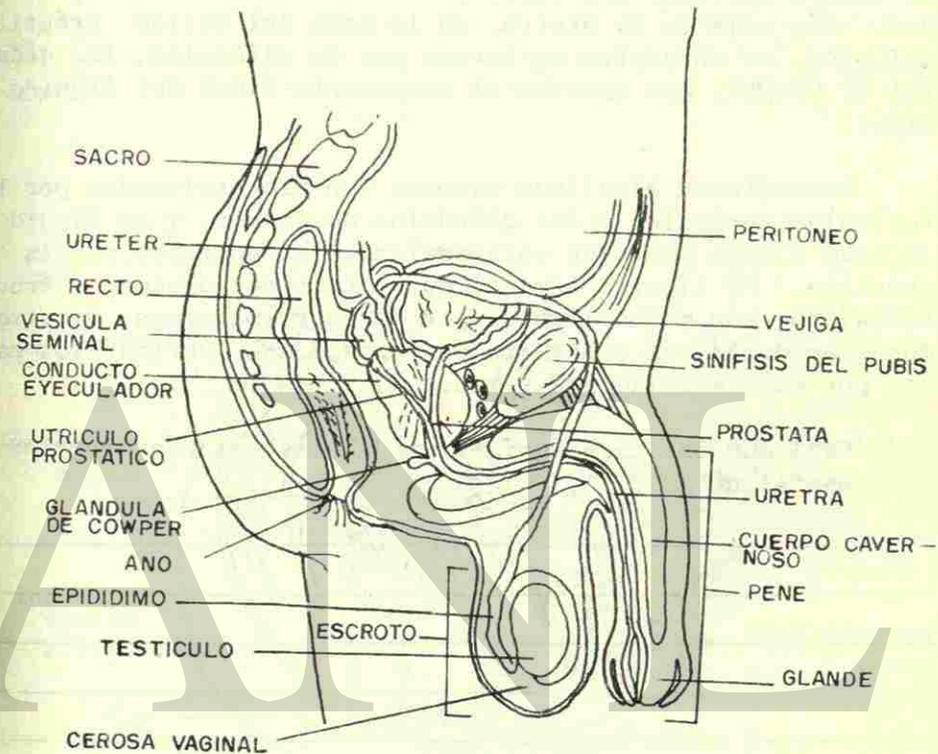


FIG. 23-1. ORGANOS REPRODUCTORES MASCULINOS EN HUMANO.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

te en la vejiga urinaria, está el par de *glándulas prostáticas* (que en el hombre se fusionan formando una sola próstata). Las próstatas secretan su contribución al líquido seminal de la uretra mediante dos conjuntos de conductos cortos y delgados. Más allá de la uretra, en la base del tejido eréctil del pene, se encuentra un tercer par de glándulas, las *glándulas de Cowper*, que aportan el componente final del líquido seminal.

Secreciones alcalinas mucosas son proporcionadas por las vesículas seminales y las glándulas de Cowper, y un líquido lechoso fluido con olor característico es aportado por la próstata. El líquido seminal puede contener glucosa y fructuosa, que son metabolizadas por los espermatozoos, amortiguadores acidobásicos y materiales mucosos que lubrican los pasos por el recorrido del semen.

a).- Explique las características del sistema reproductivo masculino.

23-2 SISTEMA REPRODUCTOR HUMANO: FEMENINO.

Los *ovarios*, cada uno de 3 cm de longitud y en forma de almendra descascarada, son sostenidos en su lugar por ligamentos situados dentro de la parte inferior de la cavidad abdominal. El óvulo es liberado, por ovulación, del ovario a la cavidad abdominal, donde se introduce en una de las dos *Trompas de Falopio*, a través del ostium en forma de embudo situado en su extremo (fig. 23-2). El óvulo es impulsado hacia el ostium por los movimientos vibrátiles de los cilios

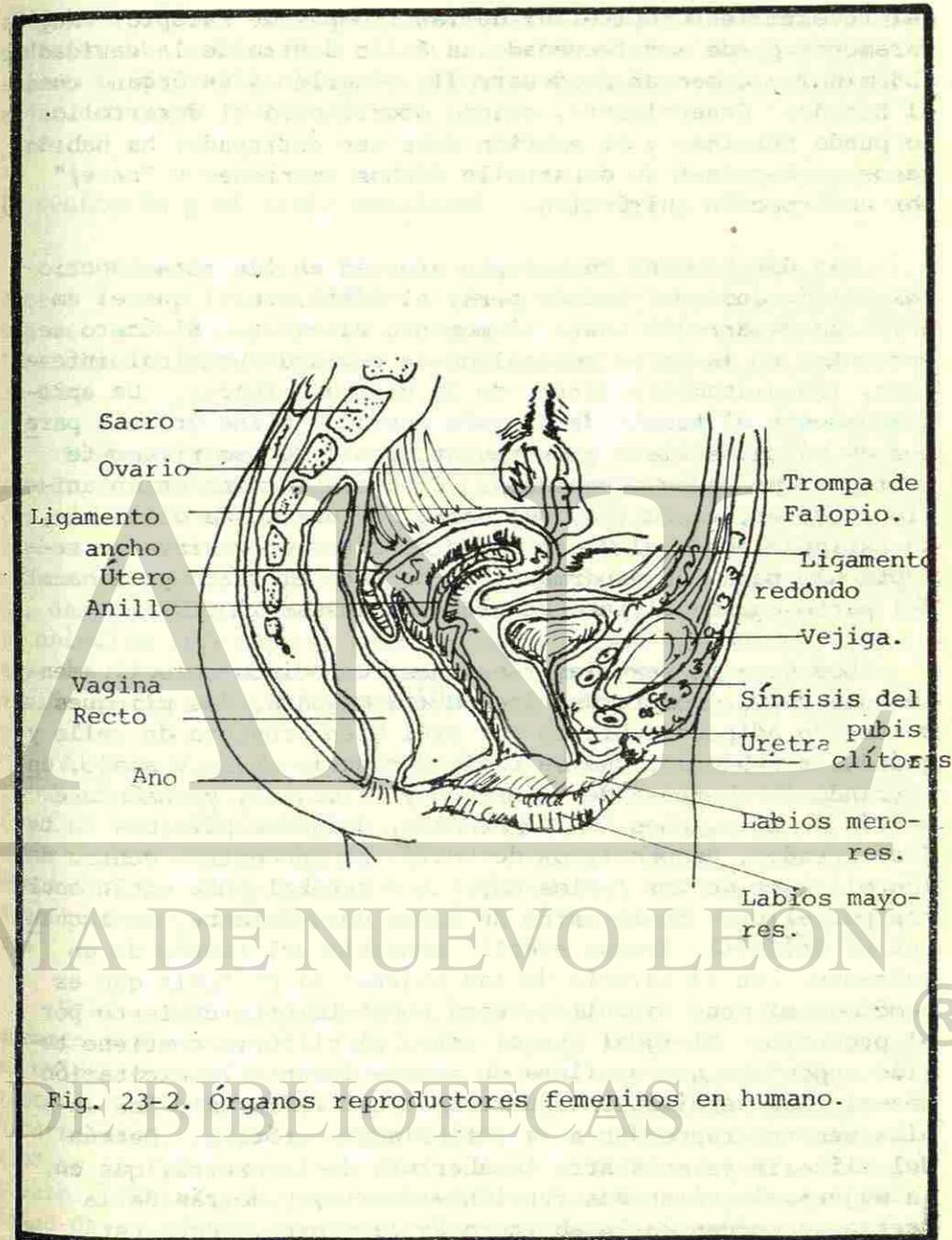


Fig. 23-2. Órganos reproductores femeninos en humano.

del revestimiento epitelial de las trompas de Falopio. Muy raramente puede ser fecundado un óvulo dentro de la cavidad abdominal y comenzar su desarrollo adherido a un órgano como el hígado. Generalmente, cuando ocurre esto el desarrollo no puede terminar y el embrión debe ser extirpado; ha habido casos que terminan su desarrollo dichos embriones y "nace" por extirpación quirúrgica.

Las dos trompas de Falopio vierten en las asas superiores del órgano en forma de pera, el útero, en el que el embrión se desarrolla hasta el momento de nacer. El útero se encuentra en la parte central de la cavidad abdominal inferior, inmediatamente detrás de la vejiga urinaria. De aproximadamente el tamaño de un puño cerrado, tiene gruesas paredes de músculos lisos y un revestimiento mucoso ricamente irrigado con vasos sanguíneos. El útero termina en un anillo muscular, el cuello, que sobresale una corta distancia, se extiende desde el útero hasta el exterior y sirve de receptáculo para los espermatozoos durante el coito y de canal del parto cuando el feto completa su desarrollo.

Los órganos sexuales femeninos, conocidos colectivamente como vulva, comprenden los labios mayores, dos pliegues de tejido adiposo cubierto por piel bien provista de vello y glándulas sebáceas, que se extienden hacia atrás y abajo, cerrando la abertura de la uretra y la vagina, y uniéndose detrás de ella. Los labios menores, delgados pliegues de tejido rosados, desprovistos de vello, se encuentran dentro de los pliegues de los labios mayores y generalmente están ocultos por ellos. En la unión de estos dos, delante, se encuentra el clítoris, órgano eréctil sensible del tamaño de un guisante. En la mayoría de las mujeres el clítoris que es homólogo al pene masculino, está completamente cubierto por el prepucio. Al igual que el pene, el clítoris contiene tejido esponjoso que se llena de sangre durante la excitación sexual; las terminaciones nerviosas del clítoris y los labios menores responden a la estimulación erótica. Detrás del clítoris se encuentra la abertura de la uretra, que en la mujer solo tiene una función urinaria, y detrás de la uretra se encuentra la abertura de la vagina. Esta está parcialmente ocluida por el himen, delgada membrana compuesta de tejido conectivo elástico y colágena, que se rompe por

el primer coito. En la unión de los músculos y el torso, inmediatamente encima del clítoris, se encuentra una pequeña eminencia de tejido adiposo, el mons veneris, cubierto en la mujer adulta de vello púbico.

La ovulación y el ciclo menstrual.

En caso de no ser fecundado el óvulo, el sistema reproductor femenino se encuentra, generalmente, bajo una secuencia de cambios muy regular, conocida como ciclo menstrual. Generalmente este ciclo se efectúa aproximadamente en 28 ó 30 días.

El hecho central de estos ciclos es la maduración y liberación de un óvulo del ovario, llamada ovulación. Algunas veces se libera más de uno y pueden resultar fecundaciones múltiples y, en consecuencia, nacimientos múltiples. Pueden resultar nacimientos múltiples por división de un óvulo fecundado, después de la división inicial. Esto puede ser posible en animales inferiores, pero no es muy claro que suceda en la especie humana. Aquí los gemelos verdaderos resultan por división de formas superiores del desarrollo (gástrula).

Al iniciarse la ovulación, el óvulo madura en un medio lleno de fluido cerca de la superficie del ovario, llamado folículo. Las células que recubren el folículo secretan una hormona llamada estrógeno, para recubrir el interior del útero con una capa celular: el endometrio. Allí estimula el aumento de la división celular y el crecimiento de los capilares.

Gradualmente, el fluido que rodea al óvulo en desarrollo aumenta hasta que el folículo se rompe y el óvulo es expedido al oviducto. En este momento, bajo una estimulación posterior de las hormonas de la glándula pituitaria. El folículo cicatrizado se llama cuerpo lúteo, significa "cuerpo amarillo", y se refiere a las células amarillentas de que está compuesto. El cuerpo lúteo continúa secretando una pequeña cantidad de estrógeno, pero su principal producto es la progesterona. La progesterona estimula más tarde el recubrimiento in-

terior del útero y se convierte en una gruesa capa esponjosa, muy abastecida de sangre y fluido hístico (de los tejidos). De esta manera el recubrimiento uterino está preparado para sujetar un cigoto en desarrollo, que es un óvulo fecundado. Al endometrio llega ya fecundado, alcanza pronto el estado de blástula y así se encaja en aquél.

En el caso cuando no hay fecundación, el cuerpo lúteo finalmente se degenera, cortando la producción de progesterona. Como resultado de la disminución de progesterona, las paredes del útero comienzan a contraerse y expeler el recubrimiento esponjoso que habían desarrollado. El tiempo en que este proceso ocurre se llama *período menstrual* que normalmente tiene una duración de cuatro o cinco días.

Permítasenos considerar la secuencia y el ritmo del ciclo menstrual. En la primera mitad del ciclo, aproximadamente, el óvulo y el folículo, en el cual está encerrado, se desarrollan. La producción de estrógeno, por el desarrollo folicular, inicia en seguida el recubrimiento uterino con el endometrio después del fin del período menstrual. Algunas veces, hacia la mitad del ciclo (esto puede ser muy variable), el óvulo es liberado y se estima que tarda tres días en alcanzar el útero. Durante este tiempo, el cuerpo lúteo se desarrolla y su secreción de progesterona estimula el engrosamiento del recubrimiento uterino. Cerca del final del ciclo el cuerpo lúteo degenera, cesa su secreción de progesterona y el útero expelle al óvulo junto con el recubrimiento uterino. Durante este período, las hormonas de la región anterior de la glándula pituitaria ayudan a regular el ciclo menstrual. Un diagrama de la secuencia de los hechos comprendidos en la ovulación, menstruación y fecundación se muestran en la fig. 23-3.

a) Explique las características del sistema reproductor femenino.

b) Explique la ovulación y el ciclo menstrual.

23-3 REPRODUCCIÓN HUMANA: FECUNDACIÓN.

El semen depositado en la vagina durante el coito, se desplaza por la vagina y llega al útero, parcialmente por sus propios medios, pero principalmente por la fuerza de las contracciones musculares de las paredes de estos órganos. La mayor parte de los espermatozoos se pierden en el camino, pero algunos llegan a las entradas de las trompas de Falopio y nadan hasta ellas. Los espermatozoos nadan contra una corriente y la misma corriente que arrastra el óvulo hacia la trompa de Falopio probablemente ayuda al espermatozoo a encontrar su camino. Si el óvulo es fecundado, generalmente esto ocurre en el tercio superior de la trompa de Falopio. Solo uno de los centenares de millones de espermatozoos depositados en cada eyaculación fecunda un solo óvulo.

Cada óvulo humano está rodeado por una capa de células derivadas del folículo y denominadas *corona radiata*. Cuando el óvulo ha llegado a la trompa de Falopio, ha terminado la primera división meiótica y extruido el primer cuerpo polar. Es probable, aunque no se ha demostrado, que la hialuronidasa del plasma seminal y las enzimas hidrolíticas de los lisosomas de la cabeza del espermatozoo desempeñan un papel

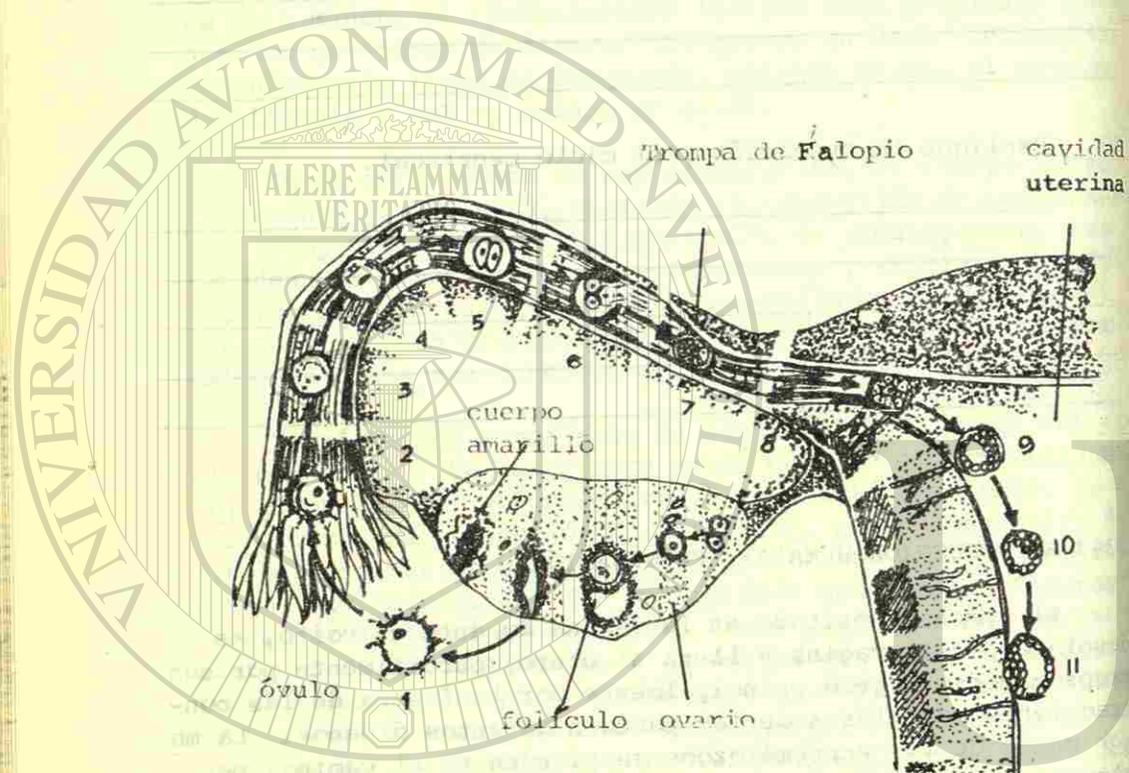


Fig. 23-3 Esquema de la maduración de un óvulo en el folículo ovárico con su liberación (1).

2.- Fecundación en la porción superior del oviducto.

3-7. - Segmentación del óvulo a medida que desciende por el oviducto.

8-10 Etapas del desarrollo del embrión en el útero antes de la implantación'

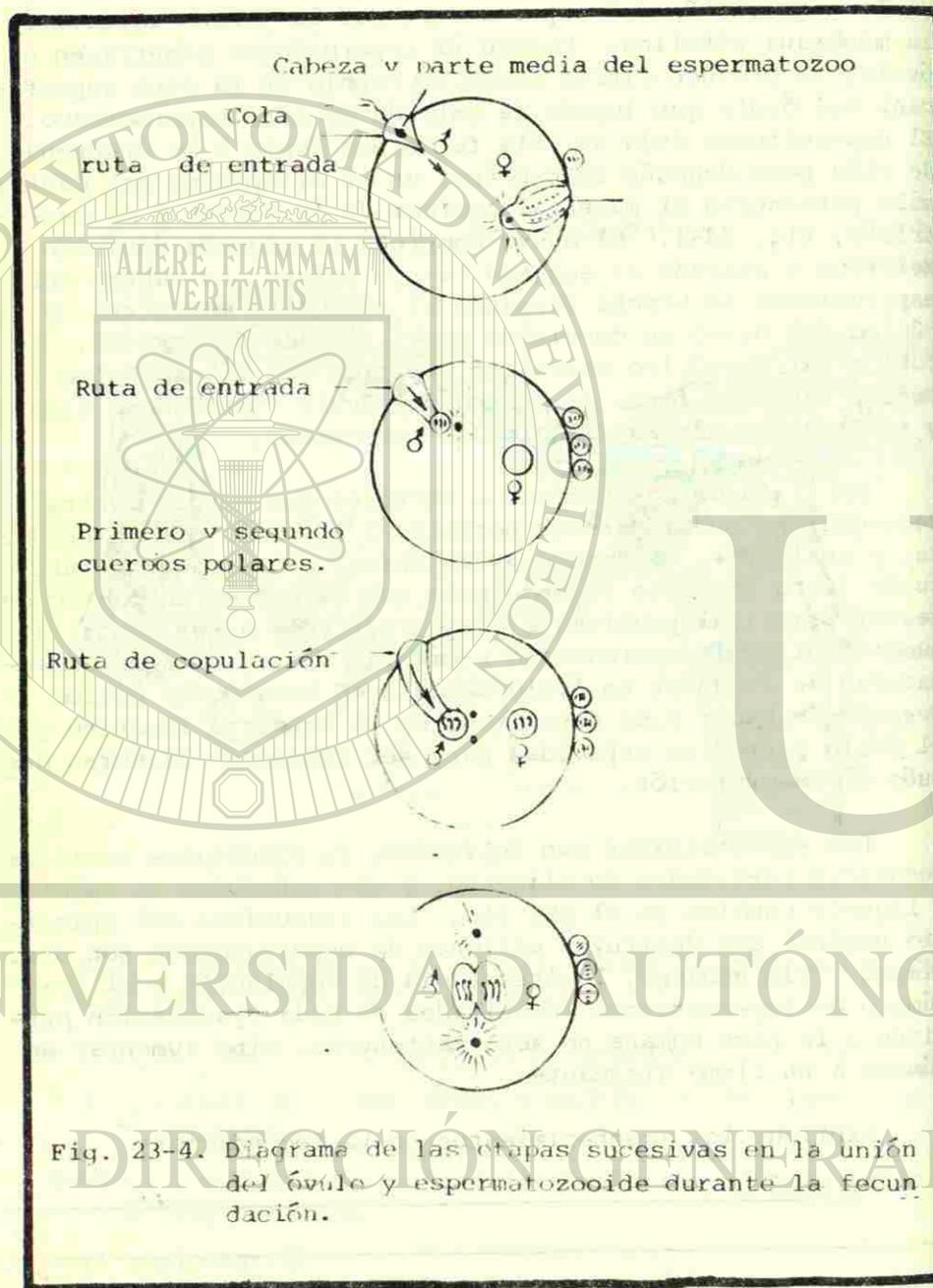
11 Implantación

en la penetración del espermatozoo por la corona radiata y la membrana vitelina. Cuando el espermatozoo penetra en el óvulo, se produce cierta clase de cambio en la capa superficial del óvulo que impide la entrada de otro espermatozoo. El espermatozoo deja su cola fuera del óvulo o se desprende de ella poco después de penetrar en el citoplasma del óvulo; sólo permanecen el material nuclear de la cabeza y el centriolo, fig. 23-4. El huevo completa la segunda división meiótica y extrude el segundo cuerpo polar. La cabeza del espermatozoo se hincha formando el *pronúcleo masculino* y el núcleo del huevo se convierte en el *pronúcleo femenino*. La fusión del pronúcleo masculino haploide con el pronúcleo femenino haploide forma el núcleo del óvulo fecundado o cigoto y restaura el número diploide de cromosomas.

En vista de los numerosos factores que actúan contra la fecundación, puede parecer notable el hecho de que se produzca, y realmente, el hombre es un animal relativamente infecundo (pero bastante fecundo para que el exceso de población sea el principal problema a que hace frente actualmente la humanidad). El espermatozoo permanece vivo y retiene su capacidad de fecundar un óvulo de 24 a 48 horas como máximo después de haber sido depositado en el conducto femenino y el óvulo pierde su capacidad para ser fecundado 24 horas después de la ovulación.

Los espermatozooos son delicados, su citoplasma contiene reducidas cantidades de alimento, y son sensibles al calor, a ligeros cambios en el pH, etc. Los leucocitos del epitelio vaginal que destruyen millones de espermatozooos son otro riesgo. Sin embargo, la frecuencia de copulación y el gran número de espermatozooos depositados en cada eyaculación permiten a la raza humana no solo mantenerse, sino aumentar en número a un ritmo alarmante.

Explique los acontecimientos en la fecundación.



La primera segmentación del óvulo fecundado se produce 30 horas después de la inseminación y las siguientes mitosis ocurren cada 10 horas aproximadamente. Cuando el huevo en desarrollo llega al útero, quizá tres a siete días después de la fecundación, es una apretada bola de 32 células llamada *mórula*. Si el óvulo fecundado pasa por la trompa de Falopio con demasiada rapidez y llega al útero prematuramente, no puede fijarse a la pared. Un tipo de aparato contraceptivo, el *asa intrauterina*, puede estimular contracciones musculares de la trompa de Falopio y el útero, de modo que el huevo fecundado llega a la cavidad uterina prematuramente y muere antes de que pueda implantarse.

Cuando el huevo en desarrollo llega a la cavidad uterina, comienza a diferenciarse en *blastocisto*, compuesto de una envoltura exterior de células, el *trofoblasto*, y una *masa celular interior*, una bola de células situadas en un polo del trifoblasto, que es el precursor del embrión. Esta etapa se implanta en el revestimiento endometrial del útero secretando enzimas que erosionan las células del endometrio, permitiendo al blastocito adherido, establecer estrecho contacto con la corriente sanguínea materna. Las células del trofoblasto crecen y se dividen rápidamente; ellas y las células adyacentes del revestimiento uterino, la *decidua*, forman la placenta y las membranas fetales. Las células del endometrio cicatrizan sobre el lugar de entrada del blastocisto, de modo que se encuentra totalmente dentro del endometrio y fuera del lumen uterino.

La reacción de inclusión en el endometrio, puede ser provocada hinchando con una aguja de vidrio al revestimiento uterino de una mujer apropiadamente preparada con estradiol y progesterona. Este estímulo provoca el llamado "seudoembarazo" y el útero se desarrolla durante un corto período como si hubiera en él un embrión.

El trifoblasto inicialmente consta de dos capas de células, un *citotrofoblasto* interior compuesto de células individuales y un *sincitiotrofoblasto* exterior compuesto de un sin-

citio multinucleado. Las células trofoblásticas digieren y fagocitan materiales del endometrio que fueron almacenados antes de la implantación. El trofoblasto pronto es bañado y nutrido por la sangre materna. Normalmente, la enstruación se produce 14 días después de la ovulación en la mujer no embarazada. Para evitar esto, el embrión adherido debe señalar el organismo materno en cierta forma. A causa del tiempo requerido para atravesar el oviducto, y puesto que el óvulo fecundado permanece en el lumen del útero algunos días, transcurren 11 días entre la ovulación y la implantación. Así, el embrión solo dispone de unos pocos días para proporcionar la señal que evitará la menstruación. Con bastante frecuencia la señal no llega a tiempo y la menstruación arrastra el óvulo fecundado. La mujer ha estado embarazada en el sentido de que tenía un óvulo fecundado en su canal reproductor, pero nunca estuvo consciente de ello y menstruó en su tiempo usual. Una de las principales contribuciones del trofoblasto es su secreción de *gonadotropina coriónica*, probablemente por las células del citotrofoblasto. La gonadotropina coriónica tiene propiedades similares a las de la hormona luteinizante y la hormona luteotrópica de la hipófisis; evita la involución del cuerpo amarillo. La secreción de la gonadotropina coriónica comienza el día en que el trofoblasto se adhiere al revestimiento endometrial.

El proceso de implantación tiene implícito en él tres preguntas de interés biológico general. ¿Por qué el trofoblasto generalmente cesa de invadir el revestimiento endometrial cuando ha formado una conexión con la sangre materna? ¿Por qué no continúa invadiendo, como lo haría un grupo de células cancerosa? ¿Y por qué, puesto que las células del trofoblasto tienen el genotipo del feto en desarrollo, un genotipo diferente del de la madre, las células de ésta no reaccionan como si el trofoblasto fuera un trasplante y lo rechazan, como un animal rechaza un injerto cutáneo de otro miembro de la misma especie genéticamente diferente?

Explique la implantación.

23-5 NUTRICIÓN DEL EMBRIÓN.

Después de la nidación en la mucosa uterina, el embrión continúa su desarrollo. En su comienzo, obtiene su alimento por desintegración enzimática de las células que lo rodean y sucesivamente por extracción de los elementos nutritivos de la sangre materna, por vía de los vasos placentarios.

El nuevo ser evoluciona únicamente a partir de células situadas a un lado de la esfera hueca que se implantó originalmente en el útero; el resto forma las membranas que nutren y protegen al fruto que finalmente formarán las secundinas. El problema de suministrar elementos nutritivos al embrión ha sido solucionado de manera algo distinta por los diferentes grupos de vertebrados.

Los peces y anfibios producen huevos relativamente grandes, con suficiente contenido de vitelo para brindar la cantidad necesaria de proteínas, grasas e hidratos del carbono. Esos huevos puestos en el agua obtienen de este medio el oxígeno, las sales y el agua misma. Los embriones de estos animales presentan una dilatación en forma de bolsa en sus vías digestivas, el *saco vitelino*, el cual crece en torno al vitelo, lo digiere y lo pone a la disposición del resto del organismo.

Los huevos de reptiles y aves suelen depositarse en el suelo, y están rodeados de un cascarón que los protege de la desecación excesiva. Constan también de membranas que garantizan la nutrición y protección del embrión. La tan conocida "clara" del huevo de gallina es una reserva complementaria de proteínas y agua a disposición del embrión hasta el momento de su salida al exterior. Tanto el cascarón como la clara de los huevos de aves y reptiles son secretadas por glándulas situadas en la pared de los oviductos, aplicadas al huevo en

tanto éste pasa 'por los mismos.

Explique la nutrición del embrión.

23-6 MEMBRANAS EMBRIONARIAS.

Para cubrir, proteger, sostener y alimentar a los embriones de reptiles, aves y mamíferos se han ido formando varias membranas embrionarias: el amnios, el corión y la alantoides, envolturas de tejidos vivos formadas a expensas del mismo embrión. El amnios y el corión (fig. 23-5) se originan por fuera de la pared corporal y envuelven el embrión y la alantoides, mera dependencia del tubo digestivo, interviene en la absorción de los alimentos.

La formación del amnios es un proceso complejo, con diferencias de detalle en las distintas especies, aunque esencialmente siempre aparece como una evaginación de la pared corporal del embrión, al cual envuelve hasta reunirse y cerrarse por encima del mismo (fig. 23-5). El espacio dejado entre el embrión y el amnios, o sea la cavidad amniótica, está lleno de un líquido acuoso claro, secretado por la membrana y el mismo embrión. El de los vertebrados superiores llega al nacimiento envuelto en esa cápsula llena de líquidos que junto con el cascarón en unos casos o el útero en otros, obran en conjunto como elementos protectores y amortiguadores; el líquido amniótico, por otra parte, impide que las membranas se apliquen con demasiada adherencia sobre el embrión al desarrollarse, para que puedan dejarle cierta libertad de movimiento. Durante el parto en la especie humana y otros mamíferos, la presión contráctil del útero se transmite al líquido amniótico, lo que ayuda a dilatar el cuello de la matriz. Poco después, el amnios generalmente se rompe y deja escapar una oleada, de un litro aproximadamente de lí-

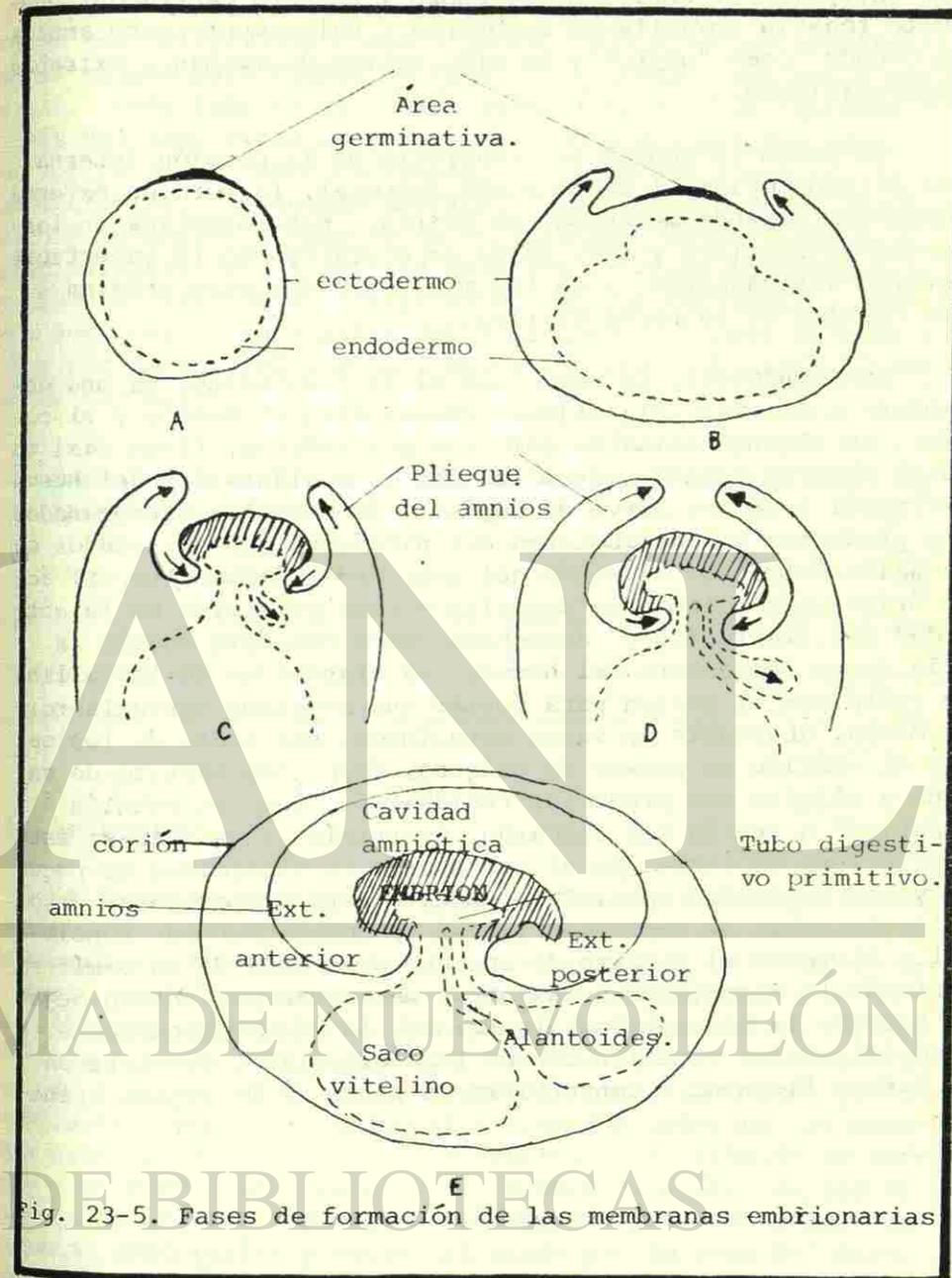


Fig. 23-5. Fases de formación de las membranas embrionarias

quido amniótico, lo que se conoce vulgarmente como "aguas". Por excepción el amnios no se rompe y sale la cabeza del producto todavía envuelta en membranas. Vulgarmente este amnios se conoce como "gorro" y ha sido motivo de muchas y extrañas supersticiones.

En tanto el amnios se desarrolla de la porción interna del pliegue original de la pared corporal, la porción externa forma una segunda membrana, el *corión*. Esta membrana en los huevos de reptiles y aves queda en contacto con la superficie interna del cascarón, y en los mamíferos descansa próxima a las células de la pared uterina.

La *alantoides*, lo mismo que el saco vitelino, es una dependencia del tubo digestivo. Crece entre el amnios y el corion; en algunos animales como las gallináceas, llena casi todo el espacio dejado entre los dos. La alantoides del huevo de reptil y de ave sirve de depósito de desechos nitrogenados. Los productos del metabolismo del nitrógeno son excretados como ácido úrico por el riñón del embrión en desarrollo. El ácido úrico poco soluble es depositado como cristales en la actividad del alantoides, y desechado junto con éste cuando la cría rompe la cáscara del huevo. La alantoides de la gallina se reúne con el corion para formar una membrana corioalantoica mixta, abundante en vasos sanguíneos, por medio de los cuales el embrión se provee de oxígeno, desprende bióxido de carbono y elimina sus productos residuales. Como el embrión "respira" a través del cascarón, ocurriría la asfixia si éste se cubriera de cera. En el ser humano la alantoides es pequeña y sin capacidad funcional, excepto para proporcionar vasos a la placenta; el saco vitelino sí es completamente funcional. Al nacer el pollito de una ave o la cría de un mamífero, parte de la alantoides y las otras membranas por entero dejan de servir; la base de las alantoides, la que originalmente estuvo en próxima conexión con el tubo digestivo, persiste en el cuerpo llegando a convertirse en parte de la vejiga urinaria.

Al ir creciendo el embrión humano, la región ventral que corresponde a los pliegues del amnios, saco vitelino y alantoides son relativamente más pequeños; los pliegues amnióticos se reúnen para formar un tubo que engloba a las otras membranas. Este tubo es el *cordón umbilical*, el cual contiene, además del saco vitelino y la alantoides, los grandes vasos por los cuales el embrión consigue su alimentación desde la pared uterina. El cordón umbilical, de algo más de un centímetro de diámetro y unos 70 cm de longitud, está compuesto principalmente de una materia gelatinosa que no se encuentra en ninguna otra parte. Suele estar torcido en espiral. Debido a sus contorsiones antes del nacimiento, el feto se mete a veces por un asa del cordón y acaba por cerrar un nudo alrededor de su cuerpo.

Describa y explique la función de las Membranas Embrionarias.

23-7 PLACENTA.

En la mujer y en las hembras de los mamíferos superiores la superficie externa del corion es de muy poco espesor en toda su extensión, excepto en el extremo externo del cordón umbilical, donde se forman unas prolongaciones en dedos de guante, llamadas *vellosidades*, las que se insinúan en los tejidos uterinos. Estas vellosidades, junto con los tejidos de la pared del útero donde están enclavadas, forman un órgano llamado *placenta*, por medio del cual el embrión consigue las materias nutritivas y oxígeno, y se desprende del bióxido de carbono y producto de desecho. Hay muchos capilares en las vellosidades que reciben sangre del embrión por una de las dos *arterias umbilicales* y vuelve al mismo por la vena del mismo nombre. El revestimiento uterino se engruesa y aparece muy

vascularizado, formando una masa de tejido esponjoso lleno de sangre materna. Las sangres de las madres y del feto no se mezclan absolutamente, ni en la placenta ni en ningún otro punto. Ciertamente que la sangre fetal de los capilares de las vellosidades coriónicas se encuentra en estrecha contigüidad con la sangre materna de los tejidos que las cubren, pero siempre están separadas por una membrana, a través de la cual deben difundirse o ser acarreadas sustancias por algún mecanismo activo que requiere energía. Al compás del crecimiento fetal crece también la placenta, así al llegar el momento del parto es un grueso disco circular de 15 a 20 centímetros de diámetro y de dos a tres centímetros de espesor, con un peso aproximado de 500 gramos. La placenta es un tejido muy activo, con elevados índices de corriente sanguínea y consumo de oxígeno. A término 600 ml de sangre materna pasan cada minuto por los espacios placentarios, que hacen un total de 140 ml y tienen 11 metros cuadrados de áreas. La corriente de sangre fetal, que entra por las dos arterias umbilicales, es de 300 ml por minuto. El consumo de oxígeno por la placenta, de 10 por gramo de tejido por minuto, es doble de la del feto. Además de ser órgano nutritivo, respiratorio y excretor del feto, la placenta es una importante glándula endócrina.

El útero aumenta de tamaño en proporción al crecimiento fetal, de modo que, al llegar al término de la gestación, su masa es 24 veces mayor que al comienzo. Después de seis meses de crecimiento del feto, el borde superior del útero está a nivel del ombligo, en tanto a los ocho meses alcanza la punta del esternón. En el útero el feto toma una posición característica (que por lo mismo se llama "fetal") con flexión de caderas, codos y rodillas, brazos y piernas cruzados, el dorso encorvado y la cabeza flexionada pero con cierta torsión lateral. Al llegar al parto, el feto suele tener la cabeza hacia abajo, por lo que es lo primero que sale, aunque en una minoría de partos son las nalgas o los pies los primeros en presentarse, lo que aumenta las dificultades.

Explique la función de la placenta.

23-8 EL PARTO.

El período de gestación humana, la duración del embarazo, es normalmente 280 días, que se extiende desde la fecha del último período menstrual hasta el nacimiento del niño. Pueden sobrevivir niños nacidos de 28 semanas a 45 semanas después del último período menstrual. Se desconocen los factores que desencadenan el proceso del parto al llegar al término la gestación. El mecanismo comienza con una sucesión prolongada de contracciones involuntarias del útero, sentidas como "dolores del parto". Las fases del mismo son tres: en la primera que dura unas 12 horas, las contracciones uterinas rechazan al feto hacia el cuello de la matriz, el cual se va dilatando para dejarle paso. Al final de esta fase suele romperse el amnios, con lo que sale el líquido amniótico al exterior. Durante la segunda fase, que normalmente dura 20 minutos a una hora, el feto pasa por el cuello de la matriz y la vagina, hasta su completa liberación (fig. 23-6). El feto es expulsado del útero por las fuerzas combinadas de las contracciones de los músculos de las paredes abdominales. Con cada contracción uterina la mujer retiene el aliento y puja.

Nacido el niño y antes de ser seccionado el cordón umbilical, las contracciones del útero exprimen mucha parte de la sangre placentaria hacia el cuerpo infantil. Después de algunos minutos, cesan las pulsaciones en el cordón, lo que indica que puede ser ligado y cortado, con separación del nuevo ser de la madre. El muñón umbilical se encoge y marchita gradualmente, hasta que nada queda de él más que la cicatriz de ombligo. En la última fase del parto, que dura de 10 a 15 minutos después del nacimiento del nuevo ser, la placenta y membranas se desprenden del revestimiento uterino y son expulsadas por medio de otra serie de contracciones. En esta etapa dichas membranas y la placenta reciben el nombre de secundinas. En la mujer y en las hembras de algunos otros mamíferos, esta expulsión se acompaña de alguna pérdida de sangre, pues

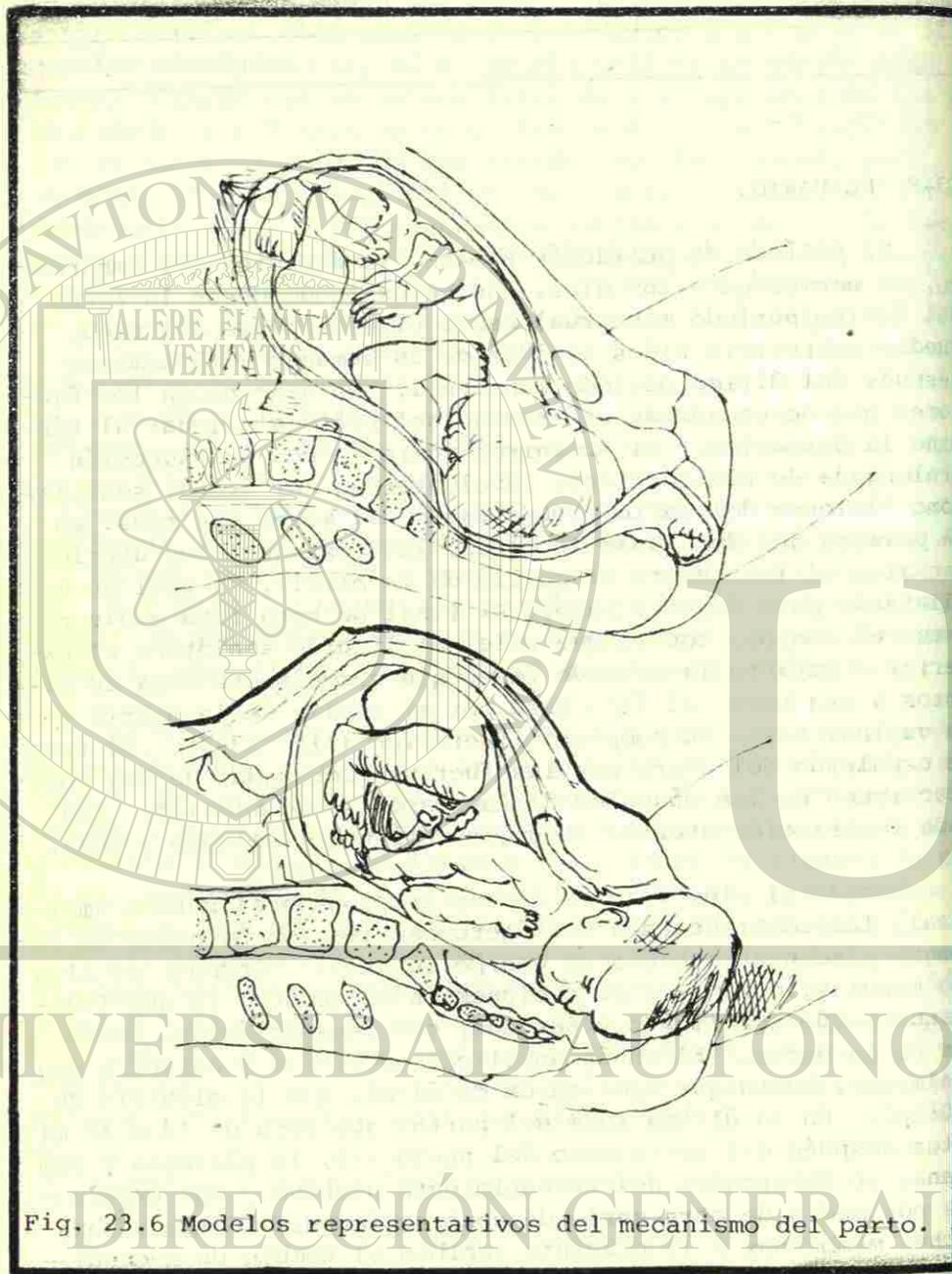


Fig. 23.6 Modelos representativos del mecanismo del parto.

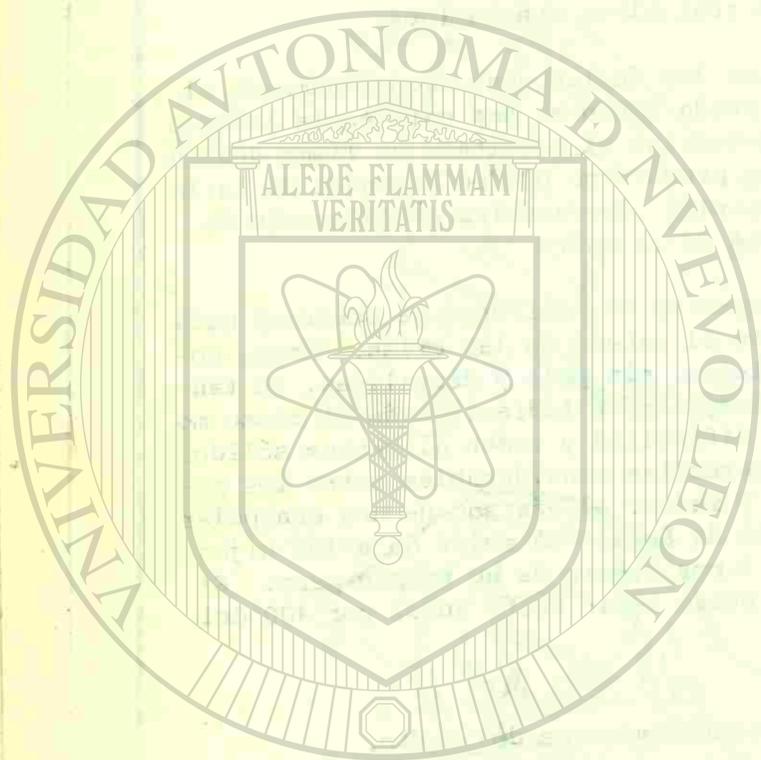
parte de la mucosa uterina se desgarran y acompañan a las secundinas. En otros mamíferos en que la relación entre estas membranas y la pared uterina no es tan íntima, el desprendimiento no es hemorrágico. Después del parto, el tamaño del útero disminuye y su mucosa se restablece con rapidez.

En algo más de 20 por 100 de las gestaciones humanas el fruto nace antes de que pueda afrontar una existencia independiente. En estas circunstancias el resultado se llama *aborto* o *malparto*. Estos partos prematuros pueden depender de la implantación anormal del embrión, consecutiva a disfunción de la placenta o a enfermedad de la madre.

En las diferentes especies de mamíferos se observan notables diferencias en cuanto al estado de las crías. Unas, como las de la rata, son ciegas, sin pelo y desvalidas, en tanto otras, como las del conejillo de Indias, desde el mismo momento de nacer andan sin dificultad y comen alimentos sólidos. También se comprueban diferencias considerables entre los pesos respectivos de hijos y madre: el vástago de una osa polar no pesa más de 0.1 por 100 de ésta. La mujer da a luz hijos que en promedio pesan el 5 por ciento de su propio peso. El murciélago recién nacido puede pesar hasta un 33 por 100 del peso de la madre.

Explique todos los acontecimientos del parto.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

3er. SEMESTRE.

ÁREA I.

UNIDAD XII.

HERENCIA.

INTRODUCCIÓN.

El que nos parezcamos a nuestros padres, que los perros reproduzcan perros, y los gatos sólo gatos, nos lo marcan las leyes de la herencia y lo explica el material genético. Dichas leyes serán estudiadas en la presente unidad.

OBJETIVOS.

- 1.- Enunciar los experimentos de Gregor Mendel en chícharos.
- 2.- Definir los siguientes conceptos:
 1. Carácter dominantes.
 2. Carácter recesivo.
 3. F_1 y F_2
 4. Genotipo.
 5. Fenotipo.
- 3.- Explicar el uso de símbolos en las cruzas.
- 4.- Explicar la probabilidad en las cruzas.
- 5.- Explicar el cruzamiento dihíbrido.
- 6.- Enunciar la teoría cromosómica.
- 7.- Explicar el cromosoma sexual y los genes relacionados con el sexo.
- 8.- Explicar malformaciones causadas por factores hereditarios.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende el capítulo 24 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto del capítulo 24 del presente libro, la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XXIV.

TRANSMISIÓN GENÉTICA.

En 1865 Gregor Mendel publica sus investigaciones, aunque no se le reconocen hasta 1900, él fue un Abad austriaco que crió guisantes en el huerto de su monasterio de Brunn; logró descubrir las leyes de la Genética donde hibridadores anteriores habían fracasado. Estudió la herencia de caracteres constantes, contó y registró los padres y descendencia de cada uno de sus cruzamientos. Su conocimiento de los principios de las matemáticas le permitieron interpretar sus datos y le indujeron a formular la hipótesis de que cada rasgo es determinado por dos factores genéticos.

24-1 FACTORES GENÉTICOS.

Mendel tenía varios tipos de plantas de guisantes en su huerto y llevó registro de la herencia de siete pares de rasgos claramente contrastantes, como semillas amarillas frente a semillas verdes; semillas redondas frente a semillas arrugadas; vainas verdes, frente a vainas amarillas, flores axiales, frente a flores terminales; flores rojas frente a flores amarillas; tallos cortos frente a tallos largos; etc. Cruzando y contando los tipos de descendencia, pudo Mendel descubrir irregularidades en el patrón de herencia que habían escapado a criadores anteriores. Cuando cruzó plantas con dos caracteres diferentes, como semillas amarillas y verdes, las plantas de la siguiente generación. La Generación F_1 , fueron parecidas a uno de los dos padres, la segunda generación o Generación F_2 , contenía individuos de ambos tipos de los padres, cuando contó éstos, halló que los dos tipos de individuos (de los padres) estaban en la generación F_2 en una razón aproximada de 3:1, por ejemplo, cuando cruzó plantas altas con plan--

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende el capítulo 24 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto del capítulo 24 del presente libro, la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.

CAPÍTULO XXIV.

TRANSMISIÓN GENÉTICA.

En 1865 Gregor Mendel publica sus investigaciones, aunque no se le reconocen hasta 1900, él fue un Abad austriaco que crió guisantes en el huerto de su monasterio de Brunn; logró descubrir las leyes de la Genética donde hibridadores anteriores habían fracasado. Estudió la herencia de caracteres constantes, contó y registró los padres y descendencia de cada uno de sus cruzamientos. Su conocimiento de los principios de las matemáticas le permitieron interpretar sus datos y le indujeron a formular la hipótesis de que cada rasgo es determinado por dos factores genéticos.

24-1 FACTORES GENÉTICOS.

Mendel tenía varios tipos de plantas de guisantes en su huerto y llevó registro de la herencia de siete pares de rasgos claramente contrastantes, como semillas amarillas frente a semillas verdes; semillas redondas frente a semillas arrugadas; vainas verdes, frente a vainas amarillas, flores axiales, frente a flores terminales; flores rojas frente a flores amarillas; tallos cortos frente a tallos largos; etc. Cruzando y contando los tipos de descendencia, pudo Mendel descubrir irregularidades en el patrón de herencia que habían escapado a criadores anteriores. Cuando cruzó plantas con dos caracteres diferentes, como semillas amarillas y verdes, las plantas de la siguiente generación. La Generación F_1 , fueron parecidas a uno de los dos padres, la segunda generación o Generación F_2 , contenía individuos de ambos tipos de los padres, cuando contó éstos, halló que los dos tipos de individuos (de los padres) estaban en la generación F_2 en una razón aproximada de 3:1, por ejemplo, cuando cruzó plantas altas con plan-

tas bajas, todos los miembros de la generación F_1 fueron altos. Cuando se cruzaron dos de estas plantas de la primera generación, la generación F_2 contenía algunas plantas altas y otras bajas. Sin duda, en la primera generación el factor genético (gen) de la poca altura estaba oculto o había sido anulado por el gen de la gran altura.

Mendel denominó a este Gen de la gran altura "Dominante" y al gen de la poca altura "Recesivo".

Al descubrir que el cruce de dos plantas de la primera Generación producía descendencia en la segunda generación en una razón de tres con el carácter Dominante a una con el carácter Recesivo, se le ocurrió a Mendel que cada planta debe tener dos factores genéticos; mientras que cada óvulo y espermatozoo sólo tienen uno. La primera generación de plantas altas tenía también dos factores genéticos (uno para las plantas altas y otro para las bajas) pero el gen alto era "Dominante" y estas plantas eran altas.

No obstante, cuando estas plantas F_1 formaron óvulos o espermatozoos el gen de la gran altura se separaba del gen de la poca altura, por lo que la mitad de los óvulos y la mitad de los espermatozoos contenían un gen "alto" y la mitad un gen "bajo" (los genes no son altos o bajos, hacen que las plantas crezcan con diferentes alturas).

La fecundación al azar de óvulos por espermatozoos condujo a cuatro posibles combinaciones, una con dos altos (TT); una con dos bajos (tt); y dos con uno alto y uno bajo (Tt) y (tT), el gen alto (T) es dominante del bajo (t) y, por consiguiente, tres de las cuatro clases de descendencia fueron plantas altas (fenotipo) y sólo una baja, pero con una diferencia en el contenido genético una (TT), dos (Tt) (genotipo).

Se conviene ahora en usar letras mayúsculas T, para los genes Dominantes y t para el recesivo o sea de las plantas bajas.

Los conocimientos matemáticos de Mendel le permitieron reconocer que una razón de 3:1 para su fenotipo y que 1:2:1 para su genotipo sería de esperar entre la descendencia si cada planta tuviera dos factores de cualquier carácter dado, en vez de uno solo de ellos. Este brillante razonamiento fue confirmado cuando se descubrieron los cromosomas y se conocieron los detalles de la mitosis y la fecundación.

¿Cuál es la razón por la que la proporción en la altura de las plantas sea de 3:1 ?

24-2 CROMOSOMAS Y GENES.

Quando se examina una célula en trance de división con el microscopio de contraste de fases, e incluso si se observa con el microscopio ordinario, después de fijada y teñida, podrán distinguirse en el núcleo unos cuerpos alargados teñidos de oscuro llamados cromosomas. Cada cromosoma consta de un filamento central, el cromonema al que acompañan a lo largo de una sugestión de gránulos a los que se ha dado el nombre de crómómeros; cada cromosoma posee un punto fijo a lo largo de su trayecto una pequeña zona circular clara, llamada centrómero, el cual regula el movimiento de los cromosomas durante la división celular. A medida que el cromosoma se acorta y se engruesa, inmediatamente antes de la división celular, la región del centrómero se acentúa y aparece como una constricción. Los cromosomas solo son claramente visibles en el momento de la división celular.

Al ser descritos los cromómeros por primera vez, muchos biólogos creyeron que podían ser los Genes factores hereditarios, que en experimentos previos de reproducción se daba por sentado que se disponían dentro del cromosoma en formación alineada.

Sin embargo, no hay correspondencia de uno a uno entre cromómeros. Algunos cromómeros contienen varios genes, en tanto ciertos genes parecen residir fuera de ellos.

En resumen, no se sabe con exactitud el significado de los cromómeros, estas tumefacciones a lo largo del cromonema.

Cada célula de cualquier organismo de todas las especies contiene un número y tipo característico de cromosomas. Cada célula del hombre posee exactamente 46 cromosomas. Pero no es su número lo que diferencia a las diferentes especies de animales. Sino la naturaleza de los factores hereditarios dentro de los cromosomas. (Fig. 24-1)

Describe la estructura de un cromosoma.

24-3 MITOSIS.

Es la división regular de una célula, en tal forma que cada una de las dos células hijas, reciba exactamente el mismo número y tipo de cromosomas que poseía la célula progenitora.

En el momento de la mitosis humana, por consiguiente, cada uno de los 46 cromosomas ha elaborado otro idéntico, con lo cual hay 92. Al completarse la división celular 46 cromosomas se dirigen a una célula hija y 46 a la otra.

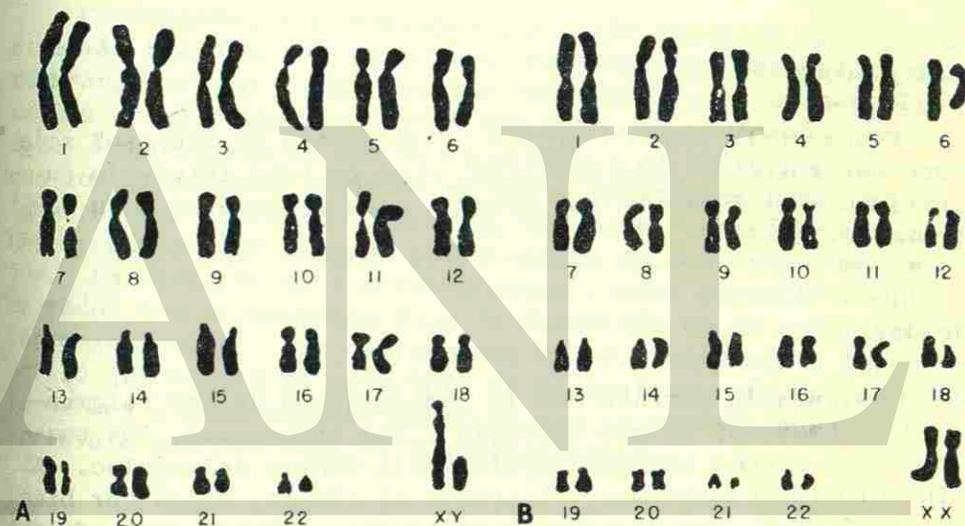


Fig. 24-1.- Cromosomas en la especie humana en un hombre (A) y una mujer (B) normal.

El término mitosis en sentido estricto, se refiere a la división del núcleo en dos núcleos hijos, y se aplica el término citocinesis a la división del citoplasma para formar dos células hijas, cada una de las cuales contiene uno de los núcleos. La división nuclear y la división citoplásmica, aunque casi siempre bien sincronizadas y coordinadas, son procesos separados y netamente distintos.

Sin embargo, para fines descriptivos, la mitosis se divide en las siguientes fases: interfase, profase, metafase, anafase y telofase.

Interfase.

Etapa en la cual el núcleo se encuentra en "reposo" solamente con respecto a la división, pues en este intervalo su actividad metabólica es muy grande, para prepararse a su división mitótica.

Profase.

Comienza la profase con la condensación de los filamentos de cromatina, lo que da lugar a los cromosomas, los cuales aparecen como una masa apelotonada dentro del núcleo. Al principio los cromosomas, estirados al máximo, dejan ver bien los cromómeros, con distinción de tamaño y forma, pudiendo en condiciones favorables, identificarse cada uno de ellos. Cuando los cromosomas se contraen subsecuentemente, los cromómeros se superponen y ya no es posible diferenciarlos entre sí. Cada cromosoma se ha duplicado. Cada mitad del cromosoma doble se llama Cromátide; los dos cromátides quedan unidos al centrómero que permanece único hasta la metafase.

En el citoplasma adyacente al núcleo hay dos pequeños centriolos oscuros y cilíndricos. Al comienzo de la profase, el centriolo se divide en dos centriolos hijos, cada uno de los cuales emigra a extremos opuestos de la célula. Desde cada centriolo se proyectan unos filamentos y los centriolos se forma un huso compuesto de hilos, de proteínas contráctiles

de las fibrillas musculares. Las fibras del huso se extienden del ecuador al polo y constituyen una estructura bien definida.

En el tiempo en que se separaron los centriolos y se formó el huso, se contrajeron los cromosomas del núcleo, de modo que quedaron más cortos y gruesos.

Metafase.

Condensados los cromosomas, no solo resultan más cortos, sino más teñidos, con aspecto de bastoncitos; desaparece la membrana nuclear y entonces los cromosomas se disponen alineados en el plano ecuatorial del huso que se formó alrededor. Esto señala el fin de la profase; el corto período en que los cromosomas están en el plano ecuatorial constituyen la metafase. En este momento se divide el centrómero y los dos cromátides se separan por completo en dos cromosomas hijos. La división de los centrómeros ocurre simultáneamente en todos los cromosomas, bajo la dirección de un mecanismo aún desconocido. Los centrómeros hijos, comienzan a separarse, lo que señala el principio de la anafase. La metafase dura de dos a seis minutos mientras que la profase dura de treinta a sesenta minutos aproximadamente.

Anafase.

Los cromosomas se separan y cada grupo de cromosomas hijos se dirigen a un polo. Los acontecimientos que ocurren desde que los cromosomas comienzan a separarse hasta que alcanzan los polos, constituyen la anafase que dura de tres a quince minutos.

Telofase.

Llegados los cromosomas a los polos comienza la telofase, de duración igual a la profase. Los cromosomas se alargan y vuelven a la posición de reposo, solo con filamentos de cromatina y gránulos visibles, además de la formación de

membrana alrededor de los núcleos hijos. Esto termina la división nuclear, también llamada cariocinesis, a la que sigue la división del cuerpo de la célula, citocinesis.

¿Cuál es la importancia de la Mitosis?

24-4 MEIOSIS.

La constancia en el número de cromosomas en cada generación de células se garantiza por el proceso de meiosis que ocurre durante la formación de los gametos, masculinos o femeninos.

La meiosis es esencialmente un par de divisiones celulares durante las cuales el número de cromosomas disminuye a la mitad, de manera que los gametos reciben únicamente la mitad en relación con las otras células del organismo. En el acto de unirse dos gametos durante la fecundación, la fusión de sus núcleos reconstituye el número diploide de cromosomas. En la meiosis los miembros de cada par de cromosomas se separan y pasan a cada una de las células hijas; como resultado cada gameto contiene uno de cada tipo de cromosomas, de modo que, aún con la reducción, la serie es completa. Esto se logra por el emparejamiento o sinapsis de los cromosomas iguales; con separación de los miembros de los pares, dirigidos respectivamente a cada polo. Estos cromosomas iguales que se forman durante la meiosis se llaman cromosomas homólogos. Son idénticos en forma y tamaño, poseen cromómeros también idénticos a lo largo de su longitud, y sus factores hereditarios o

genes son, así mismo, similares. Una serie de cada tipo de cromosomas; se llama número haploide; si es de los dos se llama diploide.

En el ser humano el número haploide es 23, y el diploide 46. Los gametos, óvulos y espermatozoos llevan el número haploide, en tanto el óvulo fecundado y todas las células del organismo derivadas del cigoto llevan el número diploide. Un óvulo fecundado recibe exactamente la mitad de los genes de su madre y la otra mitad de su padre. Sólo las dos últimas divisiones celulares productoras de óvulos o espermatozoos maduros son meióticas, todas las demás son mitóticas.

El proceso de la meiosis consiste en dos divisiones celulares, en sucesión, llamadas primera y segunda divisiones meióticas, cada una de ellas incluye profase, metafase, anafase y telofase, aunque hay importantes diferencias entre mitosis y meiosis, especialmente en la profase aparecen como filamentos largos y finos; lo mismo que en la mitosis. Los cromosomas homólogos se agrupan en pares longitudinalmente, se encuentran muy juntos de lado a lado, en toda su longitud y se retuercen uno alrededor de otro. Después de la sinapsis o de agruparse los cromosomas en pares, continúan acortándose y engrosando. Cada uno se duplica visiblemente, constando ahora de dos cromátides como en la mitosis. Esta duplicación se ha producido cierto tiempo antes de comenzar la meiosis.

Al terminar la primera profase meiótica los cromosomas se han duplicado y formado sinapsis para dar lugar a un conglomerado de cuatro cromátides homólogos llamado tétrada. Cada par de cromosomas forma una tétrada de modo que hay tantas como el número haploide de cromosomas.

En esta fase del proceso; en el hombre hay 23 tétradas, con un total de 92 cromátides. Los centrómeros no se han dividido y hay solamente dos para los cuatro cromátides.

En tanto ocurre lo anterior, se divide el centriolo dirigiéndose cada uno de los restantes a polos opuestos de la célula; se forma un huso entre los centriolos y se disuelve la membrana nuclear. Las tétradas se acomodan alrededor del

ecuador del huso, y se dice que la célula está en metafase. En la anafase de la primera división meiótica los cromátides hijos formados a partir de cada cromosoma; todavía unidos por su centrómero, se separan y desplazan hacia los polos opuestos.

Así los cromosomas homólogos de cada par, pero no los cromátides hijos de cada cromosoma, se separan en la anafase primera.

Este proceso difiere del correspondiente a la anafase mitótica en la cual los centrómeros se dividen y los cromátides hijos pasan a polos opuestos.

En la telofase de la primera división meiótica en el hombre hay 23 cromosomas dobles en cada polo. Los cromosomas no forman filamentos cromatínicos; lo que ocurre es que el centriolo se divide de nuevo, se forma un nuevo huso en cada célula y el número haploide de los cromosomas dobles se dispone en el ecuador del huso.

La telofase de la primera división y la profase de la segunda, suelen ser de duración corta. La alineación de los cromosomas dobles en el ecuador del huso constituye la metafase de la segunda división meiótica. Las metafases de cada una de las divisiones pueden distinguirse porque en la primera los cromosomas se disponen en grupos de cuatro y en la segunda de dos. No hay anterior segmentación o desdoblamiento de cromosomas en la segunda división meiótica; los centrómeros se dividen y los desplazan a polos opuestos. Así pues, en la telofase de la segunda división meiótica en el hombre llegan a cada polo 23 cromosomas, uno de cada tipo. A continuación se divide el citoplasma, los cromosomas se alargan gradualmente y se convierten en filamentos de cromatina, se forma una membrana nuclear.

Las dos divisiones meióticas sucesivas dan lugar a cuatro núcleos cada uno, de los cuales posee uno, y solamente uno de cada tipo de cromosomas; una serie haploide. Los miembros homólogos de los pares de cromosomas se separan en células hijas. Las cuatro células resultantes de las dos divisiones

meióticas son ahora gametos maduros y no experimentan ninguna división más mitótica ni meiótica.

¿Cómo se asegura la constancia en el número de cromosomas en las generaciones de individuos?

24-5 ESPERMATOGÉNESIS.

El testículo está formado por miles de túbulos espermáticos cilíndricos, en cada uno de los cuales se forman millones de espermatozoos.

Las paredes de estos túbulos están tapizadas de células germinales primitivas, todavía sin especialización, llamadas *espermatogonios*. En el embrión y, más adelante durante la infancia, los espermatogonios se dividen por mitosis, lo que permite que estos elementos se multipliquen y den lugar al crecimiento del testículo; llegada la madurez sexual, algunos de los espermatogonios experimentan el proceso de la *espermatogénesis*, modificaciones en serie de las que termine por salir al espermatozoo maduro; el resto sigue dividiéndose por mitosis, lo que da lugar a nuevas células de esta clase que, en el momento oportuno, no podrán derivar a la espermatogénesis. En el hombre la espermatogénesis es constante todo el año una vez alcanzada la madurez sexual.

La espermatogénesis comienza con el paso de los espermatogonios a unas células mayores llamadas *espermatoцитos primarios*, éstos se dividen (primera división meiótica) en dos cé-

lulas iguales, los espermatoцитos secundarios, los cuales a su vez pasan por una segunda división meiótica para formar cuatro espermátides de tamaño idéntico. La espermátide, célula esferoidal con bastante citoplasma, es un gameto maduro con número haploide de cromosomas. Para que sea espermatozoo funcional tiene que seguir un proceso complicado de crecimiento y modificación pero no de división celular. (fig. 24-2).

Explique la formación de un espermatozoide.

24-6 OOGÉNESIS.

Los óvulos evolucionan en el ovario también a partir de células sexuales inmaduras llamadas *oogonios*. Al principio del desarrollo los oogonios experimentan divisiones mitóticas sucesivas y múltiples para formar oogonios adicionales, todos los cuales tienen número diploide de cromosomas. En muchos animales, sobre todo vertebrados, los oogonios y oocitos, están rodeados por una capa de células foliculares derivadas del epitelio germinal de los ovarios. En el humano esto ocurre al principio del desarrollo fetal y para el tercer mes los oogonios empiezan a convertirse en *oocitos primarios*. Para el nacimiento han alcanzado la profase de la primera división meiótica. Estos oocitos primarios en profase durante muchos años hasta la madurez sexual. Entonces, al madurar cada folículo se reanuda la primera división meiótica que se completa en la ovulación (15 a 45 años después de iniciada la meiosis). Los acontecimientos que ocurren en el núcleo (sinapsis, tétradas y separación de cromosomas homólogos) son idénticos a los observados en la espermatogénesis, pero la división del citoplasma es desigual, con el resultado de una célula grande, el *oocito secundario* (que contiene el vitelio y

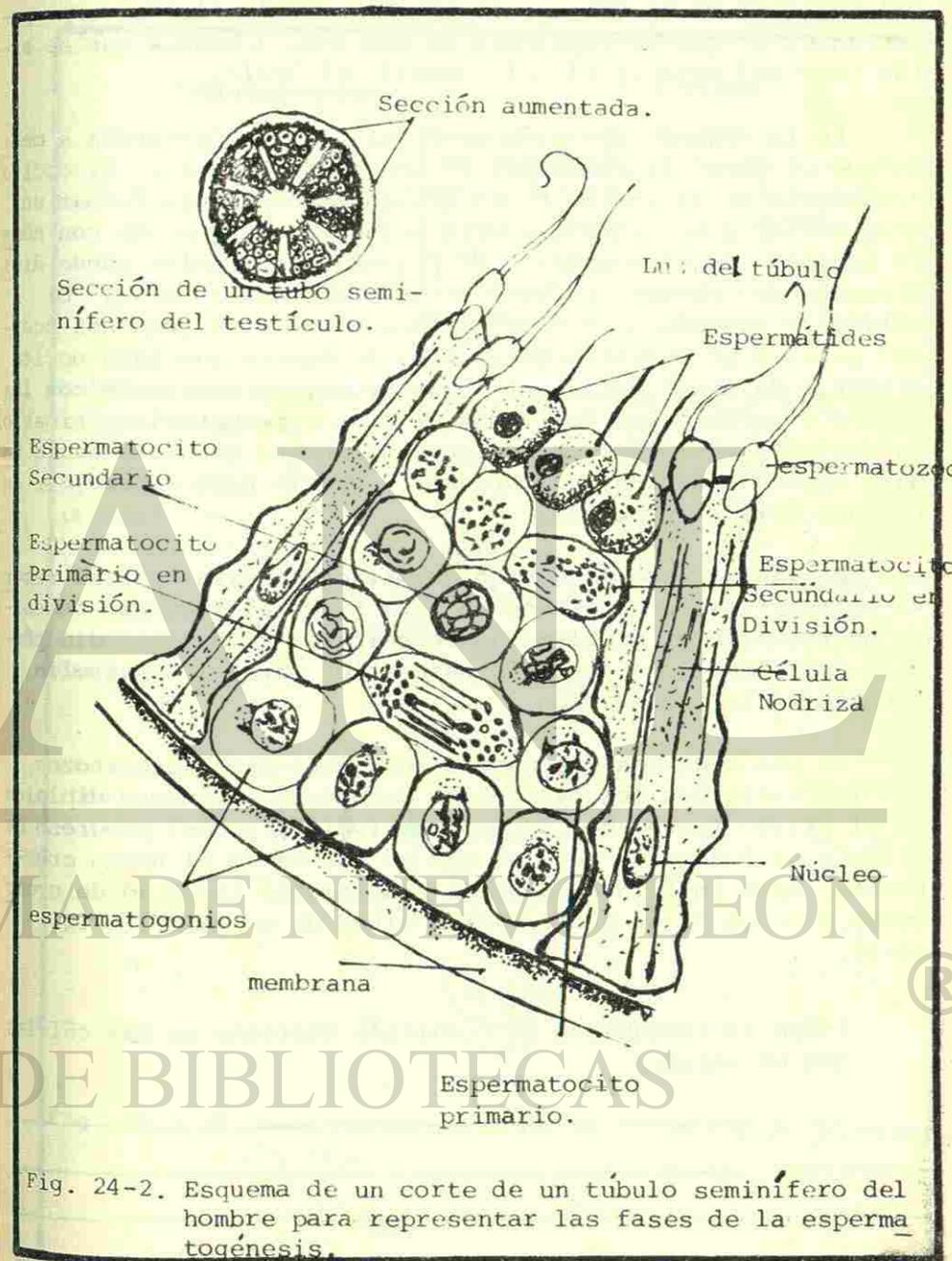


Fig. 24-2. Esquema de un corte de un tubo seminífero del hombre para representar las fases de la espermatogénesis.

casi todo el citoplasma) y una célula pequeña, el cuerpo polar, el cual no es más que un núcleo. Se le llamó cuerpo polar antes de que se explicara su función, debido a que se sitúa como una mota en el polo animal del óvulo.

En la segunda división meiótica, la cual progresa a medida que el huevo discurre por la trompa de Falopio. El oocito secundario se divide de nuevo desigualmente, para formar un gran oótide y un segundo cuerpo polar pequeño, ambos con número haploide de cromosomas. El primer cuerpo polar puede dividirse en dos cuerpos polares secundarios adicionales. El oótide se transforma en el huevo maduro. Los tres pequeños cuerpos polares se desintegran pronto, de manera que cada oocito primario da lugar únicamente a un óvulo, en contraste con los cuatro espermatozoos derivados de cada espermatocito primario. La división citoplásmica desigual garantiza que cada óvulo maduro tendrá suficiente citoplasma y vitelo para sobrevivir en el caso de ser fecundado.

En cierto modo el oocito primario deposita toda su reserva alimenticia en un óvulo; en esta forma el elemento femenino ha resuelto el problema de reducir los cromosomas sin pérdida del citoplasma y vitelo necesarios para el desarrollo después de la fecundación.

La unión de los cromosomas haploides del espermatozoo con los haploides del óvulo hace recuperar el número diploide en el cigoto fecundado, lo que persistirá, por el progreso de mitosis en todas las células que se formen en el nuevo organismo. Cada individuo adquiere exactamente la mitad de cromosomas y genes de su madre y otra mitad de su padre. (Fig. 24-3).

¿Cómo se restablece la condición diploide en las células del organismo?

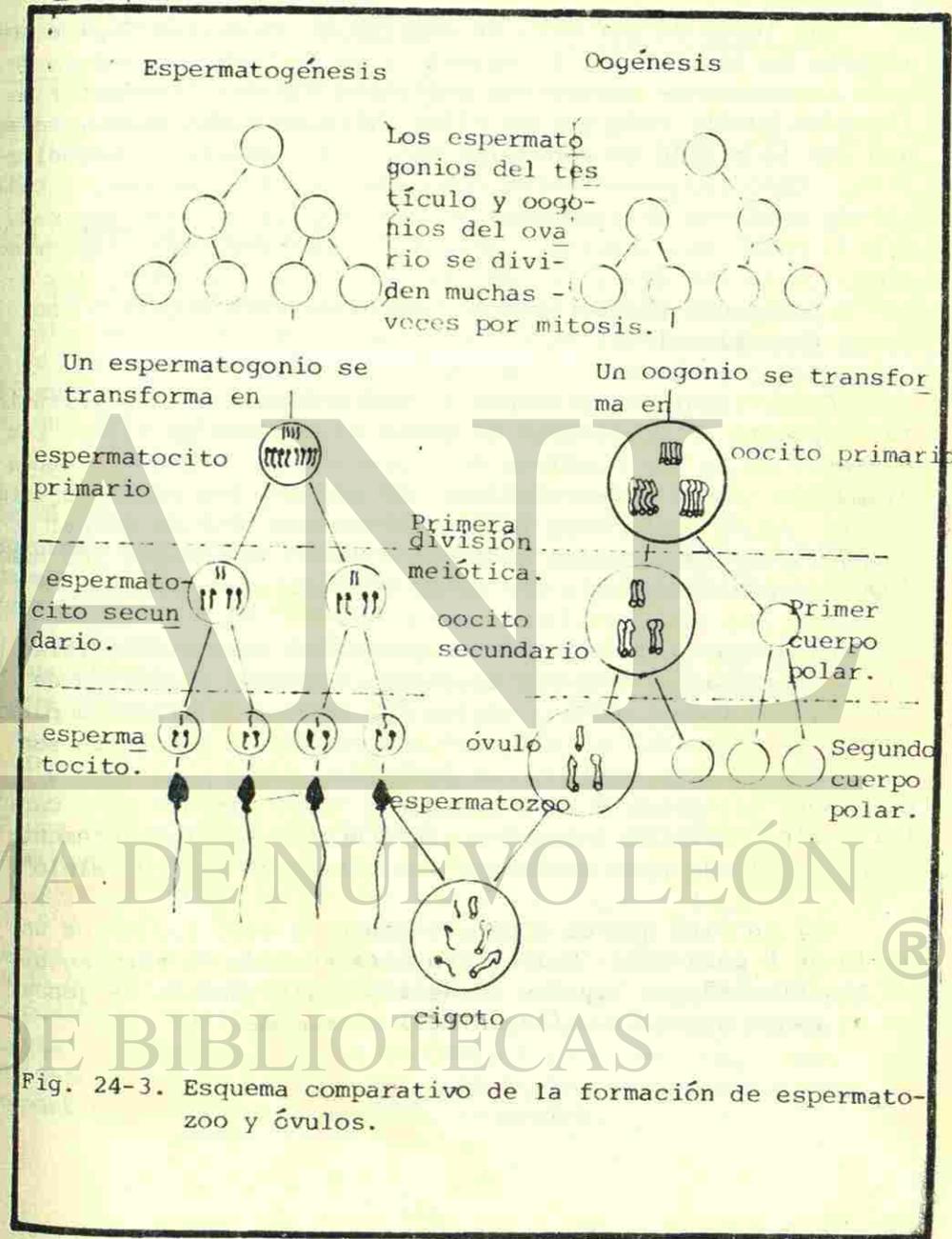


Fig. 24-3. Esquema comparativo de la formación de espermatozoo y óvulos.

24-7 GENES Y ALELOS.

Las leyes de herencia se derivan de la acción de los cromosomas en la mitosis, la meiosis y la fecundación dentro de cada cromosoma se encuentran numerosos factores hereditarios llamados genes, cada uno de ellos diferentes del resto, cada uno con la misión de controlar uno o más caracteres hereditarios. Como los genes están colocados en el cromosoma, y cada célula contiene un cromosoma de cada tipo, se deduce que cada célula posee dos genes de cada clase. Al separarse los cromosomas en la meiosis y recombinarse en la fecundación, los genes a pares deberán separarse y sucesivamente volver a una nueva recombinación.

Cada cromosoma se comporta genéticamente como si estuviera compuesto de un rosario de genes dispuestos en fila. Los miembros de un par homólogo de cromosomas presentan genes dispuestos en un orden similar. El gen de cada carácter está situado en un punto especial del cromosoma llamado locus. Cuando los cromosomas se sinapsan durante la meiosis los homólogos se adhieren punto por punto y quizá gen por gen.

La herencia de un carácter puede únicamente estudiarse si es antitético, como los guisantes verdes y amarillos de Mendel, los ojos pardos y azules del hombre, o el matiz pardo frente al negro del cabello. Estos rasgos de contraste son heredados en forma tal que un individuo puede pasar uno u otro pero no ambos, y se denominaron originalmente como caracteres alomórficos o simplemente Alelos. Más recientemente se han empleado como sinónimos los términos "gen" y "alelo".

Así se dirá que el gen B , respecto a ojos pardos es un alelo de b para ojos azules. En este sentido el término alelo significará que hay dos o más tipos alternantes de genes en un punto específico (locus) del cromosoma.

¿Porqué se dice que la herencia de un carácter puede estudiarse solamente si es antitético?

24-8 CRUCE MONOHIBRIDO.

Para una persona que posea la cualidad de abarquillar la lengua, en otras palabras poder hacer la "lengua taquito", se ha demostrado que poseer esta cualidad, está dado por la presencia del alelo dominante R . Por el contrario, las personas que solo tienen el gen r son incapaces.

Entonces, una persona con dos genes exactamente iguales (RR) ó (rr) se dice que es Homocigoto para el carácter. El organismo con un gen dominante y uno recesivo (Rr) si se dice que es un "Híbrido" o Heterocigoto. Con estos términos conocidos podemos ahora formular mejores definiciones con respecto a dominantes y recesivos. Gen recesivo es el que producirá sus efectos solo cuando sea Homocigoto; gen dominante es el que producirá sus efectos sea Homocigoto o Heterocigoto.

Durante la Meiosis en las gónodas de una persona con la cualidad de "lengua taquito" Heterocigótica (Rr), los cromosomas que contienen el gen R , primero forman sinapsis y luego se separan del cromosoma que contiene el gen r , de modo que cada espermatozoo u óvulo formado tienen uno de los dos genes, pero nunca ambos. Unos y otros están formados en números iguales por individuos Heterocigotos (Rr). Como hay dos tipos de óvulos y dos tipos de espermatozoo, en la fecundación son posibles cuatro tipos de combinaciones. No hay atracción especial ni repulsión entre un óvulo y un espermatozoo que contienen el mismo tipo de gen; por tanto, estas cuatro combinaciones posibles son igualmente probables.

óvulos $(1/2 R + 1/2 r) \times (1/2 R + 1/2 r)$ espermatozoo.

Imaginemos haber seleccionado una muestra representativa de las personas de una ciudad de un país, y tratemos de determinar el porcentaje de la población que tiene los alelos R y r ¿cómo procederíamos?. Un método sencillo sería el de examinar a cada uno de los individuos de nuestra población muestra, si lo hiciéramos en una muestra de 100 personas (una muestra más pequeña que la que usan los genetistas) se obtendrían los siguientes resultados:

Lengua abarquillada	64
No abarquillada.	36

¿Qué revelaría esta información acerca de la frecuencia de los dos alelos R y r en esa población? Por una cosa sabríamos inmediatamente que 0.36 ó el 36% de la muestra tiene (rr). Pero ¿qué ocurre con el 64% de los que pueden abarquillar la lengua? ¿cuántos de ellos son RR y cuántos Rr?

En realidad hay un método más sencillo para obtener una estimación de la frecuencia de los genes en una muestra, mediante la teoría de la probabilidad y el importante principio de las poblaciones genéticas, llamada Ley de Hardy-Weinberg (esta ley dice: si en una población se presentan formas alternativas de un gen y si todos los genotipos son igualmente viables, la proporción original de los genes será mantenida en todas las generaciones siguientes). Se puede utilizar el número de homocigotos recesivos (no abarquillantes) para calcular los otros genotipos. Veamos cómo se hace.

Para empezar a resolver un problema como éste, es cómodo usar el cuadro de Punnett; indica las maneras en que se pueden combinar los dos alelos R y r dentro de cada descendencia.

Si suponemos que el cruzamiento fue al azar y si aplicamos la teoría de la probabilidad, escribiremos $r \times r$ ó $rr = 0.36$; entonces ¿a qué es igual? Puesto que $rr = r^2$ la raíz cuadrada de 0.36 deberá ser la frecuencia del alelo r. Por lo tanto, 0.60 o 60% es la frecuencia.

Ahora, la frecuencia del alelo R puede ser determinada. Si sabemos que la suma de los dos porcentajes de los alelos R y r en dicha población es de 100% debido a que el 60% de los alelos son r; el 40% de los alelos es R. Agregando esta información a nuestro cuadro de Punnett podemos determinar el porcentaje de genotipos RR y Rr. Así, la frecuencia del gen para los que abarquillan o no la lengua en esta población es:

RR = 16%
Rr = 48%
rr = 36%

	R= 0.40	r= 0.60
R=0.40	RR=0.40x0.40=0.16 ó 16%	Rr=0.40x0.60=0.24 ó 24%
r=0.60	Rr=0.60x0.40=0.24 ó 24%	rr=0.60x0.60=0.36 ó 36%

Utilice el cuadro de Punnett y efectúe las siguientes cruces para personas con la cualidad de "lengua de taquito".

RR		Rr
Homocigoto dominante	x	Heterocigoto
(macho)		(hembra)
rr		Rr
Homocigoto recesivo	x	Heterocigoto
(macho)		(hembra)

Dé el genotipo y fenotipo de estas cruces con sus probabilidades respectivas.

El cromosoma humano X contiene muchos genes en tanto el Y solo unos pocos, que son fundamentalmente los genes de la masculinidad. Los caracteres controlados por genes localizados en el cromosoma X se llaman *Ligados al sexo*, porque se heredan en conjunción con el mismo. La descendencia masculina lleva un solo cromosoma X y por consiguiente, todos sus genes para caracteres ligados al sexo proceden de la madre. La mujer recibe un X del padre y uno de la madre. Los varones, con solo un cromosoma X, tienen únicamente uno de cada tipo de gen localizado en dicho cromosoma X.

El color normal de los ojos de la mosca de la fruta es rojo oscuro, aunque hay variedades de ojos blancos. Los genes para el color rojo de los ojos están situados en el cromosoma X, de modo que se encuentran ligados al sexo. El varón poseyendo un solo gen para cualquier rasgo ligado con el sexo, no puede ser homocigoto o heterocigoto, pero se denomina homocigoto para cualquier gen situado en el cromosoma X. Para evitar confusión, el genotipo masculino se describe con la Y presente. El color rojo (R) es dominante sobre el color blanco (r). Si una hembra homocigota de ojo rojo se cruza con un macho ojo blanco (RR y rY), la descendencia tiene ojos rojos en su totalidad.

Las hembras de la misma son Rr, en tanto los machos son rY. Si se cruza una hembra de ojo blanco con un macho de ojo rojo (rr x rY) aparece una generación de hembras de ojo rojo Rr y machos de ojo blanco, rY.

En la especie humana, la hemofilia y la ceguera para los colores son caracteres ligados al sexo. La hemofilia es una enfermedad en la que hay defecto de formación de tromboplastina, por carencia de la llamada globulina antihemofílica; la sangre de estos pacientes no coagula bien, de modo que sangran profusamente incluso por un pequeño rasguño. Si el gen ligado al sexo es recesivo y relativamente raro (presente en la población con baja frecuencia) el defecto aparecerá muchísimas más veces en los hombres. La ceguera para los colores por ejemplo, afecta un 4% de los hombres y a menos del 1% de

las mujeres. La hemofilia es un carácter excepcional en los hombres y fué completamente desconocido en las mujeres hasta 1951, en que se descubrió en caso femenino. La reina Victoria de Inglaterra era heterocigota para el gen de la hemofilia y los transmitió a varios de sus hijos y nietos varones. Este hecho tuvo un marcado efecto en el curso de la historia, especialmente en Rusia y España.

No todos los caracteres propios del macho o la hembra son "ligados al sexo". Algunos se pueden llamar "influidos por el sexo", heredados por genes situados en autosomas, pero con detalles que se modifican precisamente por el sexo del animal.

Puede expresarse que los machos y hembras con idénticos genotipos presentan desiguales fenotipos. En la oveja, por ejemplo, un simple par de genes causa la ocurrencia o ausencia de cuernos, el gen H para la presencia de ellos es dominante en el macho y recesivo en la hembra, y su alelomorfo h (sin cuernos) es recesivo en el macho y dominante en la hembra. El genotipo Hh produce un animal cornudo cualquiera que sea el sexo; y HH produce un fenotipo inverso que el anterior.

En el hombre, el gen relacionado con la calvicie, está influido por el sexo; con la expresión del defecto alterada por la cantidad que presenta de hormona sexual masculina. Hay muchos más hombres calvos que mujeres, debido a que basta un gen al hombre para que pierda su cabello, en tanto se necesitan dos genes en la mujer. Debe recordarse que no todos los tipos de calvicie son hereditarios, pues hay casos debidos a enfermedades y otros factores.

Explique la transmisión de un carácter por los genes ligados al sexo.

24-10 ENDOGAMIA, EXOGAMIA Y VIGOR HÍBRIDO.

Se acepta corrientemente que la endogamia (cruce de dos individuos emparentados; como hermana y hermano), es nociva, productora de monstruos e idiotas. En ciertos países está incluso prohibido por la ley la unión de primos hermanos. Sin embargo, no hay nada dañosa por sí misma; en cuanto animales y plantas se refieren y a que se recurre constantemente a ésta para el mejoramiento de las razas. No sería tampoco un procedimiento perjudicial en la especie humana sino fuera que aumenta las probabilidades de los genes recesivos de hacerse monocigóticos y por lo mismo tomar su expresión fenotípica. Todos los organismos son heterocigotos con respecto a muchos caracteres.

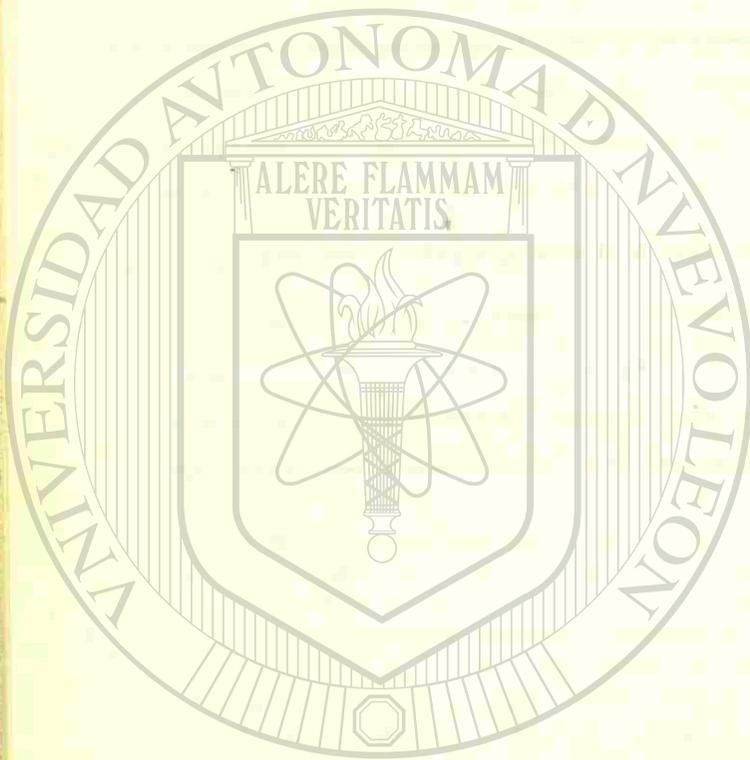
Algunos de los genes recesivos ocultos podrían dar lugar a cualidades favorables, aunque también es cierto que otros podrían dar lugar a otras perjudiciales. Si una estirpe es heterocigota para varios caracteres recesivos deseables la endogamia podría mejorarla, pero si los mismos son indeseables, seguramente los cruces entre parientes harán que aparezcan fenotípicamente; la endogamia humana aumenta la frecuencia de defectos presentes al nacer, denominados *anomalías congénitas*.

Para el apareamiento de ejemplares completamente ajenos, conocido por *exogamia*, con frecuencia produce un linaje mucho mejor que el de los ascendientes, fenómeno denominado *Vigor Híbrido*; la mula, que resulta del cruce del caballo con la burra, es una bestia fuerte y resistente, mejor adaptada para ciertos trabajos que cualquiera de los dos procreadores. La mayoría del maíz cultivado actualmente es de variedades híbridas especiales, obtenidas del cruce de varias razas diferentes. Cada año, la semilla para lograr uniformemente dicho maíz, tiene que ser obtenida con los mismos cruces, pues el híbrido, por su carácter heterocigoto, daría lugar a gran cantidad de formas, ninguna de las cuales igualaría las condiciones

favorables del híbrido original.

a).- ¿Cuál es la importancia a nivel genético de la Endogamia?

b).- ¿Cuál es la importancia de la exogamia? Dé ejemplos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3er. SEMESTRE.

ÁREA I.

UNIDAD XIII.

INTERACCIÓN DE LAS ESPECIES.

INTRODUCCIÓN.

La recepción de estímulos y la transmisión de éstos al organismo nos marcan la capacidad de los organismos de poder adaptarse al medio y sobrevivir, y son la base de los sistemas de comunicación de las especies ya que no se mantienen aisladas, sino que dependen unas de otras.

El equilibrio de cualquier ecosistema, depende de la unión que mantienen los individuos dentro del mismo.

OBJETIVOS.

- 1.- Explicar en qué consisten los órganos mecano-receptores, quimo-receptores y foto-receptores.
- 2.- Explicar el mecanismo de recepción de peces.
- 3.- Describir las partes y función del receptor auditivo.
- 4.- Explicar el mecanismo de los receptores olfativos en vertebrados.
- 5.- Explicar los órganos receptores gustativos en vertebrados.
- 6.- Describir las partes y función de los ojos en los vertebrados.
- 7.- Explicar con tus propias palabras lo que es una cadena alimenticia y sus constituyentes (desintegradores, productores, consumidores).

8.- Enumerar las ventajas del mimetismo en las especies.

9.- Definir el concepto y tipos de simbiosis.

10.- Explicar la función de las sociedades en los ecosistemas.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

1.- Esta unidad comprende el capítulo 25 del presente libro.

2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.

3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.

4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto del capítulo 25, la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación.

DIRECCIÓN GENERAL

CAPÍTULO XXV.

INTERACCIÓN DE LAS ESPECIES.

Hemos estudiado los mecanismos reguladores en un organismo, tanto en el medio intracelular como extracelular, pero estos mecanismos sólo son una parte de la capacidad del organismo para existir. Es imposible que un organismo sobreviva sin el intercambio de información o comunicación del medio ambiente.

Para sobrevivir, cada organismo ha creado por evolución, medios por los cuales puede dar respuestas apropiadas significativas y adaptativas a cambios específicos en el medio ambiente. Esto requiere que posea *receptores* (órganos sensoriales) para descubrir cambios en el medio ambiente, sistemas de nervios y órganos endocrinos para las respuestas.

Los animales unicelulares son sensibles a muchas clases de estímulos, como se demuestra por sus respuestas negativas a luces brillantes, ciertas sustancias químicas, corrientes eléctricas, etc. Para sobrevivir en un nivel de existencia más elevado y complejo, los metazoos han creado una variedad de células receptoras especializadas, cada una de las cuales es sensible a un tipo de estímulo. Estos órganos sensoriales permiten a sus poseedores buscar alimento, encontrar y atraer a una pareja, escapar de enemigos, etc., y son de gran importancia en la supervivencia del individuo y de la especie. Los estímulos apropiados: el ojo es estimulado por un rayo luminoso extraordinariamente débil, mientras que sólo una luz muy fuerte puede estimular directamente el nervio óptico. La insignificante cantidad de vinagre que puede ser gustada o la cantidad de vainilla que puede ser olida no produciría ningún efecto si se aplicara directamente a una fibra nerviosa. Los órganos sensoriales de algunos animales son sensibles a estí-

8.- Enumerar las ventajas del mimetismo en las especies.

9.- Definir el concepto y tipos de simbiosis.

10.- Explicar la función de las sociedades en los ecosistemas.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

1.- Esta unidad comprende el capítulo 25 del presente libro.

2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.

3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.

4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto del capítulo 25, la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación.

DIRECCIÓN GENERAL

CAPÍTULO XXV.

INTERACCIÓN DE LAS ESPECIES.

Hemos estudiado los mecanismos reguladores en un organismo, tanto en el medio intracelular como extracelular, pero estos mecanismos sólo son una parte de la capacidad del organismo para existir. Es imposible que un organismo sobreviva sin el intercambio de información o comunicación del medio ambiente.

Para sobrevivir, cada organismo ha creado por evolución, medios por los cuales puede dar respuestas apropiadas significativas y adaptativas a cambios específicos en el medio ambiente. Esto requiere que posea *receptores* (órganos sensoriales) para descubrir cambios en el medio ambiente, sistemas de nervios y órganos endocrinos para las respuestas.

Los animales unicelulares son sensibles a muchas clases de estímulos, como se demuestra por sus respuestas negativas a luces brillantes, ciertas sustancias químicas, corrientes eléctricas, etc. Para sobrevivir en un nivel de existencia más elevado y complejo, los metazoos han creado una variedad de células receptoras especializadas, cada una de las cuales es sensible a un tipo de estímulo. Estos órganos sensoriales permiten a sus poseedores buscar alimento, encontrar y atraer a una pareja, escapar de enemigos, etc., y son de gran importancia en la supervivencia del individuo y de la especie. Los estímulos apropiados: el ojo es estimulado por un rayo luminoso extraordinariamente débil, mientras que sólo una luz muy fuerte puede estimular directamente el nervio óptico. La insignificante cantidad de vinagre que puede ser gustada o la cantidad de vainilla que puede ser olida no produciría ningún efecto si se aplicara directamente a una fibra nerviosa. Los órganos sensoriales de algunos animales son sensibles a estí-

mulos completamente inefectivos en el hombre. Los perros y los gatos pueden oír silbidos agudos inaudibles para nosotros. Los murciélagos emiten y oyen ruidos muy agudos y se orientan en el vuelo por los ecos que rebotan en objetos situados en su trayectoria. Pueden hasta cazar insectos, guiados por el eco de su pequeña presa.

25-1 FUNCIONES DE LOS ÓRGANOS SENSORIALES.

Tradicionalmente, se dice que el hombre tiene cinco sentidos: tacto, olfato, gusto, vista y oído. Pero algunos de éstos pueden dividirse en varios sentidos; por ejemplo, el tacto, el dolor, la presión, el frío y el calor están incluidos en el sentido original del tacto. El oído contiene un órgano para percibir el equilibrio y la rotación, así como el órgano para oír sonidos. Existen otros sentidos —quizá más vagos y más generalizados, pero importantes— para determinar el estado interno del cuerpo. Podemos sentir la tensión de los músculos, el movimiento de las articulaciones y estados internos como sed, hambre, náuseas, dolor y orgasmo. Los receptores de tales sentidos están situados en los músculos, articulaciones, vísceras, gargante y otros lugares.

Los órganos de los sentidos tienen la doble función de descubrir cambios y transmitir información relativa a la naturaleza del cambio al sistema nervioso central. Un órgano sensorial proporcionaría a un organismo muy poca información útil si respondiera indiscriminadamente a todas las clases de cambios en el medio ambiente. Pero los órganos sensoriales han creado una especialización por la cual una clase de órganos descubre luz, otro descubre presión mecánica, un tercer descubre ciertas clases de sustancias químicas, etc. Ningún órgano sensorial sería muy útil si solo respondiera a grandes cambios en el medio ambiente. Pero si fuera tan sensible que respondiera a cada molécula o electrón en movimiento, solo transmitiría "ruido". Cada órgano sensorial tiene desarrollada así una especialidad y sensibilidad óptima (no máxima), de modo que mantiene una razón óptima de señal a

ruido. Los órganos de los sentidos deben tener además capacidad para distinguir y registrar no solo "principio" y "fin", sino también velocidad, magnitud y dirección del cambio.

Explique cuál es la importancia de tener órganos sensoriales para descubrir cambios en el medio ambiente.

25-2 MECANORRECEPTORES.

Los mecanorreceptores son sensibles a la extensión, a la compresión o al esfuerzo de rotación impartido a los tejidos por el peso del cuerpo, por el movimiento relativo de las partes, por los efectos giroscópicos de las partes en movimiento y por el impacto del substrato en el medio ambiente circundante (aire o agua). Los mecanorreceptores se relacionan con la capacidad de un organismo para mantener su actitud corporal primaria respecto a la gravedad (para nosotros, extremo anterior arriba y extremo posterior abajo; para un perro, lado dorsal arriba y lado ventral abajo; para un perezoso, lado ventral arriba y lado dorsal abajo). Se relacionan también con el mantenimiento de las relaciones posturales, la posición de una parte del cuerpo con relación a otra, información esencial para todas las formas de locomoción y para todos los movimientos coordinados y diestros desde tejer un capullo de gusano de seda hasta escribir un libro. Los mecanorreceptores proporcionan, además, información sobre la forma, textura, peso y relaciones topográficas de objetos del medio ambiente externo. Finalmente, la mecanorrecepción es necesaria para el funcionamiento de algunos órganos internos. Proporcionan,

por ejemplo, información sobre la presencia de alimento en el estómago, heces en el recto, orina en la vejiga, un feto en el útero. Los mecanorreceptores pueden dividirse en las siguientes categorías: táctiles, propioceptivos y auditivos.

El sentido del tacto. Entre los receptores táctiles más sencillos se encuentran los pelos táctiles de los invertebrados. El pelo táctil de un insecto es un receptor físico, es decir, responde solo cuando se mueve el pelo. Cuando el pelo es desplazado, surge un potencial receptor y se generan algunos potenciales de acción, pero toda la actividad cesa cuando cesa el movimiento, aunque se mantenga el pelo en la posición desplazada.

La notable sensibilidad táctil del hombre, especialmente en las puntas de los dedos y los labios, se debe a un gran número de diversos órganos sensoriales situados en la piel (25-1). Haciendo un detenido estudio de una pequeña superficie de la piel, punto por punto, usando una cerda rígida para prueba del tacto, un estilo metálico caliente o frío para probar la temperatura y una aguja para probar el dolor, se ha encontrado que los receptores de cada una de estas sensaciones están localizados en diferentes puntos.

El corpúsculo de Pacini ha sido particularmente bien estudiado. El axón desnudo está rodeado de láminas esparcidas por el líquido. La compresión produce desplazamientos de las láminas, que causa la deformación que estimula el axón. Aunque el desplazamiento se mantenga bajo compresión constante, el potencial se reduce rápidamente a cero y cesan los potenciales de acción. Este es un receptor físico que responde a la velocidad.

Propiocepción (cinestesis). Entre los invertebrados, los órganos sensoriales más comúnmente relacionados con la retransmisión de información posnatural son los pelos, las placas (órganos campaniformes) y otras estructuras cuticulares modificadas. Estos son órganos sensoriales tónicos (estáticos). A diferencia de los receptores físicos, el potencial receptor se mantiene (aunque no en magnitud constante) mien-

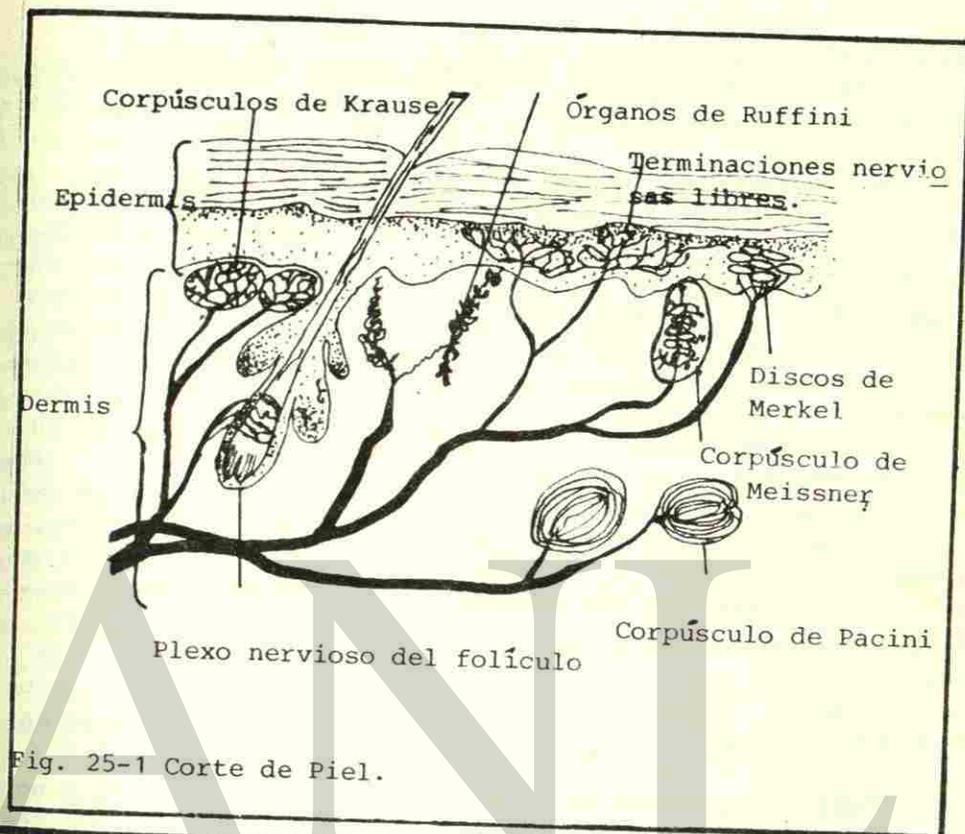


Fig. 25-1 Corte de Piel.

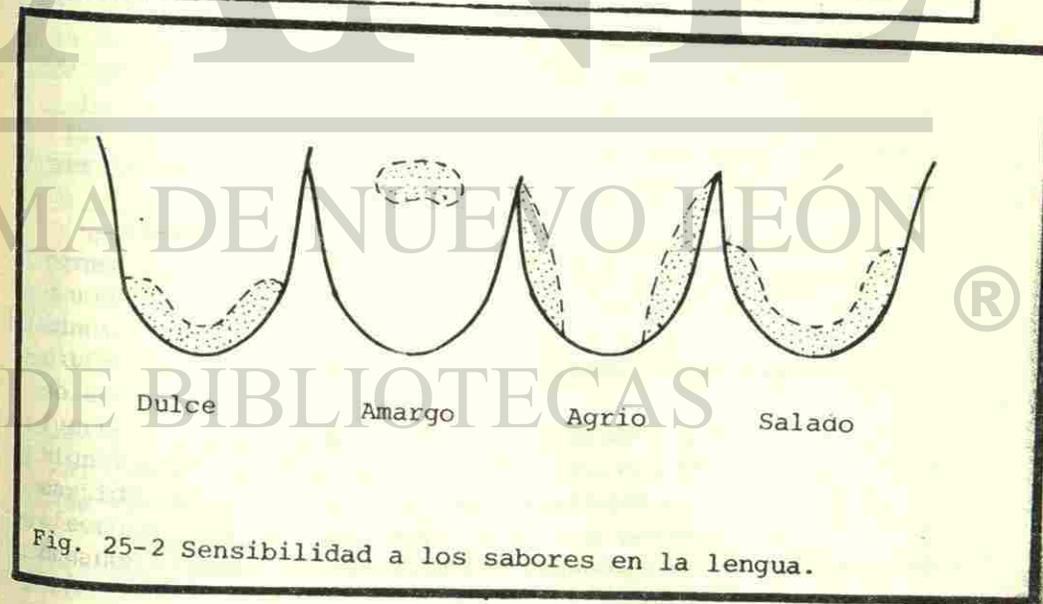


Fig. 25-2 Sensibilidad a los sabores en la lengua.

tras actúe el estímulo, y continúan generándose potenciales de acción. Así, hay información continua acerca de la posición del órgano correspondiente.

En el hombre, cada músculo, tendón y articulación está provisto de *propioceptores* sensibles a la tensión y al esfuerzo musculares. Debido a estos órganos sensoriales, podemos, aun con los ojos cerrados, ejecutar actos manuales como vestirnos o atar formando nudos. Los impulsos procedentes de los propioceptores son también extraordinariamente importantes para asegurar la armoniosa contracción de los diferentes músculos que participan en un movimiento; sin ellos, serían imposibles complicados actos que requieren destreza. Los impulsos procedentes de estos órganos son también importantes para el mantenimiento del equilibrio. Los propioceptores, son probablemente más numerosos y están más continuamente activos que cualquier otro sentido, aunque estamos menos conscientes de ellos que de los otros. La existencia de este sentido fue descubierta hace solo poco más de un siglo. Se obtiene cierta idea de lo que sería la vida sin propioceptores cuando se "duerme" una pierna o un brazo —una sensación de entumecimiento resultado de la falta de propioceptores.

¿Cuál es la importancia de los propioceptores?

25-3 QUIMIORRECEPCION: GUSTO Y OLFATO

En todo el reino animal muchas actividades sexuales, reproductoras, sociales y de la alimentación son iniciadas, reguladas o influidas en cierta forma por aspectos químicos específicos del medio ambiente. Los insectos, por ejemplo, usan gran número de sustancias químicas en la comunicación,

para defensa contra los depredadores y para el reconocimiento de alimentos específicos. Muchos vertebrados emplean secreciones químicas para marcar territorio, atraer a su pareja sexual o defenderse. La quimiorrecepción también interviene en seguir las huellas de la presa en los carnívoros y en el descubrimiento de carnívoros por la presa.

La sensibilidad a las sustancias químicas puede ser muy específica, porque solo ciertos compuestos y en bajas concentraciones, actúan como estímulos. La sensibilidad de otros receptores, como los de la piel de la rana, puede ser general y no específica. Como saben la mayor parte de los estudiantes de fisiología principiantes, una rana se rasca el lomo cuando se le aplica a la piel un ácido diluido o soluciones concentradas de sales inorgánicas. Los quimiorreceptores que intervienen en ello son determinaciones nerviosas libres. Este *sentido químico común* está ampliamente distribuido entre los animales acuáticos.

Los sistemas quimiorreceptores específicos y muy sensibles comprenden los sentidos del *gusto* y del *olfato* (olfacción). Estos son fácilmente distinguibles en nosotros y en otros organismos terrestres. Cuando se examinan organismos acuáticos, y especialmente los que ocupan lugares inferiores en la escala filogenética, se hace crecientemente difícil decidir qué es gusto y qué es olfacción.

El sentido del gusto en los mamíferos.

Los órganos del gusto son estructuras en forma de yema, situadas predominantemente en la lengua y el paladar blando. Están situadas en papilas, de las cuales hay cuatro clases: *circunvaladas, foliadas, fungiformes y filiformes*. Las células de las *papilas gustativas* se clasificaron originalmente basándose en el tamaño y la histología, como células gustativas y células de sostén. Recientes estudios efectuados con el microscopio electrónico revelan que este concepto es demasiado simple, y que hay gradaciones entre las dos. También hay una substitución muy rápida de las células. Cada 10 a 30 horas las células son completamente substituidas. Cada célula tiene en su superficie libre un borde de *microvellosidades*,

muchas de las cuales se introducen en un pequeño poro que las une con los líquidos que bañan la superficie de la lengua. No existen pelos gustativos, como se creía antes.

Cada célula del gusto es una célula epitelial y el receptor. Las conexiones con las células nerviosas son complicadas. Cada célula gustativa está inervada por más de una neurona. Además, algunas neuronas pueden conectarse con una célula gustativa y otras con muchas. Esta complejidad de conexiones hace difícil la interpretación de la fisiología del sentido del gusto.

Tradicionalmente, hay cuatro sabores básicos: dulce, salado, agrio y amargo. A éstos debe añadirse ahora el agua. Aunque es cierto que la mayor sensibilidad a cada uno de los sabores está restringida a un área dada de la lengua (en el hombre especialmente) (fig. 25-2), no todas las papilas tienen restricción en su sensibilidad a una sola modalidad de sabor. Algunas, ciertamente, son específicas a la sal, a un ácido o al azúcar, pero la mayoría responden a dos o más categorías de soluciones rápidas. La discriminación en el gusto es un proceso complejo y probablemente depende de un código que consiste en un cuadro de fibras entrecruzadas; es decir, cada receptor responde a más de una clase de sustancias química, pero no hay dos que respondan exactamente igual, por lo que el cuadro total de mensajes que van al cerebro es diferente para las distintas soluciones.

El sabor depende de la percepción del gusto solamente. Está compuesto de gusto, olfato, textura y temperatura. El olfato afecta el sabor porque los olores pasan de la boca a la cámara nasal por intermedio de las ventanas internas de la nariz.

El sentido del gusto en los insectos.

Uno de los órganos del gusto más concienzudamente estudiados es el pelo gustativo de la mosca. Los segmentos terminales de las patas y las partes bucales de las moscas, polillas, mariposas y otros insectos están provistos de varios

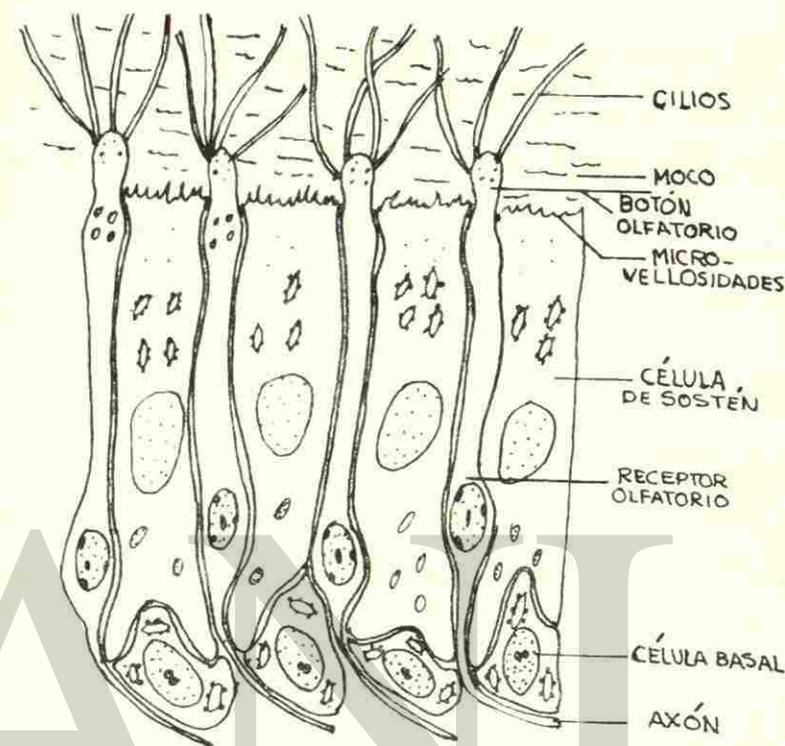


Fig.- 25 - 3- Estructura del Epitelio Nasal

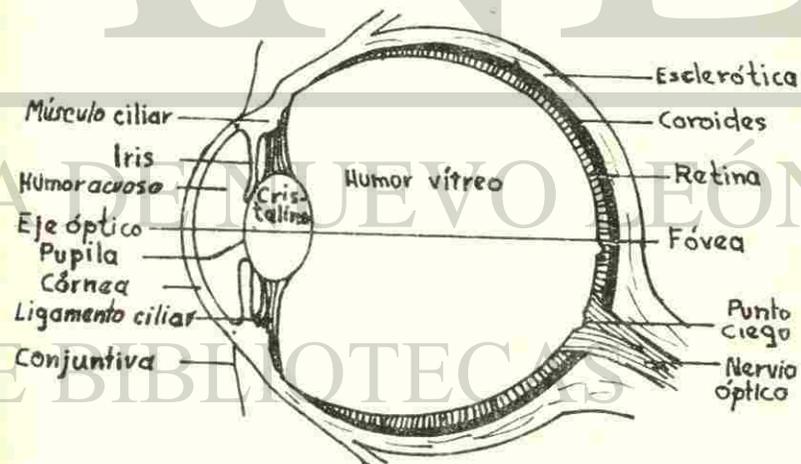


Fig.- 25 - 4- Estructura del ojo humano

pelos muy sensibles. En la mosca cada uno de estos contiene cuatro receptores gustativos y un receptor táctil. Todos son neuronas primarias. Un receptor gustativo es más o menos específico a azúcares, otros al agua y dos a sales. Si se coloca agua en un pelo de una mosca sedienta, los potenciales de acción generados por las células del agua pasan directamente al sistema nervioso central y hacen que la mosca responda extendiendo su trompetilla y bebiendo. Análogamente, el azúcar en un pelo estimula el receptor del azúcar y hace que se alimente. La sal provoca el rechazo de la solución por la mosca.

El sentido del olfato.

El sentido del olfato de los vertebrados terrestres está servido por neuronas primarias situadas en el epitelio nasal, en la parte superior de la cavidad nasal (fig. 25-3). Cada una de estas neuronas tiene un corto axón que pasa por la placa cribiforme y hace sinapsis inmediatamente con otras neuronas. En el conejo, por ejemplo, hay 10^8 receptores, 26 000 de los cuales hacen sinapsis con cada glomérulo. Cada glomérulo se conecta con 24 células mitrales y 68 células arracimadas. Las posibilidades de procesar datos olfatorios generados por los receptores aun antes de llegar al cerebro son enormes.

Al contrario de lo que ocurre con las sensaciones del gusto, los distintos olores no pueden clasificarse en tipos precisos, pues cada sustancia tiene su olor que le es propio. Lo más notable es que los órganos olfatorios responden a cantidades ínfimas de la sustancia olorosa; el equivalente sintético del olor de violetas, la ionona, puede apreciarse por muchos sujetos al estar en el aire en la proporción de uno por treinta mil millones. El sentido del olfato se fatiga rápidamente, de manera que un ambiente cargado de intensos estímulos olfatorios puede parecer inodoro luego de pocos minutos. Esta fatiga es específica para una sustancia determinada; los receptores insensibles a un olor reaccionan ante otro con toda normalidad. Esto sugiere que debe haber varias clases de células sensoriales, cada una específica para un compuesto químico particular. Algunas personas están

por completo privadas del sentido del olfato, en tanto que otras pueden percibir solo ciertos olores.

a).- Describa el sentido del gusto en los mamíferos.

b).- Describa el sentido del gusto en los insectos.

c).- Describa el sentido del olfato de los vertebrados.

25-4 FOTORRECEPTORES. [®]

Las células, tejidos u órganos que son capaces de transformar la luz en impulsos nerviosos sensitivos se llaman fotorreceptores.

Casi en toda materia viva hay células sensibles a la luz. Incluso los protozoos responden a los cambios de intensidad lumínica, generalmente apartándose de ella. Muchas plantas orientan sus hojas y flores hacia el sol, aunque en ellas no

se descubran órganos sensibles a su radiación. En muchos de los animales superiores esta sensibilidad es propia de células especiales, las que se agrupan en órganos complejos. El ojo humano es excelente ejemplo de un dispositivo perfecto para percibir la luz. Cuando se encuentra perfectamente adaptado, puede percibir la pequeña emisión de 6 a 10 cuantos de luz. Así como la materia está formada por elementos infinitesimales llamados átomos, la luz consta de unidades llamadas fotones y, por definición, la energía de 1 fotón es igual a 1 cuanto. La luz que llega al ojo emitida por una bujía que arde a 20 kilómetros de distancia se considera el límite de la visibilidad de un ojo normal adaptado a la obscuridad, con equivalencia de seis a siete cuantos de luz.

Algunos protozoos tienen "manchas oculares" más sensibles a la luz que el resto de las células, pero los órganos oculares más primitivos en la escala de la evolución son los propios del platelminto o gusano plano. Son fotorreceptores en vez de ojos no pueden formar imágenes. Son estructuras en forma de media naranja hueca, cuya concavidad contiene un pigmento negro en cuyo fondo están esparcidas unas células sensibles a la luz; el pigmento ampara a la célula de los rayos que vienen en cualquier dirección, excepto por encima y ligeramente por delante, disposición que permite al platelminto orientarse. Las planarias están provistas de otras células sensibles a la luz por toda la extensión de su cuerpo, pues todavía reaccionan a ella una vez que han sido inutilizados sus ojos, aunque entonces la reacción es más lenta y menos precisa.

Un primer paso necesario en la evolución desde los fotorreceptores hasta el ojo verdadero fue la aparición de un cristalino para enfocar la luz en un grupo de fotorreceptores. Al aparecer sistemas de cristalinos más perfeccionados, el fotorreceptor pudo formar imágenes, y surgió así un ojo en el sentido riguroso de la palabra. Los ojos más altamente desarrollados se encuentran en los artrópodos (insectos, cangrejos, langostas, etc.), en los cefalópodos (calamares y pulpos) y en los vertebrados. Han aparecido dos tipos fundamentalmente diferentes de ojos: el ojo forma de cámara de los vertebrados y cefalópodos, y el ojo compuesto o en mosaico de los artrópodos.

El ojo humano.

Los ojos del calamar o del pulpo pueden compararse a una cámara de poco precio, equipada con película lenta en blanco y negro, en tanto el ojo humano se equipara a una cámara de lujo, cargada con película rápida en color.

La analogía entre el ojo humano y la cámara fotográfica es completa: el ojo (fig. 25-4) está provisto de una lente, con posibilidad de ser enfocada para diferentes distancias; el paso de la luz (*pupila*), y una capa fotosensible en la parte posterior (*retina*) que corresponde al material fotográfico impresionable. Junto a la retina se extiende una capa de células con un pigmento negro, para absorber el exceso de luz que al reflejarse en el interior de la cavidad harían borrosa la imagen (las cámaras fotográficas también son negras en su interior); esta capa, llamada *coroides*, está surcada por los vasos nutricios de la retina.

La capa exterior del ojo, *esclerótica*, es una cubierta conectiva, curvada, dura y opaca, que protege las porciones internas y mantiene la rigidez necesaria al globo ocular. En la parte anterior, esta capa se transforma en la *córnea* transparente, mucho más delgada, a cuyo través penetra la luz.

Inmediatamente detrás del iris está adaptada una lente globulosa y elástica, el *cristalino*, la cual concentra los rayos que entran en el ojo y los enfoca a la retina; en esta función participan la curvatura de la córnea y las propiedades de refracción de los líquidos internos del globo ocular. La cavidad entre la córnea y el cristalino está ocupada por una sustancia llamada *humor acuoso*; la cámara mayor entre el cristalino y la retina, por un líquido más viscoso, el *humor vítreo*; ambos, además, tienen la función de conservar la forma del ojo. Estas sustancias, la vítrea y la acuosa, son secretadas por el *cuerpo ciliar*, órgano circular del que parten los ligamentos que mantienen la posición del cristalino.

El ojo se acomoda (o sea que enfoca la luz para la visión próxima o lejana) por el cambio de curvatura del cristalino. Esto es posible por el estiramiento o relajación del

ligamento ciliar, el cual lo sujeta al cuerpo ciliar. Debido a presión de los líquidos internos, el globo ocular está bajo tensión, la cual se transmite, por el ligamento ciliar, al cristalino. La tensión del ligamento aplana a éste y lo enfoca para visión lejana, que es la que corresponde al ojo en estado de descanso. Inmediatamente por delante del cuerpo ciliar, unidos por el ligamento de este nombre, están los músculos ciliares, los cuales, al encontrarse, suprimen la tensión del ligamento y del cristalino, con posibilidad de que el último tome la forma más esférica propia para la visión próxima.

La cantidad de luz que penetra en el ojo se regula con el iris, anillo muscular, de colores azul, verde o pardo, según la cantidad y naturaleza del pigmento presente. El órgano está compuesto de dos planos de fibras musculares, uno en disposición circular, el cual al contraerse disminuye el diámetro de la pupila, y otro en disposición radiada, cuya contracción lo aumenta. La respuesta de estos músculos a los cambios de intensidad de la luz no es instantánea, pues requiere de 10 a 30 segundos; de esto resulta que si se pasa de un lugar muy iluminado a uno muy oscuro, debe transcurrir cierto tiempo hasta que los ojos se acostumbren lo mismo que, en circunstancias inversas, los ojos quedan deslumbrados hasta que la pupila se contrae frente al exceso de luz.

En cada globo ocular se extienden seis músculos externos que se insertan en la superficie de la esclerótica y llegan a diferentes puntos de la cuenca orbitaria, con lo cual es posible que el ojo se mueva y se oriente en la dirección deseada. Estos músculos están inervados de manera que los dos globos se muevan al mismo tiempo y enfoquen las mismas imágenes.

La única porción del ojo humano sensible a la luz es la retina, de forma hemisférica, compuesta de innumerables células receptoras, llamadas, por su forma, *bastoncitos* y *conos*. Se calcula que hay unos ciento veinticinco millones de los primeros y unos seis millones y medio de los segundos. Además, la retina contiene muchas neuronas sensitivas de enla-

ce, junto con sus axones. Es curioso que las células sensitivas estén en la porción posterior de la retina, de modo que para que la luz las alcance debe pasar a través de varias capas de neuronas. El ojo se desarrolla como una prominencia del encéfalo; en su evolución se pliega de tal modo que las células sensibles acaban por disponerse en esa posición trasera de la retina. En un lugar de la región posterior del ojo, los axones de las neuronas sensitivas se agrupan para formar el nervio óptico, el cual sale del globo ocular. Este punto, sin conos ni bastoncitos, se llama "punto ciego" porque las imágenes proyectadas allí no se perciben.

En el centro de la retina, directamente en la misma línea que coincide con el centro de la córnea y el del cristalino, se encuentra la región de más agudeza visual, zona algo deprimida llamada *fóvea*. En esta fosa se concentran los conos, más sensibles a la luz brillante, a la percepción de los más finos detalles, y a la luz de color.

En condiciones normales los ojos están constantemente en movimiento; se producen ligeros movimientos involuntarios, incluso si estamos mirando un objeto fijo. La consecuencia es que la imagen en la retina está asimismo en constante movimiento, con salida fuera de la fóvea y reingreso a ella. Superpuesto a estos movimientos hay un rapidísimo temblor de los ojos. Si, con algún dispositivo, se logra que la imagen se proyecte invariablemente en la retina, se borra al poco tiempo, para aparecer luego enteramente o en parte. Estos experimentos por Donald Hebb y sus colaboradores han demostrado que lo "visto" por un sujeto está por lo menos parcialmente, determinado por el sentido de la imagen, interpretado por los centros superiores.

Los otros elementos fotosensibles, los bastoncitos, son más numerosos en la porción periférica de la retina, alejada de la fóvea. Son receptores de la luz difusa, sin sensibilidad para el color, no solemos darnos cuenta de que el color solo puede ser apreciado por los objetos situados frente a los ojos, pero el fenómeno puede demostrarse mediante un sencillo experimento: basta cerrar un ojo y dirigir el otro hacia algún punto directamente delante. Si un objeto coloreado se va

llevando gradualmente desde un lado, el sujeto se dará cuenta de su presencia, de su tamaño y forma, antes que darse cuenta de su color. Unicamente al llegar el objeto casi a la línea frente a los ojos (de modo que la imagen se proyecte en la región de los conos) habrá percepción del color. Como hemos dicho, los bastoncitos son más sensibles a la luz tenue que los conos; como los primeros no están en el centro, sino a los lados de la retina, es un hecho curioso que pueden verse mejor los objetos iluminados con poca luz si no se mira directamente a ellos (porque entonces la imagen se proyecta en la parte retiniana central) sino ligeramente de lado, para que la imagen se proyecte sobre los bastoncitos en la periferia de la retina.

Describe todas las estructuras del ojo humano.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES
BIBLIOTECA CENTRAL

25-5 RECEPTOR AUDITIVO. EL OÍDO.

En la cavidad del oído se encuentran los órganos de dos sentidos, el del oído propiamente dicho y el del equilibrio. Estos órganos están situados profundamente en uno de los huesos del cráneo (el temporal), y formados por buen número de estructuras accesoria, necesarias para transmitir las ondas sonoras desde el exterior hasta las células sensoriales situadas, así mismo, profundamente.

El oído externo consta de dos partes: una porción sobresaliente, formada de una armazón cartilaginosa revestida de piel, llamada *pabellón* de la oreja, o simplemente oreja y el *conducto auditivo externo*, que lleva al oído medio.

Las orejas son de poca utilidad al hombre para dirigir las ondas sonoras hacia el interior del oído, pero en otros animales como el gato, estos pabellones, por su tamaño o movimiento, son de gran provecho. En la unión del conducto auditivo externo con el oído medio se extiende una membrana fina formada de tejido conectivo, el *tímpano* (fig. 25-5) la cual entra en vibración por la acción del sonido.

El oído medio es una pequeña cavidad, el *martillo*, el *yunque* y el *estribo* (llamados así por su forma), son los que transmiten las ondas sonoras a lo largo del oído medio. El martillo está en contacto con el tímpano y el estribo con otra membrana extendida sobre otro orificio que comunica con el oído interno, la *ventana oval*. El oído medio está en comunicación con la faringe por un tubo angosto, llamado *trompa de Eustaquio*, cuya función es equilibrar las presiones a cada lado de la membrana del tímpano. Si el oído medio estuviese completamente cerrado, toda variación de la presión atmosférica provocaría en la membrana desviaciones que podrían ser dolorosas. En el extremo faríngeo de la trompa de Eustaquio hay una válvula, normalmente cerrada, que evita que el sujeto esté molesto por su propia voz. Esta válvula se abre con la deglución y el bostezo, y durante un ascenso brusco en elevador o avión tales actos evitan la sensación de estallido de tímpanos producida por los cambios de presión atmosférica a diferentes altitudes. Por desgracia, la trompa de Eustaquio también sirve de vía de acceso a microorganismos que a veces producen infecciones causantes de fusión de huesecillos de oído medio con pérdida consecutiva de la audición.

El oído interno consta de un grupo complicado de conductos y cavidades que, con mucha razón, se conocen en conjunto como *laberinto*. La porción del laberinto relacionada con la audición es un tubo arrollado en espiral (el cual da dos vueltas y media) con semejanza a la concha de un caracol y que se llama precisamente por este nombre o por el de *cóclea*. Si el

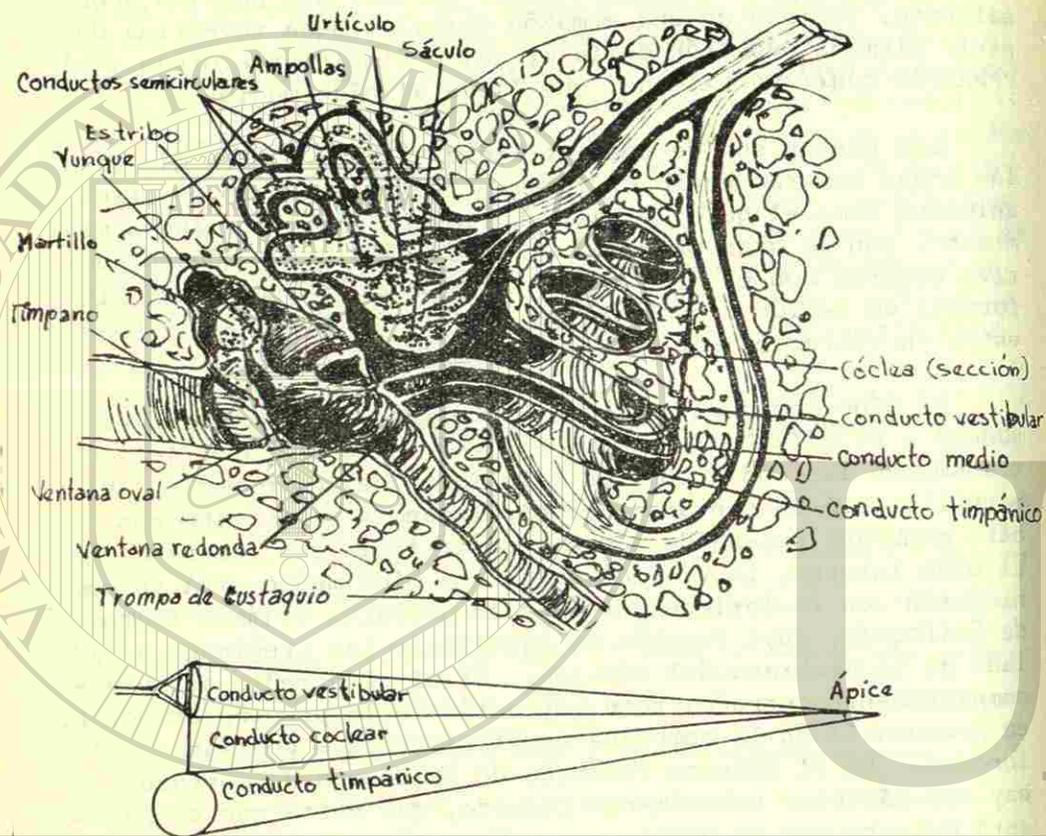
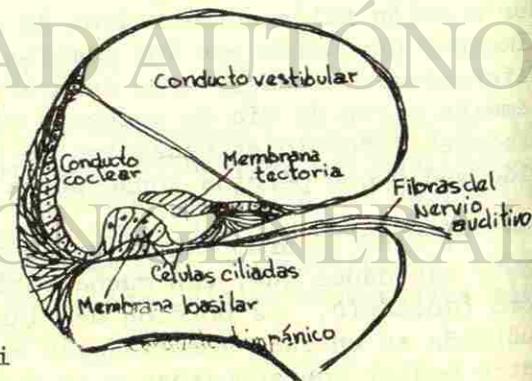


Fig.-25- 5 -Estructura del Oído



Órgano de Corti

caracol no estuviese arrollado, como se presenta en la fig. 25-5, no podría observarse que consta de tres conductos separados respectivamente por membranas delicadas, hasta llegar a un punto de convergencia en el ápice. La ventana oval está aplicada al origen de uno de estos tubos, el conducto vestibular. En la base del conducto timpánico se encuentran otro orificio cubierto de membrana, la ventana redonda, que también se abre en el oído medio. Estos dos conductos comunican en el ápice de la cóclea, y están llenos de un líquido llamado perilinfa. Entre los dos corre un tercero, el conducto coclear, lleno de un líquido llamado endolinfa, y en el que se aloja el verdadero dispositivo de la audición, el órgano de Corti. Este órgano consta de cinco hileras de células con cilios prominentes en toda la extensión de ese trayecto espiral. Cada órgano de Corti contiene unas 24 000. Estas células descansan sobre la membrana basilar, la cual separa la cóclea del conducto timpánico. Por encima de las células ciliadas se extiende otra membrana, el techo o membrana tectoria, adherida por un borde a la que descansan los cilios y con el otro borde libre, las células ciliadas envían impulsos a las fibras del nervio auditivo.

Para poder percibir un sonido, las ondas sonoras deben pasar primero por el conducto auditivo externo y poner en vibración la membrana del tímpano. Estas vibraciones se transmiten a través del oído medio por el martillo, el yunque y el estribo dispuestos de tal manera que reducen la amplitud de las vibraciones, pero aumentan su intensidad. El estribo comunica las vibraciones a la ventana oval y por su intermedio al líquido del conducto vestibular. Como los líquidos son incompresibles, la ventana oval no podría causar movimientos del líquido vestibular si no hubiese una válvula de escape para la presión; este escape está previsto por la presencia de la ventana redonda, al terminar el conducto timpánico. La presión se ejerce sobre las membranas de los tres conductos y causa el abultamiento de la ventana redonda. Se supone que los movimientos de la membrana basilar producidos por estas pulsaciones hacen rozar los cilios del órgano de Corti contra la membrana tectoria, con lo que se estimula y llevan la corriente nerviosa a las dendritas del nervio auditivo, presentes en la base de cada célula ciliada.

Debido a que los sonidos son de tono, timbre e intensidad diferentes, toda teoría de la audición debe tener en cuenta la capacidad para discriminar tales diferencias. El examen microscópico del órgano de Corti revela que las fibras de la membrana basilar son de longitudes distintas a lo largo del trayecto espiral, más largas en el ápice y más cortas en la base, lo que ha podido compararse a las cuerdas de un arpa o de un piano. Las ondas de un determinado tono envían vibraciones de resonancia al líquido de la cóclea, lo que provoca la vibración de una determinada sección de la membrana basilar, con estímulo del grupo de células ciliadas de la misma. De este modo se aprecia la frecuencia, lo que equivale al tono. Con respecto a la intensidad, los sonidos fuertes provocan ondas de resonancia de gran amplitud con estímulo más intenso de los cilios y envío de más impulsos por segundo, lo que se transmite por el nervio auditivo al encéfalo.

Describe el oído humano.

Handwritten notes on lined paper, including the word "UNIVERSIDAD" and a large "U" watermark.

25-6 INTERACCIÓN DE LAS ESPECIES. CADENAS ALIMENTICIAS.

Los biólogos usan el término "cadena alimenticia" para mostrar la naturaleza de las relaciones de la dependencia alimenticia que se encuentra en cualquier tipo de ecosistema. Obtendremos una idea más clara de la relación cadena alimenticia con la fig. 25-6).

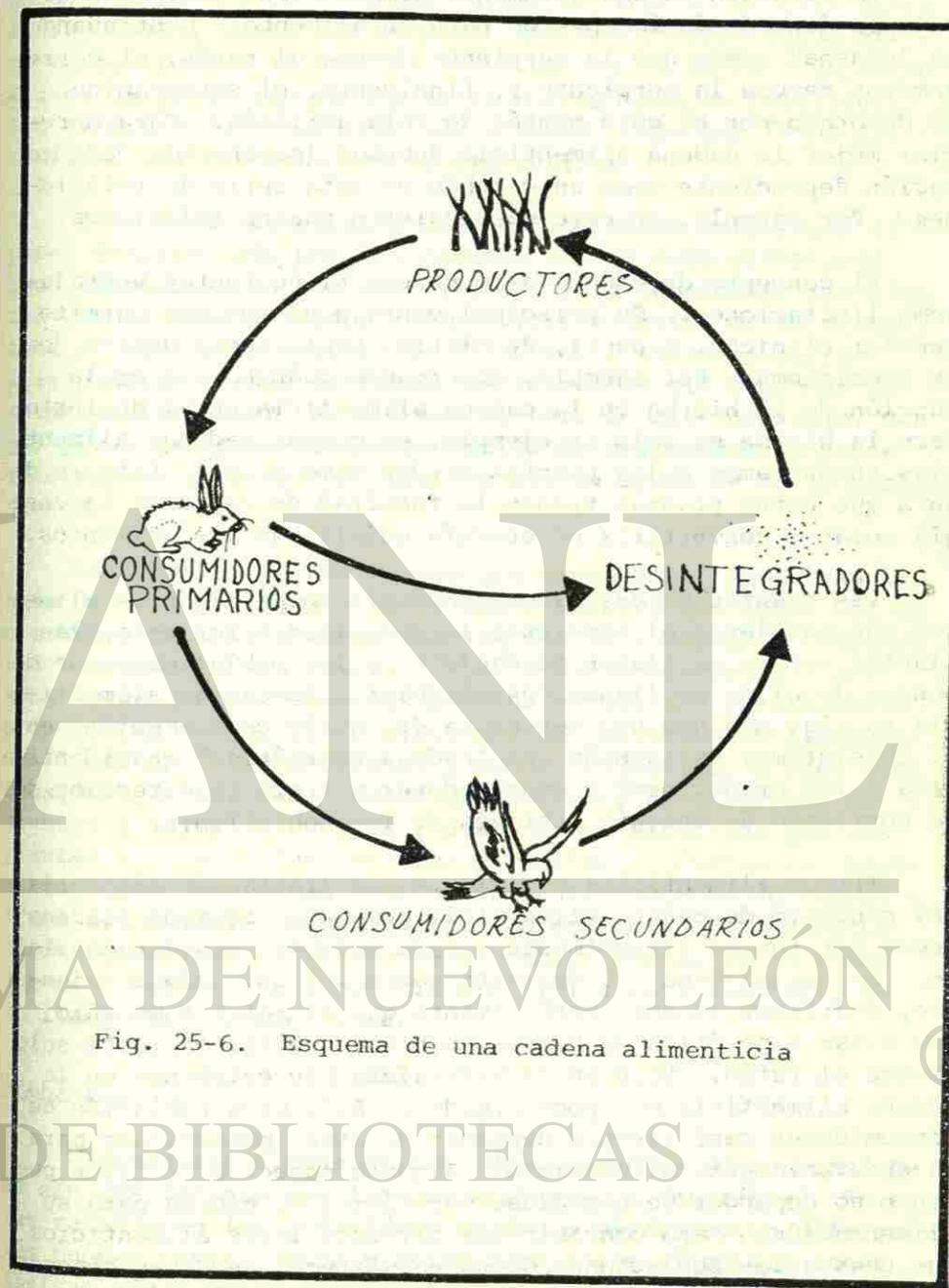


Fig. 25-6. Esquema de una cadena alimenticia

La relación es absolutamente simple. Una población de ratones depende de los pastos para su alimento. Continuando la "cadena" vemos que la serpiente devora al ratón, el correcaminos devora la serpiente y, finalmente, el correcaminos es devorado por el gato montés de cola anillada. Para apreciar mejor la cadena alimenticia debemos imaginarnos cada relación dependiente como un eslabón en esta serie de relaciones. Por ejemplo, en este caso existen cuatro relaciones.

El concepto de cadena alimenticia tiene tantas ventajas como limitaciones. Su principal ventaja es que nos permite señalar el nicho, o papel, de ciertas poblaciones dentro de un ecosistema. Por ejemplo, observamos cuán básica es la función de la hierba en la cadena alimenticia en el desierto. Pero la hierba es solo un ejemplo; en muchas cadenas alimenticias encontramos a las plantas verdes como nicho. Esto se debe a que estas plantas tienen la facultad de capturar la energía solar y convertirla en energía química de los alimentos.

Las plantas verdes al usar energía solar producen alimentos que mantienen al corriente la comunidad. Por esto, las plantas verdes se llaman *productores* y las poblaciones que dependen de ellos se llaman *consumidores*. La cadena alimenticia es algo más que una secuencia de "quién como a quién" en el ecosistema; es también una "cadena energética" que identifica a los productores y consumidores y traza la dirección de la corriente de energía a través de las poblaciones.

Tramas alimenticias y ciclos.- La limitación más seria del concepto de cadena alimenticia es que el término "cadena" puede ser tomado literalmente y cada eslabón considerado rígido. Del ecosistema del desierto hemos seleccionado un ejemplo, podríamos suponer erróneamente que el ratón como sólo una clase específica de hierba, o bien, que la serpiente solo devora al ratón. Pero en la naturaleza hay eslabones en la cadena alimenticia muy poco rígidos. Así, cada población de consumidores casi siempre dependen de otras poblaciones para su abastecimiento alimenticio. Algunas especies de ratón pueden o no depender de una clase específica de hierba para su alimentación. Para concebir los diversos lazos alimenticios que unen a las poblaciones de un ecosistema, se deben conocer *todas* las poblaciones de las que depende la población consumi-

dora. En muchos ecosistemas existe un sistema de relaciones sobrepuestas, mucho más complejo que una simple cadena alimenticia, porque la naturaleza verdadera de la interdependencia de la población es una serie sobrepuesta de relaciones. Los biólogos la consideran más a menudo como una *trama alimenticia* que como una cadena alimenticia.

A lo largo de nuestra explicación hemos enfatizado el papel desarrollado por las plantas verdes como organismos productores. Esto nos podría conducir a considerar las plantas verdes como unidades independientes dentro de un ecosistema en el abastecimiento de alimentos. ¿Esto es cierto? ¿Las plantas verdes obtienen sus alimentos sin depender de otras poblaciones? Recordemos el tema de este capítulo. Con muy pocas excepciones una población de organismos no puede resolver estos problemas básicos sin la ayuda de otras poblaciones.

Las plantas verdes *no* son una excepción. Necesitan bióxido de carbono, agua y elementos minerales que toman del medio ambiente. Esta necesidad las mantiene unidas a otras poblaciones de su ecosistema. ¿Qué otras poblaciones? Las sustancias que absorben las plantas verdes son parcialmente proporcionadas por las poblaciones de consumidores llamadas *destructores*. Son bacterias y mohos invisibles, o poco visibles, del ecosistema. Estos destructores se alimentan de plantas y animales muertos y descomponen minerales que las plantas verdes pueden absorber y utilizar. Cuando los organismos destructores son incluidos en el concepto de cadena y trama alimenticia, comprendemos que en realidad no existen un extremo final en la cadena o trama. Por lo tanto vemos que se trata de una secuencia sin fin; a esta secuencia se le llama *ciclo alimenticio*.

Simbiosis.

Ciertas relaciones de dependencia dentro de un ecosistema son más íntimas que las que acabamos de describir. En estas relaciones los individuos de dos o más especies diferentes pueden vivir juntos y establecer entre sí asociaciones físicas más o menos permanentes. A este tipo de relaciones

se les ha dado el nombre de *simbiosis*, que significa literalmente "viviendo juntos". Los biólogos tienden a clasificar este amplio grupo de relaciones simbióticas en tres modelos.

Comensalismo. - En el primer tipo de relaciones simbióticas, llamado *comensalismo*, uno de los individuos es el beneficiario en la asociación mientras que el otro parece no ser afectado. Un ejemplo de relación comensal es fácil encontrarlo en los ecosistemas de bosques tropicales y subtropicales, donde varios tipos de plantas llamadas *epífitas* viven sobre los troncos y ramas de los árboles. Así, las epífitas se benefician de la mayor exposición de luz solar. Sin embargo, no absorben agua ni sustancias nutritivas del interior del árbol. En cambio, absorben el agua del aire húmedo del medio, y las sales minerales las toma del polvo disuelto en el agua, así, el árbol, relativamente, no resulta afectado con esta relación.

Entre los animales también se pueden encontrar varios ejemplos de comensalismo, como los animales marinos. El tiburón puede ser el aliado natural en dos relaciones simbióticas.

Mutualismo. - En la segunda clasificación de las relaciones simbióticas todos los individuos obtienen algún beneficio en la estrecha asociación establecida. Esto se llama *mutualismo*. Los líquenes son una comunidad entre ciertos hongos y algas que viven juntos. Esta comunidad exhibe el mutualismo. Con la población de algas, que producen el alimento, los líquenes han invadido medios inverosímiles, como por ejemplo rocas. Los biólogos no están todavía seguros de todos los beneficios que obtienen la población de las algas; sólo dos de ellos han quedado bien demostrados. La población de hongos absorben el agua y las sales minerales a través de sus cadenas de células filamentosas y luego son transferidas a la población de hongos, absorben el agua y las sales minerales a través de sus cadenas de células filamentosas y luego son transferidas a la población de las algas. El otro beneficio es de protección, principalmente de la luz solar intensa a la cual están expuestas las algas.

Hay otras relaciones mutualistas que son menos visibles que la presentada por los líquenes. Por ejemplo, todo animal con su aparato digestivo bien desarrollado normalmente tiene un buen nicho útil, que puede servir como morada para varias poblaciones diferentes de microorganismos. Muchas de estas poblaciones residen en el intestino del animal. Aunque los investigadores apenas comienzan a establecer el nicho adecuado de cada población, ya hay un hecho general bien definido. Muchas de las poblaciones microbiológicas han establecido relaciones de mutualismo dentro de los animales. A cambio de su "hospedaje" y abastecimiento de alimentos, algunos microbios mutualistas pueden proporcionar ayuda en el proceso de digestión alimenticia. Otros pueden elaborar vitaminas esenciales u otros compuestos químicos que no puede elaborar el huésped.

Parasitismo. - En el tercer tipo general de las relaciones simbióticas uno de los individuos, el *parásito*, vive a expensas del otro, llamado huésped, por lo general perjudicándolo. Esta clase de relación llamada *parasitismo* es muy común. Es difícil afirmar que exista algún organismo multicelular, en una comunidad natural, que no sea huésped de una o más especies de parásitos.

Los parásitos son las poblaciones más dependientes dentro de cualquier ecosistema. Ellos dependen de su huésped para la mayoría de sus necesidades básicas. El huésped es una fuente de alimentos y protección, y a menudo pueden unirse, si es necesario, al ciclo reproductivo de los parásitos.

Todos los animales parásitos se clasifican en dos categorías considerando el lugar donde habitan: los que están fuera y los que están en el interior del huésped. Los que viven fuera del huésped se llaman *ectoparásitos*. Estos, generalmente son los más independientes de todos; muchos están capacitados para caminar, volar o nadar de un huésped a otro. Como ejemplo de ectoparásitos tenemos las sanguijuelas, pulgas, piojos, ácaros y garrapatas; otra categoría de animales parásitos la forma los *endoparásitos*. Viven en el interior de sus huéspedes y, en general, dependen mucho más de ellos para

satisfacer sus necesidades. Son numerosos los ejemplos. El hombre puede ser huésped de un número de diversas poblaciones endoparásitas como bacterias, solitarias, duelas, quistes, nematelmintos y hongos.

a).- Explica qué es una cadena alimenticia y da ejemplos de cadenas alimenticias (mínimo 3).

b).- ¿Qué es la Simbiosis?

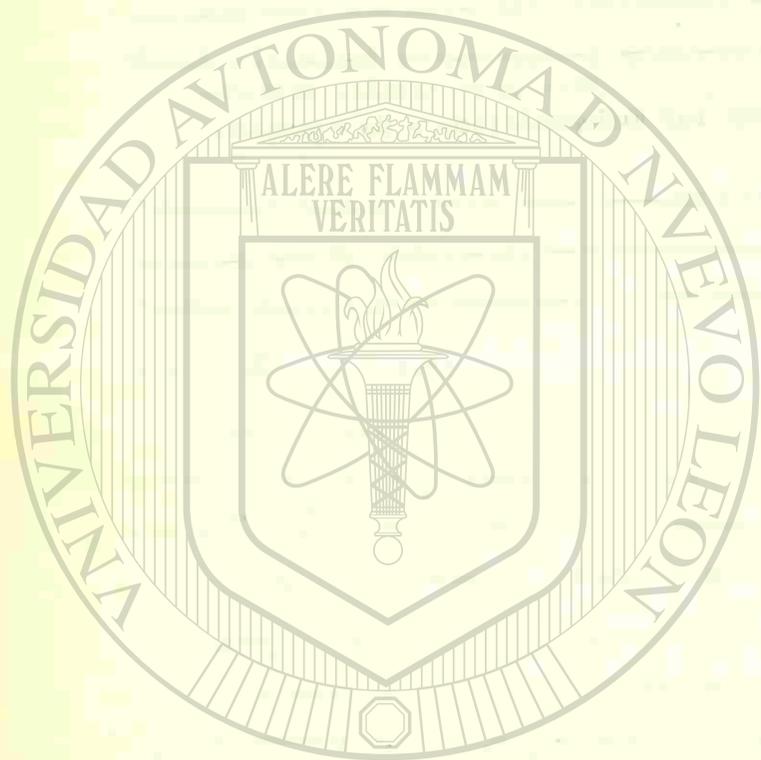
1) Explica lo que es comensalismo y da un ejemplo.

2) Explica qué es mutualismo y da ejemplos.

3) Explica qué es parasitismo y da ejemplos.

c).- Qué entiendes por Ectoparásitos y da ejemplos.

d).- Explica lo que son los Endoparásitos y da ejemplos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3er. SEMESTRE.

ÁREA I.

UNIDAD XIV.

EL HOMBRE PRIMITIVO.

INTRODUCCIÓN.

Hace poco más de un siglo que Carlos Darwin formuló en 1859 la revolucionaria idea de que el hombre como todo ser viviente, es el producto de un proceso evolutivo. Pero el hombre no solamente ha evolucionado, sino que sigue evolucionando. La evolución humana no es cosa del pasado, también es un hecho actual y un motivo de preocupación para el futuro. El problema del daño que puede padecer la estructura genética de los hombres expuestos a la radiación, incluso los que resultan de la lluvia radiactiva de las pruebas de armas atómicas, ha sido motivo de preocupación popular en años recientes.

OBJETIVOS.

Al terminar esta unidad serás capaz de:

- 1.- Describir las características del Australopithecus africanus descubierto en 1924 por Raymond Dart.
- 2.- Mencionar las diferencias entre Australopithecus, gorila y el hombre actual.
- 3.- Describir las características del hombre-simio y Paranthropus.
- 4.- Mencionar las diferencias entre Australopithecus y Paranthropus.

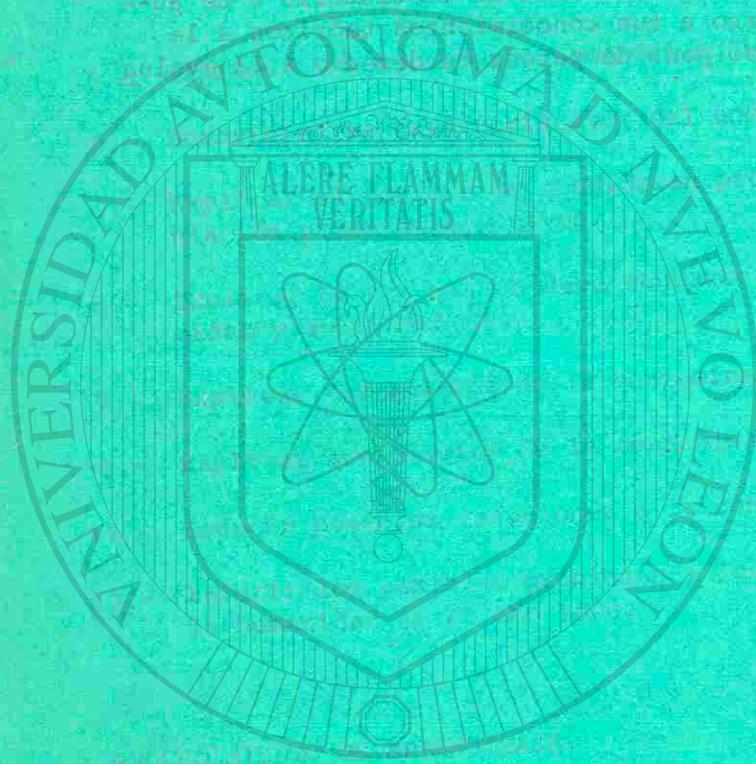
- 5.- Explicar las características del hombre Neanderthal.
- 6.- Describir las características del hombre Cro-magnón.
- 7.- Explicar el por qué se consideran problemas la sobrepoblación y los monocultivos.
- 8.- Explicar el por qué no debe abusarse del uso de insecticidas y antibióticos.
- 9.- Explicar los efectos de la contaminación del agua.
- 10.- Explicar los efectos de la contaminación del aire.
- 11.- Deducir posibles soluciones a la contaminación.
- 12.- Inferir los posibles problemas a los que se enfrentará la humanidad en el año 2000.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 26 y 27 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto de los capítulos 26 y 27; la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación semanal.



CAPÍTULO XXVI

EL HOMBRE PRIMITIVO.

Aunque Carlos Darwin en *El Origen de las Especies* (1859) no mencionó la evolución del hombre, tenía un claro concepto de esta cuestión. Su tesis era que las especies animales contemporáneas son resultado de la evolución a partir de otras que vivieron en el pasado; y puesto que el hombre es una especie animal, también él debía de haber evolucionado. En esa obra, Darwin se limitó, pues, a expresar que, de acuerdo con su hipótesis evolutiva, era necesario aclarar lo relativo al origen del hombre y su historia.

26-1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Fue en 1856 cuando se encontró un cráneo excepcional en el valle del Río Neander en Alemania, conocido como el cráneo de Neanderthal (*Thal* en alemán significa valle). El cráneo, incompleto, más o menos parecido al del hombre moderno, tenía sin embargo, los huesos de la parte superior muy gruesos, los dientes muy grandes, y arcadas supraorbitarias muy gruesas y salientes. Hubo variadas opiniones acerca del origen de dicho cráneo, de apariencia algo brutal. Virchow médico alemán, y otros anatomistas afirmaban que era anormal, patológico, y aún hubo quien sugirió que había pertenecido a un soldado ruso o a un celta de la antigüedad.

Sólo años más tarde se llegó a comprender el verdadero significado del cráneo de Neanderthal. Lejos de ser una monstruosidad, pertenecía realmente a una raza que había vivido a fines del Pleistoceno o Edad de los Glaciares. Se hicieron esfuerzos por determinar cuál pudiera haber sido la verdadera

apariencia del hombre Neanderthal; para ello se hizo un molde del cráneo, añadiendo yeso para representar los músculos y la piel. Puede pensarse que ésta era una tarea imposible, pero no es así; los músculos de la cabeza humana son bien conocidos, y un anatomista hábil puede determinar, de acuerdo con las protuberancias y asperezas de los huesos, no sólo los puntos de inserción, sino también el tamaño de los músculos. Palpando cada uno su propio cráneo puede notar lo delgadas que son las capas musculares y la piel. Lo mismo ocurre en todos los mamíferos. De este modo, el cráneo de Neanderthal, con una capa de músculos, piel y pelo dio resultado que se observa en la Fig. 26-1, que posiblemente no difiere mucho de la realidad.

Darwin y otros científicos de su época no entendieron el significado de aquel extraño cráneo del valle de Neander. No disponiendo, pues, de fósiles para tratar de comprender el pasado del hombre, recurrió a otros métodos, y sus resultados fueron dados a conocer en 1871 en el libro titulado *El Origen del Hombre*. La deducción básica que Darwin obtuvo de su hipótesis, es que todos los miembros de un grupo taxonómico tienen un antepasado común; y que por lo tanto el hombre pertenece al género *Homo*, familia *Hominidae*, orden de los *Primates*, clase *Mammalia*, phylum de los *Chordata*, dentro del Reino *Animal*.

O sea que el lugar del hombre en la naturaleza fue dado por su posición en el esquema de clasificación. Pero, ¿era correcto tal esquema?. Conviene analizarlo, ya que el hombre fue clasificado mucho antes de que los zoólogos pensarán en términos evolucionistas.

¿Es el hombre en realidad un cordado? Los biólogos ya habían descubierto que, en su etapa embrionaria, el hombre posee una cuerda dorsal o notocordio, aberturas branquiales en la región faríngea, y que durante toda su vida tiene un tubo nervioso dorsal. Y éstas son las tres características diagnósticas de los cordados. Cualquier animal que las posee es, por definición, un cordado.

¿Es el hombre un mamífero? Desde luego sabemos que tiene vello y pelo, que sus hijos nutren mediante las glándulas mamarias de la madre, sus glóbulos rojos carecen de núcleo, y su diafragma se extiende al través de la cavidad del cuerpo, entre pecho y abdomen. En estos y muchos otros caracteres, el hombre llena los requisitos para ser un mamífero. Por lo tanto, los antepasados del hombre deben haber compartido la evolución de los mamíferos. Los predecesores más primitivos conocidos en el phylum *Chordata* se remontan a los prepeces del grupo de los ostracodemos de hace poco más o menos 500 millones de años. Desde entonces lentamente, la línea evolutiva pasó por las etapas de peces más avanzados, anfibios y reptiles primitivos que gradualmente perdieron sus características peculiares y evolucionaron hacia el tipo de los mamíferos.

Linneo no vaciló en incluir el hombre en el orden *Primates*; y ello fue un siglo antes de Darwin y su libro *El Origen del Hombre*. Linneo clasificó los organismos sobre la base de sus semejanzas estructurales, y opinaba por tanto que el hombre tenía más semejanza con los monos, antropoides y demás primates, que con cualquier otro grupo de mamíferos.

Debemos recordar de nuevo que los biólogos de la época de Darwin, interesados en la historia del pasado del hombre, carecían de fósiles para realizar tal estudio. Lo mejor que podían hacer era examinar los primates vivos con la esperanza de, con ello, lograr esclarecer algo más apasionante de todos los problemas biológicos. El orden *Primates* es muy amplio e incluye muchas familias, géneros y especies diferentes. La mayoría de los caracteres utilizados para definir este orden se refieren a detalles de la estructura ósea y de los dientes, pero algunos son más generales, y deben ser mencionados. Así, tenemos que sus extremidades, manos y pies son algo primitivas. Esta afirmación puede, en el primer momento, causar sorpresa, pero si lo examinamos con cuidado veremos que la mano, con cinco dedos unidos a una palma, tiene la misma estructura básica que la que se observa en los primeros anfibios que invadieron la tierra; y resulta poco especializada si se compara con la "mano" (ala) de un pájaro, la "mano" (ala) de un murciélago, la "mano" (aleta) de una ballena, o la "mano" de un caballo, tan modificada en el curso de la evolución que ahora tiene un solo dedo.

Esta mano *primitiva* del hombre ha sido uno de los factores principales del logro de sus realizaciones. Más adelante aprenderemos que uno de los acontecimientos claves en la evolución del hombre tuvo lugar cuando empezó a utilizar instrumentos que logró fabricar.

Otras características de los primates son la posesión de dos clavículas y molares primitivos. En ambas extremidades, los dedos de pies y manos terminan en uñas en vez de garras o cascos. En lo que se refiere a órganos de los sentidos, los ojos son cada vez más importantes en los primates superiores, en tanto que, simultáneamente, el órgano del olfato y las regiones respectivas del cerebro están menos desarrolladas. Todo ello se traduce en un cambio de la forma craneal: la región nasal se acorta, tiene menos hocico, lo que da a los primates y sobre todo a los más evolucionados un tipo de cara plana y casi humana. Por último (y no menos importante) los primates se caracterizan por tener cerebros muy grandes en proporción con su tamaño. Por ejemplo, el cerebro de una ballena es solamente alrededor de 0.01 por ciento de su peso total, mientras que en el hombre es de 2.00 por ciento. Sin querer aminorar el valor de esta comparación es mayor en el mono capuchino: 15.00 por ciento!

A medida que los biólogos ampliaban sus estudios comparativos entre los primates y el hombre, encontraron más semejanzas entre unos y otros; son desde luego menos respecto a los primates inferiores; pero en el caso del gorila y el chimpancé resultan mucho más notables. Por ejemplo, recientemente se ha comprobado que la hemoglobina del hombre y la del gorila difieren en un solo aminoácido entre los varios centenares que tienen.

La única conclusión biológica razonable a que se puede llegar con toda esta información, es que hace muchísimo tiempo el hombre debió de haber compartido un antepasado común con todos los primates, o en época algo menos remota, con las especies más evolucionadas.

Vamos, pues, a examinar estas últimas con más atención. El gorila y el chimpancé se asemejan tanto al hombre en su estructura general, que las diferencias resultan triviales. En los otros dos grandes simios, el orangután y el gibón, el parentesco con el hombre parece menos cercano. Estas observaciones sugieren la hipótesis de que los parientes más próximos al hombre —aunque no en línea directa sino colateral— en el mundo viviente, son el gorila y el chimpancé. De ser así, las tres especies debieron tener un antepasado común, no tan remoto que deba descartarse la esperanza de encontrar fósiles que revelen algunas de sus relaciones evolutivas.

Explique las semejanzas entre el hombre y los grandes simios.

26-2 LOS MAMÍFEROS PRIMITIVOS Y LOS PRIMEROS PRIMATES.

Mucho antes de que desaparecieran los dinosaurios de la superficie de la Tierra, los antepasados de los mamíferos estaban ya evolucionando a partir de otros reptiles. Muy pronto, una línea de insectívoros (musarañas) que conocemos hoy solamente por sus fósiles, adoptaron vida arborícola.

De ellos, a la vez que los dermópteros y quirópteros, evolucionaron los primeros primates; éstos tenían cierto parecido con las musarañas actuales, y cabe suponer, por lo tanto, que tenían olfato muy sensible, oído que distinguía claramente entre sonidos de tonos diversos, y un sentido de equilibrio suficientemente bueno. La vida en los árboles debió de estimular, por selección, la evolución progresiva de los sen-

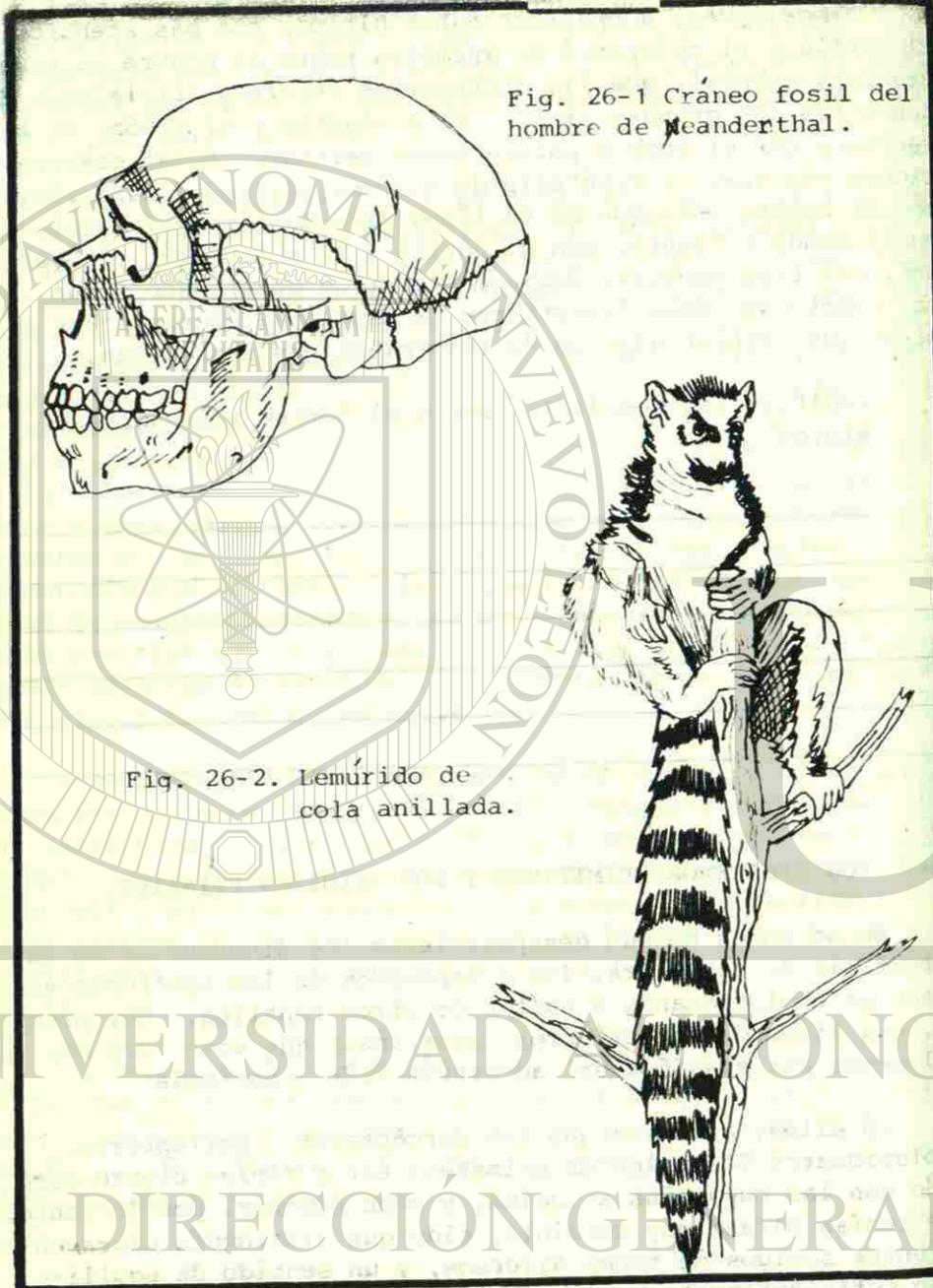


Fig. 26-1 Cráneo fosil del hombre de Neanderthal.

Fig. 26-2. Lemurido de cola anillada.

tidos de la vista y el oído, y la regresiva del olfato. En cambio/los animales que se adaptaron a vivir sobre la tierra se han desarrollado más del olfato que de la vista, especialmente si viven en la maleza o en los bosques.

De las antiguas musarañas arborícolas derivaron los lemúridos, la mayoría de los cuales siguió poseyendo pies y manos con garras, pero menos especializados. Se supone que tenían cola con mucho pelo, y que les era muy útil para balancearse cuando brincaban de rama en rama del mismo modo como hacen las ardillas. Conocemos estos datos por la estrecha semejanza que hay entre los esqueletos de los lemúridos fósiles y los que aún viven (fig. 26-2) en Madagascar.

Los fósiles de distintos descendientes de las antiguas musarañas arborícolas tienen hocico más corto y los ojos más grandes, lo que demuestra un progreso evolutivo más notable en la visión y menor en el olfato. Esta línea de descendencia se observa en dos especies de lemures originarios de la India, que se orientan hacia el grupo de los társidos. El cambio de posición de los ojos de los lados de la cabeza hacia la parte frontal, es de mucha importancia, pues implica la posibilidad de ver los objetos simultáneamente con los dos ojos, se superponen de tal manera que el cerebro puede apreciar correctamente la tercera dimensión, o sea la cercanía o distancia relativa de los objetos.

La evolución hacia la visión estereoscópica dio a los társidos una ventaja considerable, ayudándolos a calcular distancias al brincar de rama en rama o de un árbol a otro. A pesar de ello la mayor parte de los társidos se extinguió, y quedó solamente una especie que vive en las Indias Orientales; poca cosa en comparación con los centenares de fósiles de társidos del Eoceno.

Otros descendientes de las musarañas arborícolas llegaron a especializarse en nuevas direcciones, hace unos 36 millones de años, cuando empezó el Oligoceno: presenta el hocico también reducido y la visión binocular. Sus dedos, en manos y pies, tienen uñas. Algunos fueron los antepasados de los tíes actuales y de los monos del Nuevo Mundo, con co-

la prensil. Otros evolucionaban hacia el género humano y hacia los monos del Viejo Mundo, con colas delgadas o cortas. Cada grupo fue diferenciándose más y más hasta dar por resultado a los más próximos antecesores del mono capuchino, por un lado, y del mono *Rhesus* de la India, por el otro. Ambos grupos desarrollaron patas con garras, visión tridimensional y extremidades anteriores fuertemente musculadas, muy eficaces tanto para el salto de rama en rama, como para la marcha en cuatro patas. Ambos tipos de monos modernos muestran disminución en su poder olfativo y tienen también más voluminoso el cerebro.

Explique la importancia de la visión estereoscópica en la evolución de los primates.

26-3 EL CAMINO HACIA EL HOMBRE Y LOS ANTROPOIDES.

Evidentemente, el desconocido e hipotético antepasado común de hombres y simios debe buscarse en las etapas geológicas posteriores al Oligoceno al que acabamos de referirnos (fig. 26-3). La época anterior al Pleistoceno se conoce con el nombre de Plioceno, y tuvo una duración aproximada de 10 millones de años. Debió de ser un período de grandes cambios evolutivos entre los prehomínidos. Pero desgraciadamente casi no se han encontrado fósiles de primates en las capas sedimentarias de esa época.

CUADRO SINÉTICO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PRIMATES.

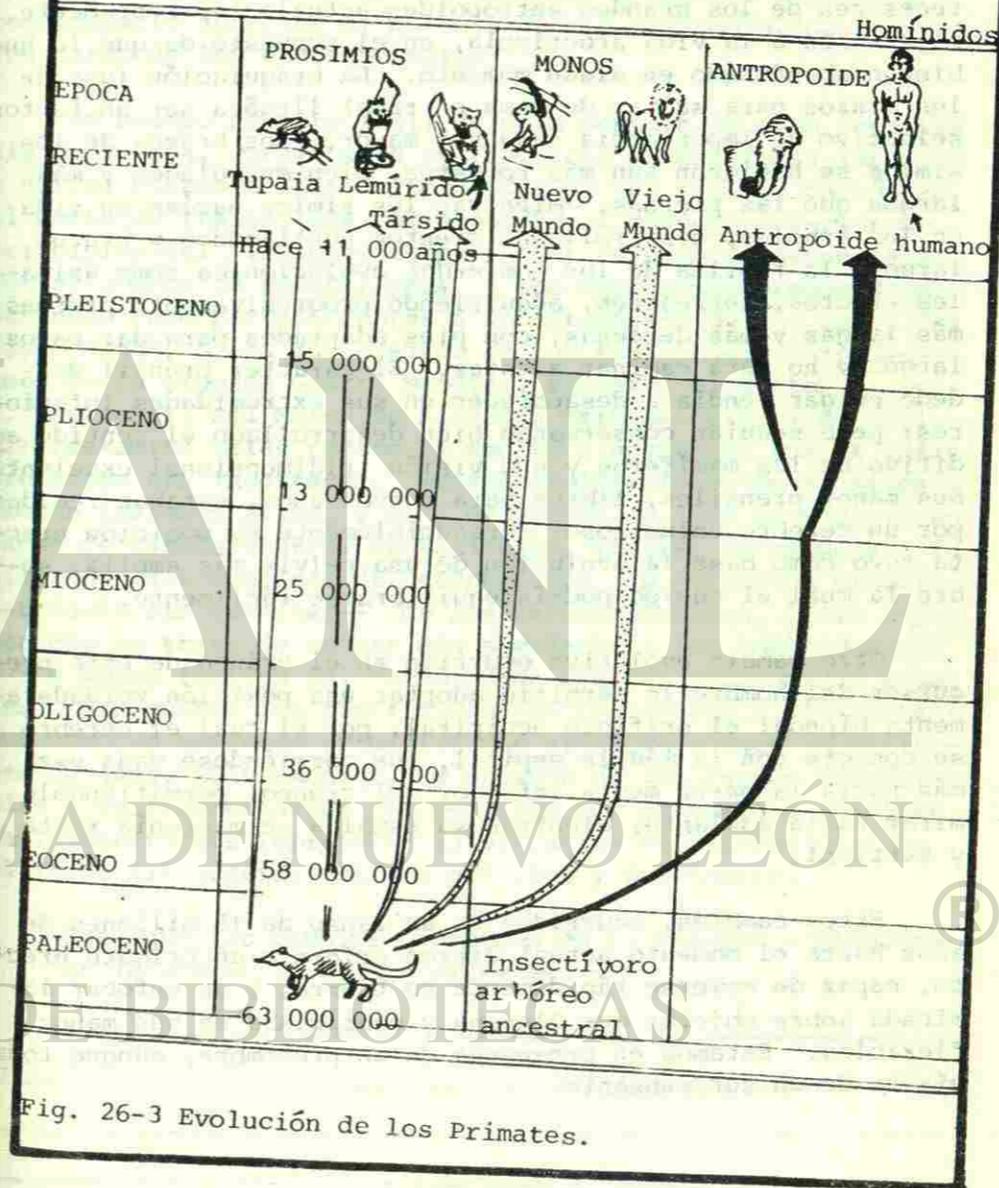


Fig. 26-3 Evolución de los Primates.

El Mioceno, que precedió al plioceno, no ha proporcionado restos que se asemejen en lo más mínimo al hombre moderno; pero fue desde luego en ese período, hace más de 15 millones de años, cuando los antepasados de los simios y del hombre iniciaron su evolución divergente partiendo de primates terrestres que empezaron a caminar en posición erecta. Los antecesores de los grandes antropoides actuales aparentemente regresaron a la vida arborícola, en el supuesto de que la hubieran abandonado en algún momento. La braquiación (uso de los brazos para saltar de rama en rama) llegó a ser un factor selectivo de importancia cada vez mayor. Los brazos de los simios se hicieron aún más robustos, bien musculados y más largos que las piernas. Mientras los simios hacían su vida en los árboles, desarrollando dientes puntiagudos y brazos largos, la familia de los homínidos evolucionaba como animales erectos, terrestres, adquiriendo progresivamente piernas más largas y más derechas, con pies adaptados para dar pasos largos y no para caminar a gatas. El carácter prensil del dedo pulgar tendía a desaparecer en sus extremidades inferiores; pero seguían conservando bien desarrollado el sentido auditivo de los mamíferos y una visión tridimensional excelente. Sus manos prensiles, libres para nuevos usos, estaban regidas por un cerebro voluminoso. Presumiblemente su posición erecta tuvo como base la evolución de una pelvis más amplia, sobre la cual el cuerpo podría equilibrarse fácilmente.

Otro cambio evolutivo ocurrido en el cráneo de este precursor del hombre le permitió adoptar una posición verdaderamente bípeda: el orificio occipital, por el cual el cerebro se conecta con la médula espinal, fue corriéndose cada vez más hacia la parte media inferior del cráneo, permitiéndole mirar hacia adelante, mientras su espalda se mantenía recta y vertical.

Estos cambios, ocurridos en un lapso de 15 millones de años hasta el momento actual, dieron origen a un primate erecto, capaz de moverse rápidamente en tierra, y de enfocar la mirada sobre objetos que llevaba y manipulaba en sus manos flexibles. Estamos en presencia de un prehombré, aunque todavía no de un ser pensante.

La fig. 26-3, muestra una sinopsis del proceso evolutivo de los primates. Es importante mencionar dos restos fósiles correspondientes a este período geológico (Mioceno). Uno de estos fósiles, llamado *Proconsul* (Fig. 26-4), es designado por algunos paleontólogos como antepasado de los antropoides; pero otros insisten en que es bastante primitivo para poder considerarlo anterior al momento en que los homínidos se diferenciaron de los otros primates.

En cuanto al otro fósil de este período de gran importancia evolutiva, consiste en un fragmento de mandíbula inferior y varias piezas dentarias recogidas en una mina de carbón en el norte de Italia, que corresponden al Mioceno superior u principios del Plioceno; estos restos se conocen desde 1875 con el nombre de *Oreopithecus*, y son casi considerados desde entonces como pertenecientes a un antepasado de los monos del Viejo Mundo, o sea muy alejado de los homínidos. Pero después de la segunda Guerra Mundial, en 1949, el doctor J. Huerzeler, del Museo de Historia Natural de Basilea (Suiza) reexaminó tales restos, y empezó a sospechar que la interpretación era incorrecta. Nuevas exploraciones en la misma región tuvieron éxito, y el 2 de agosto de 1958 se recogió en capas de carbón mineral de Bacinello, Italia, un esqueleto fosilizado casi completo de *Oreopithecus*. Un cuidadoso estudio —todavía sin terminar— de sus características, llevó a pensar que se trata de un ser más semejante a los homínidos que a los monos fósiles del Viejo Mundo o a los antropoides actuales. Son muchos los científicos que consideran a *Oreopithecus* como un homínido primitivo que vivió hace unos 15 millones de años. Sin embargo, la escasez de los restos disponibles y su fragmentación, no permiten por el momento resolver la incógnita que representa la situación de *Oreopithecus* en el árbol filogenético de los primates y del hombre.

Explique los cambios ocurridos en el mioceno y plioceno en la evolución de los primates.

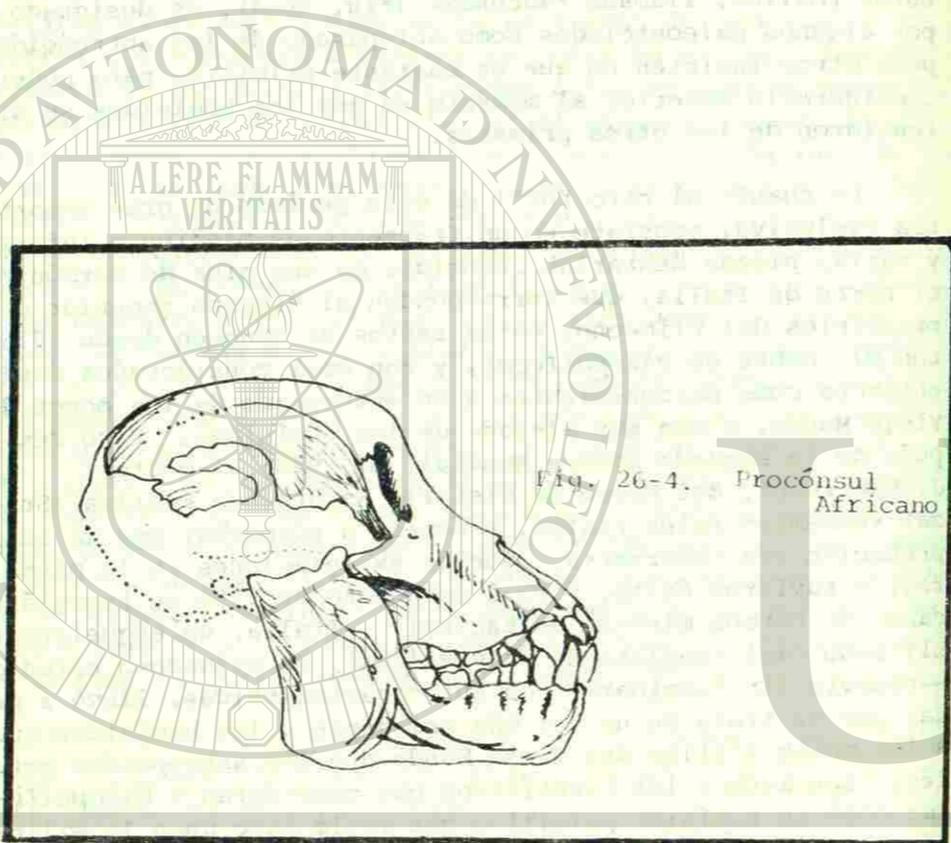


Fig. 26-4. Procónsul Africano

26-4 LOS AUSTRALOPITECOS.

Fue en 1924 cuando el Profesor Raymond Dart descubrió un cráneo y una mandíbula en la localidad de Taungs, Africa del Sur, que pertenecían a un ser infantil, y por sus características primitivas, así como por el lugar del hallazgo, lo denominó *Australopithecus*, o sea "mono del hemisferio austral". Pero no fue el único hallazgo; un día de junio de 1938, el niño Gert Terblanche estaba sentado en la clase de su escuela rural cerca de Kromdraai, África del Sur; mientras esperaba a la maestra, se entretenía jugando con "cuatro de los más bellos dientes fósiles jamás encontrados". A martillazos los había arrancado de una roca en la granja de su padre; regaló uno de los dientes al capataz, señor Barlow, el cual creyó conveniente dar aviso al gran paleontólogo Roberto Broom.

De este modo Gert fue presentado a tan eminente sabio, el cual pasó la tarde contándole muchas cosas fascinantes acerca de los hombres fósiles, dándole así a entender la importancia científica que tenían tales dientes. Cuando terminó la clase, Gert acompañó al paleontólogo hasta la colina para buscar más fósiles. Juntos desenterraron muchos dientes, la parte derecha de una mandíbula inferior y la mayor parte del lado izquierdo de un cráneo fósil. Estos restos, bien conservados, aumentaron grandemente el conocimiento incompleto que se tenía de los australopitecos. ®

Desde entonces, R. Broom y Raymond Dart reunieron muchos otros restos pertenecientes a un centenar de individuos de este grupo. Es interesante saber que algunos de estos australopitecos sobrevivieron hasta ser contemporáneos de otros homínidos más evolucionados, como el hombre de Java, de que hablaremos más tarde.

Aparte de los rasgos de la mandíbula inferior y de los dientes, los cráneos de los australopitecos (fig. 26-5) se asemejan a los de los simios modernos. Sin embargo, sus mandíbulas no sobresalen tanto, y la parte posterior del cráneo tiene relieves y protuberancias más reducidos para la inserción de los músculos. En el cráneo de los australopitecos el orificio occipital, al través del cual se unen el cerebro y la médula espinal, está más hacia adelante que los antropoides, pero menos que en el hombre.

También los dientes y las mandíbulas se asemejan más a los de los humanos que a los de los simios. Igualmente las cinco cinturas pélvicas encontradas hasta la fecha tienen forma de cubeta más amplia que en los monos, y ello se interpreta como prueba de que los australopitecos caminaban en posición erecta.

Desde 1959 el doctor L.S.B. Leakey y su esposa descubrieron numerosos restos fósiles en la cañada de Olduvai, situada en Tangañika o Tanzania (África Oriental); principalmente a un cráneo muy bien conservado cuyas características corresponden al tipo que hemos llamado australopiteco; dicho ser vivió un millón de años antes de que la primera gran glaciación se corriera hacia el sur cubriendo grandes zonas en Norteamérica y Eurasia. Poseía dientes muy semejantes a los del hombre actual, y es posible que tuviera una dieta variada, incluyendo animales que cazara. Los esposos Leakey le dieron el nombre de *Zinjanthropus*.

Además de este tipo, fueron recogidos en la misma localidad y por los mismos investigadores, otros restos fósiles que supusieron más estrechamente relacionados con el hombre moderno; se les designó como *Homo habilis*, pero su lugar taxonómico es todavía motivo de grandes controversias.

Los mismos investigadores recogieron también algunos de los utensilios de piedra más primitivos fabricados por estos seres; todo este material está siendo cuidadosamente estudiado para determinar su importancia para el conocimiento del pasado del hombre. La existencia de tales utensilios hace sospechar que quienes los fabricaron y utilizaron poseían ya

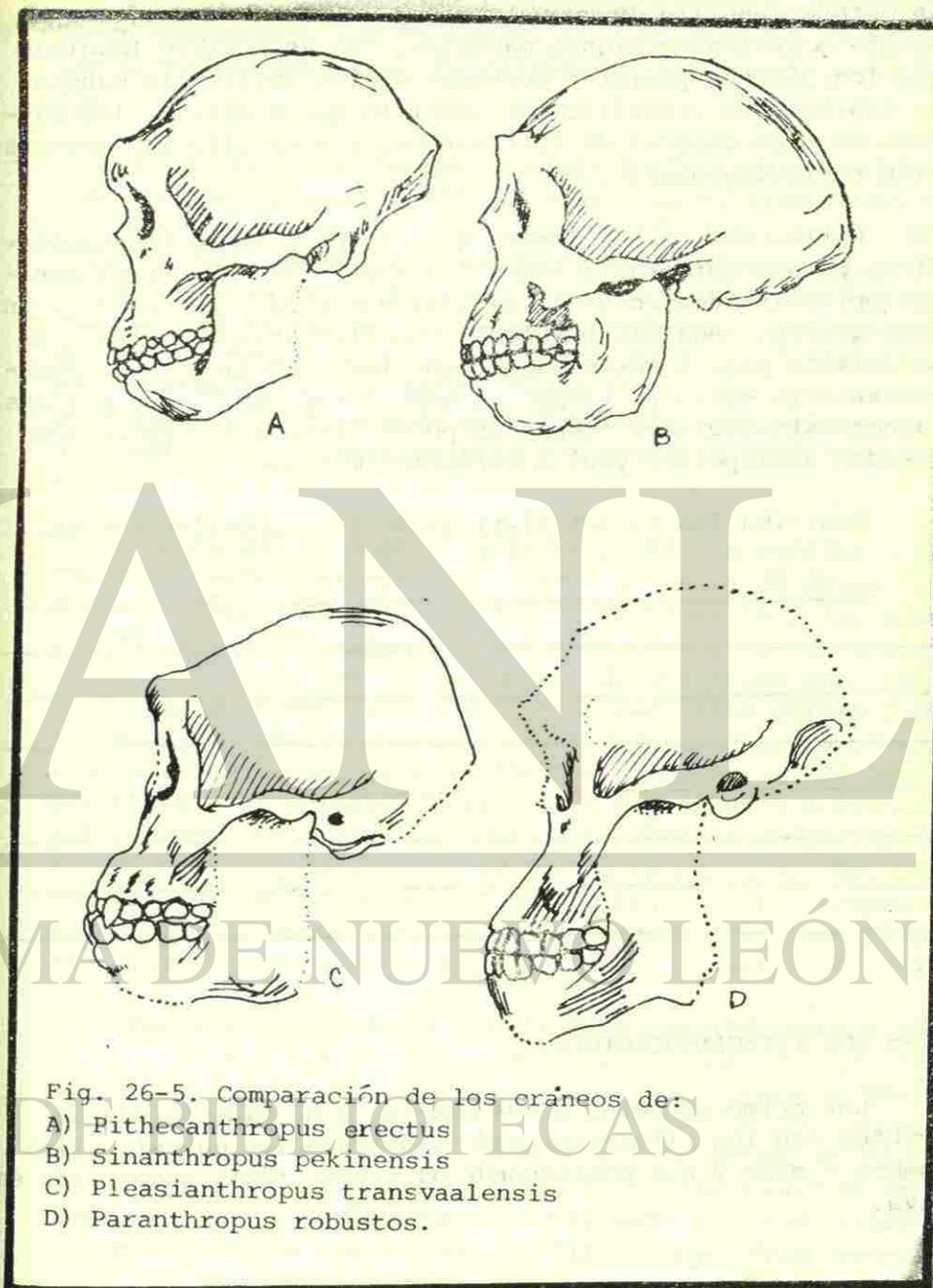


Fig. 26-5. Comparación de los cráneos de:
 A) *Pithecanthropus erectus*
 B) *Sinanthropus pekinensis*
 C) *Pleasiantropus transvaalensis*
 D) *Paranthropus robustus*.

un método sencillo de comunicación, quizá un lenguaje muy simple o inclusive signos manuales. No es posible imaginar que los jóvenes pudieran aprender de los adultos la manera de fabricar un utensilio por sencillo que fuera, si los padres no eran capaces de instruirlos, y para ello la comunicación es indispensable.

Parece que se ha llegado a un acuerdo entre los científicos para considerar a todos los restos de esta etapa australopitecina dentro de la familia Hominidae, reunidos en un solo género. *Australopithecus*, con distintas especies. Es suficiente para nosotros saber que los australopitecos fueron anteriores en el tiempo al hombre moderno, y que por sus rasgos estructurales ocupan un puesto intermedio entre los grandes antropoides y el hombre contemporáneo.

Describe las características de los *Australopithecus*.

26-5 LOS PITECANTROPOIDES.

Los primeros seres a los cuales se ha clasificado de *hombres* son los pitecantropoides, designación que significa hombre - mono y que corresponde al primer fósil encontrado en Java.

El anatomista holandés Eugenio Dubois pensó que las capas geológicas sedimentarias próximas a Trinil, Java (una isla de Indonesia), que contenían fósiles animales, serían lugar favorable para buscar testimonios del hombre prehistórico.

El terreno que quería examinar había sido depositado por los volcanes hacía unos 500,000 años. En el transcurso de dos períodos de excavación a orillas del Río Solo, Dubois desenterró, en 1894, un pequeño pedazo de mandíbula humana, varios dientes semejantes a los de los simios y un fragmento craneal que sugería un cerebro demasiado grande para corresponder a un simio y demasiado pequeño para atribuirlo al hombre actual. Al año siguiente localizó un fémur fósil, que por carecer de curvatura le hizo suponer que pertenecía a un primate erecto (el hombre es el único primate con posición verdaderamente erecta).

Dubois dio el nombre de *Pithecanthropus erectus* a estos fósiles, comúnmente conocidos como el *hombre de Java*. ¿Qué fue el *Pithecanthropus*? ¿Estaba estrechamente relacionado con el hipotético antecesor común del hombre y los grandes simios? ¿Era acaso una forma humana más primitiva que cualquiera de las ya conocidas? Las discusiones eran agrias y muy a menudo más emocionales que científicas. Bajo la presión de los partidarios de que eran fósiles humanos, guardó los ejemplares, y negó permiso a cualquiera que deseara estudiarlos. Así permanecieron inasequibles hasta 1920, cuando finalmente se le persuadió de que los exhibiera en público. Nuevos y posteriores hallazgos de *Pithecanthropus* en Java proporcionaron partes de otros individuos, incluyendo un niño. También se hallaron restos de un tipo de tamaño gigante. (Fig. 26-6)

Fósiles semejantes a los de Java han sido encontrados en otras partes del mundo. A partir de 1921 se descubrieron restos craneales en una cueva de Choukoutien, cerca de Pekín, China. Durante los siguientes 18 años fueron exhumados y reunidos restos de más de 40 individuos semejantes, en el piso de la misma cueva. Anteriormente se habían recogido en Java cerca de restos de *Pithecanthropus*, unos pocos utensilios líticos. En China también se localizaron numerosos utensilios

de piedra, astillados para formar un filo o una punta, algo parecidos al cincel moderno; estaban entre los huesos partidos y los cráneos fragmentados del *hombre de Pekín* y de los animales que comía. También se encontró carbón, lo cual indicaba que el hombre de Pekín utilizaba el fuego.

Más recientemente, en 1945-55, se descubrieron en Terni fine (Argelia) parte de un cráneo y tres mandíbulas fósiles muy semejantes a las del hombre de Java; se les dio el nombre de *Alanthropus*. Se trata en todos los casos de seres que caminaban en posición bípeda, de estatura aproximada a los 152 cm o más; su cerebro tenía un volumen equidistante entre el de los australopitécidos y el del hombre contemporáneo; su frente era baja, con fuertes arcadas supraorbitarias y tenían mandíbulas salientes, prognatas, pero sin mentón. Los pitecantropoides utilizaban el fuego y fabricaban toscos utensilios de piedra, de formas variadas, que se han encontrado abundantemente. Poseían, en consecuencia, una cultura, si bien muy primitiva, quizás menos desarrollada que la de los australopitécidos. Todo lo dicho permite afirmar que durante el Pleistoceno inferior y medio, grupos de seres parecidos al hombre de Java habitaron amplias regiones en Asia, África y Europa. Ha sido posible determinar que estos restos tienen una antigüedad de entre 600,000 y 350,000 años.

Describe las características del *Pitecanthropus erectus*.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

26-6 EL HOMBRE DE NEANDERTHAL.

Al comienzo de este capítulo y como antecedente histórico, por tratarse del primer resto de fósil humano que se encontró y describió, hemos hablado del hallazgo hecho en el valle del Neander, en Alemania y mencionado alguna de sus características (Fig. 26-1). Pero los hallazgos de este tipo y época se multiplicaron, tanto en Eurasia como en África. Generalmente de corta estatura, cuerpo macizo, pesado y muy fuerte, el hombre de Neanderthal, lo mismo que los pitecantropoides tenían gruesas arcadas supraorbitarias, mandíbulas salientes, prognatas, sin mentón o, si acaso lo tenía, muy reducido y frente en declive. Pero el hombre de Neanderthal poseía un cerebro voluminoso. Fabricó excelentes utensilios y enterraba a sus muertos con gran ceremonial.

Durante la última glaciación, quizá hace unos 50,000 años, desapareció el hombre de Neanderthal. Se han propuesto varias teorías para explicar su extinción; pero el caso es que fue sustituido por hombres muy semejantes a nosotros, que llegaron a Europa Occidental procedentes de regiones situadas hacia el oriente. Quizá los neanderthalenses se mezclaron, mestizando con los recién llegados o posiblemente perecieron o fueron exterminados por su incapacidad para competir con ese nuevo tipo de hombre culturalmente más avanzado y con mejores utensilios y armas.

A partir de este momento, tenemos ya pruebas evidentes de la presencia sobre la tierra de la especie humana actual: *Homo sapiens*.

Describe las características del hombre de Neanderthal.

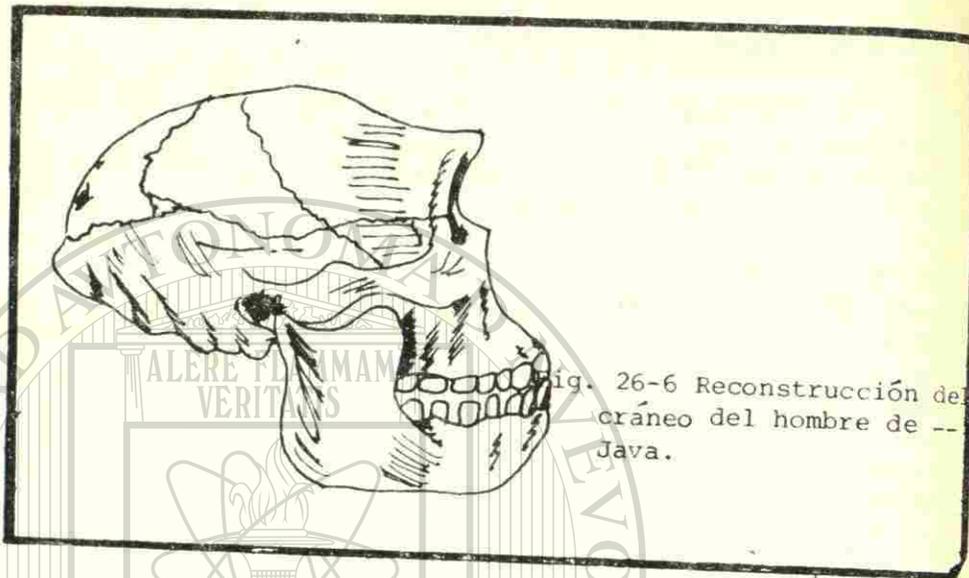


Fig. 26-6 Reconstrucción del cráneo del hombre de Java.

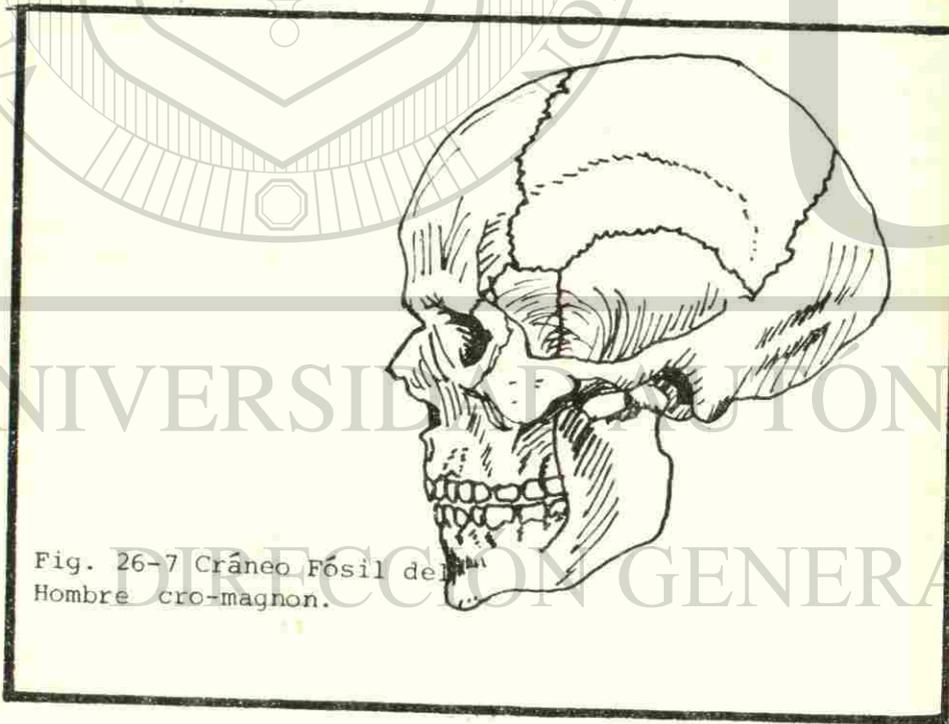


Fig. 26-7 Cráneo Fósil del Hombre cro-magnon.

26-7 EL HOMBRE DE CRO-MAGNON.

Los hombres que sucedieron al de Neanderthal pertenecieron, repetimos, a la especie *Homo sapiens*, pero en un primer período se les conoce como *Hombre de Cro-magnon* (fig. 26-7). Por ser en esta localidad francesa donde se reconocieron los primeros restos óseos fósiles de dicho tipo y época.

Su cultura se desarrolló al final de la *edad de la piedra tallada*. Vivieron en un mundo habitado por el mamut lanudo, el rinoceronte lanudo, el oso de las cavernas, el tigre "dientes de sable", lobos, bisontes, renos, caballos salvajes y otros grandes mamíferos. Son los autores de las magníficas pinturas de estos animales que hay dentro de las cavernas del sur de Francia y el Norte de España. Esculpieron utensilios y ornamentos de marfil, y manufacturaron puntas de flecha y lanza de piedra, finamente trabajadas. Era un pueblo vigoroso e inteligente y de alta estatura.

Siendo contemporáneo de éstos grandes mamíferos, el cazador de esa *edad de piedra* tuvo una vida verdaderamente insegura y difícil, porque para sobrevivir tenía que luchar contra este mundo salvaje y peligroso. Hace de 8,000 a 10,000 años sobrevino la extinción a escala mundial de muchos de los grandes mamíferos que caracterizaron el Pleistoceno. Las razones de tal extinción no son muy claras: quizá el hombre mismo tuvo algo que ver en ello; pero sean cuales fueran las causas de tal desaparición, el hecho tuvo repercusiones considerables sobre la evolución cultural del hombre. En su más amplio sentido, éste fue el comienzo de los tiempos modernos.

Después de casi un siglo, resulta más fácil ahora comprender la situación en 1871, cuando Carlos Darwin sugirió la hipótesis de la evolución del hombre a partir de antepasados antropoides. Darwin no tenía pruebas basadas en restos fósiles en qué apoyar su creencia, se basó en el estudio de los primates vivos y en las pruebas existentes de la evolución en otras especies. A partir de entonces los testimonios fósiles fueron acumulándose. Los paleontólogos comprueban ahora que las predicciones de Darwin se cumplen de manera satisfactoria, aunque incompleta, puesto que ya dispone-

mos de una serie de etapas a partir del lejano pasado hasta el presente.

¿En qué período vivió el hombre de Cro-magnon?

26-8 EL HOMBRE EN AMÉRICA.

La evolución de la familia de los homínidos se efectuó como hemos visto, en distintas y amplias zonas del viejo mundo, es decir, en África, Asia y Europa, durante un período de más de un millón de años.

En América no se encuentran especies fósiles, ni vivas de primates evolucionados como son los monos catarrinos y los antropoides; tampoco se han hallado restos de homínidos semejantes a los que hemos descrito como australopitécidos, pitecantropoides y hombre de Neanderthal. En realidad, América fue poblada en época relativamente reciente, gracias a distintas migraciones de pueblos procedentes de Asia.

Los restos humanos fósiles encontrados en nuestro continente corresponden siempre a la última etapa evolutiva, o sea a la especie actual, *Homo sapiens*. Las fechas más antiguas que gracias al carbono 14 han podido obtenerse tanto para el hombre mismo como para los restos de su cultura, alcanzan un máximo de unos 20,000 años en algunas localidades del sur de los Estados Unidos; se trata de grupos de cazadores y recolectores, es decir, de la más primitiva de las culturas.

En las cercanías de Tepexpan, en el Valle de México, se descubrió en 1947 un esqueleto humano junto con los restos fósiles de mamut, en capas correspondientes a finales de la última glaciación, con una antigüedad calculada alrededor de

10,000 años (Fig. 26-8). En América del Sur, sobre todo en el Brasil, el Ecuador, el Perú y la zona meridional de Chile, se han recogido también restos del hombre prehistórico siempre *Homo sapiens*, y con antigüedad nunca superior a la mencionada para América del Norte.

¿A qué etapa evolutiva corresponden los fósiles humanos encontrados en América?

26-9 CRONOLOGÍA Y TAXONOMÍA EN LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE.

Los fósiles con antigüedad de 30 millones de años o más, pueden ser fechados con bastante exactitud gracias al método del uranio-plomo.

Con el método del carbono 14 se logra determinar la antigüedad y la continuidad de materias orgánicas que se hayan conservado en las capas sedimentarias, hasta unos 70,000 años o menos. Sin embargo, hemos visto que el hombre surgió hace menos de 30 millones de años, pero más de 70,000 años; por lo cual ni el método de uranio-plomo, ni el del carbono 14 sirven para fechar ese período tan interesante de la evolución humana. Por fortuna, se han inventado nuevas técnicas que llenan este vacío, incluyendo la del potasio, argón (utilizada recientemente para fechar el *Zinjanthropus*) y la que emplea un isótopo del flúor. Se dispone, pues, de una serie de fechas sobre aparición de los homínidos, para el último millón de años.

En este período, o sea el Pleistoceno, y por lo menos en cuatro ocasiones, los grandes glaciares se extendieron hacia el sur cubriendo durante miles de años las tierras en las

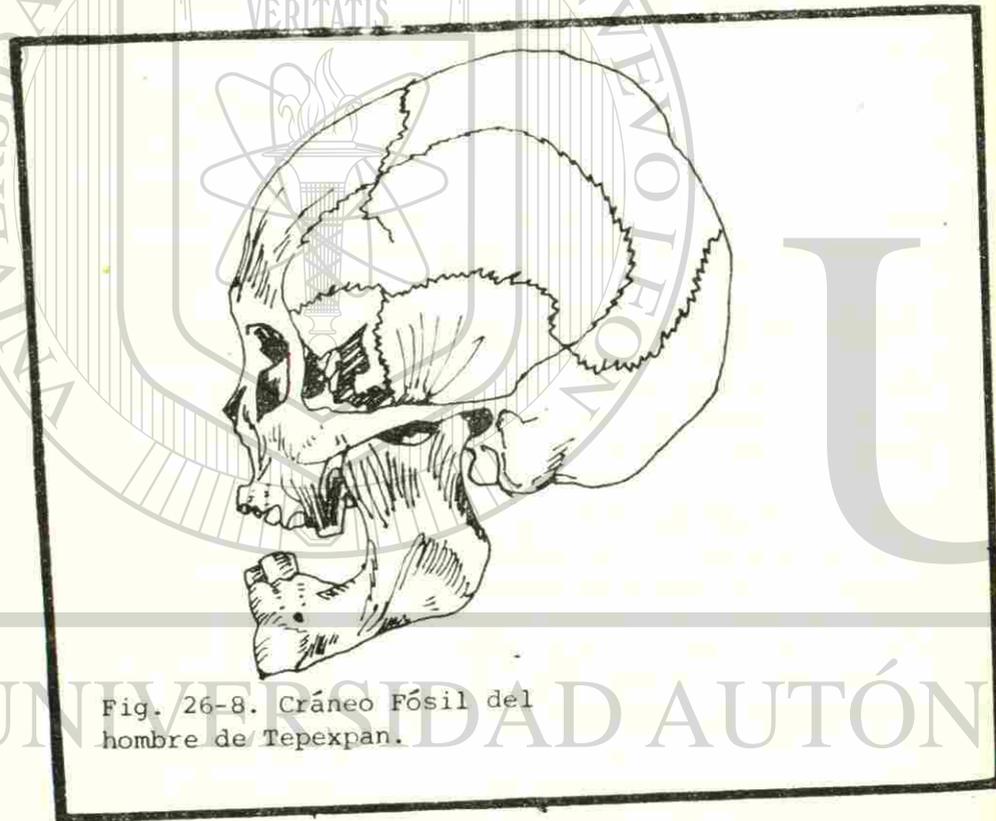


Fig. 26-8. Cráneo Fósil del hombre de Tepexpan.

latitudes medias del hemisferio norte; y cada vez retrocedieron cuando hubo temperaturas más altas, permitiendo que fueran habitadas por el hombre las zonas liberadas del hielo.

Conocemos tales cambios gracias al cuidadoso estudio de los fósiles preservados en las capas depositadas durante cada período glacial e interglacial. Desafortunadamente, en algunos lugares, los glaciares desgastaron muy hondo, por erosión, la capa depositada anteriormente, y al fundirse, dejaron caer sus restos revueltos en grandes montones; pero en otros lugares, cuevas y sitios no alterados, han proporcionado fósiles fechables y otros indicios que prueban el carácter más bien humano que simiesco de los seres que vivieron durante los períodos glaciares. Algunos de estos artefactos, testimonio de actividad humana, consisten en carbón de las hogueras de campo, utensilios de piedra y huesos de animales sacrificados que sirvieron de alimento.

La filiación zoológica de todos los restos homínidos fósiles que se han mencionado, a modo de ejemplos relevantes entre otros muchos, motivaron al principio cierta confusión taxonómica a causa de la multiplicidad de nombres genéricos y específicos con que fueron descritos, a pesar de tratarse en muchos casos de fragmentos difícilmente caracterizables. Aunque no existe todavía un criterio unánime entre los especialistas en esta clase de estudios, hay actualmente la tendencia muy generalizada en el sentido de aceptar que la familia Hominidae tal como la hemos descrito comprende dos géneros y varias especies, en la siguiente forma:

Género *Australopithecus* (que incluye los restos conocidos como *Australopithecus* y *Zinjanthropus*).

Género *Homo* con 3 especies:

Homo erectus (hombre de Java, hombre de Pekín, *Alanthropus* del norte de África, etc.)

Homo neanderthalensis (los numerosos ejemplares de tipo Neanderthal) Y

Homo sapiens (hombre Cro-magnon, hombre de Tepexpan y la humanidad actual).

La Fig. 26-9 muestra en forma esquemática, la posición cronológica relativa y la probable relación filogenética de tales grupos de homínidos.

¿Cómo fue posible fechar los restos de fósiles humanos?
(Explique).

26-10 UTENSILIOS Y CULTURA.

Sabemos que la adopción de la posición erecta precede al uso de utensilios. Pero todavía no puede afirmarse con certeza si apareció primero un mayor volumen cerebral o la fabricación de utensilios y el principio de una cultura. Cuando se inició la utilización y fabricación de utensilios, los homínidos con mayor desarrollo cerebral resultaron más aptos para servirse de ellos, tanto en la caza como en su defensa y protección. Predominaron sobre los menos capacitados y fabricaron utensilios más perfeccionados. La vida del hombre mejoró y su nivel de cultura ascendió gradualmente. A medida que este proceso fue repitiéndose tuvo lugar el aumento progresivo del volumen cerebral, gracias a la evolución alcanzada por medio de la selección natural. De este modo se logró una mayor eficiencia mental, la invención de utensilios más complejos, un nivel de cultura más alto y la selección de individuos con cerebros más desarrollados.

Como testimonios indiscutibles de las más antiguas manifestaciones culturales de la humanidad, tenemos que recurrir a los fósiles y utensilios de piedra y hueso. Parece probado que el homínido primitivo era cazador y comedor de carne, pues se han encontrado cráneos fragmentados de babui-

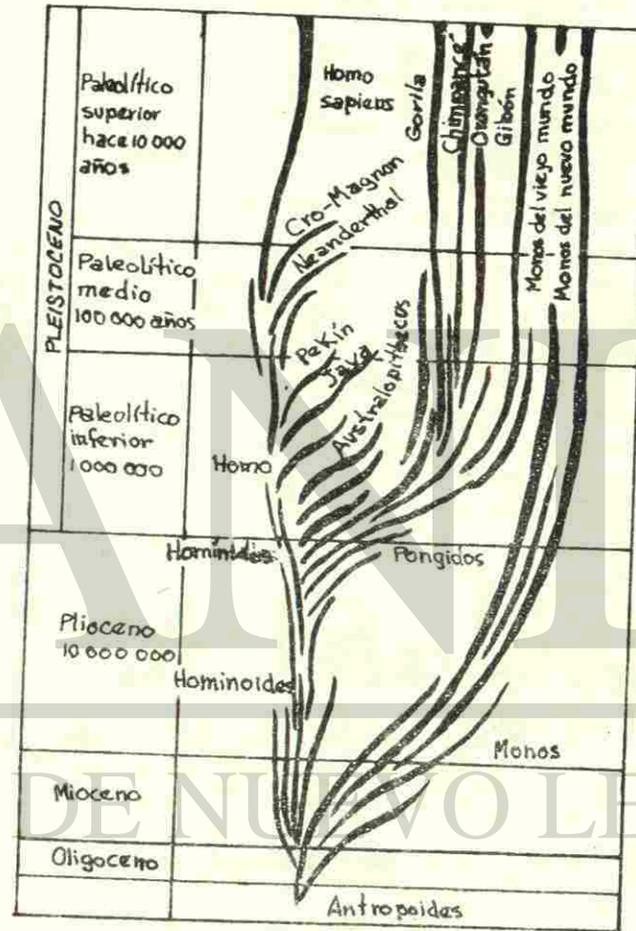
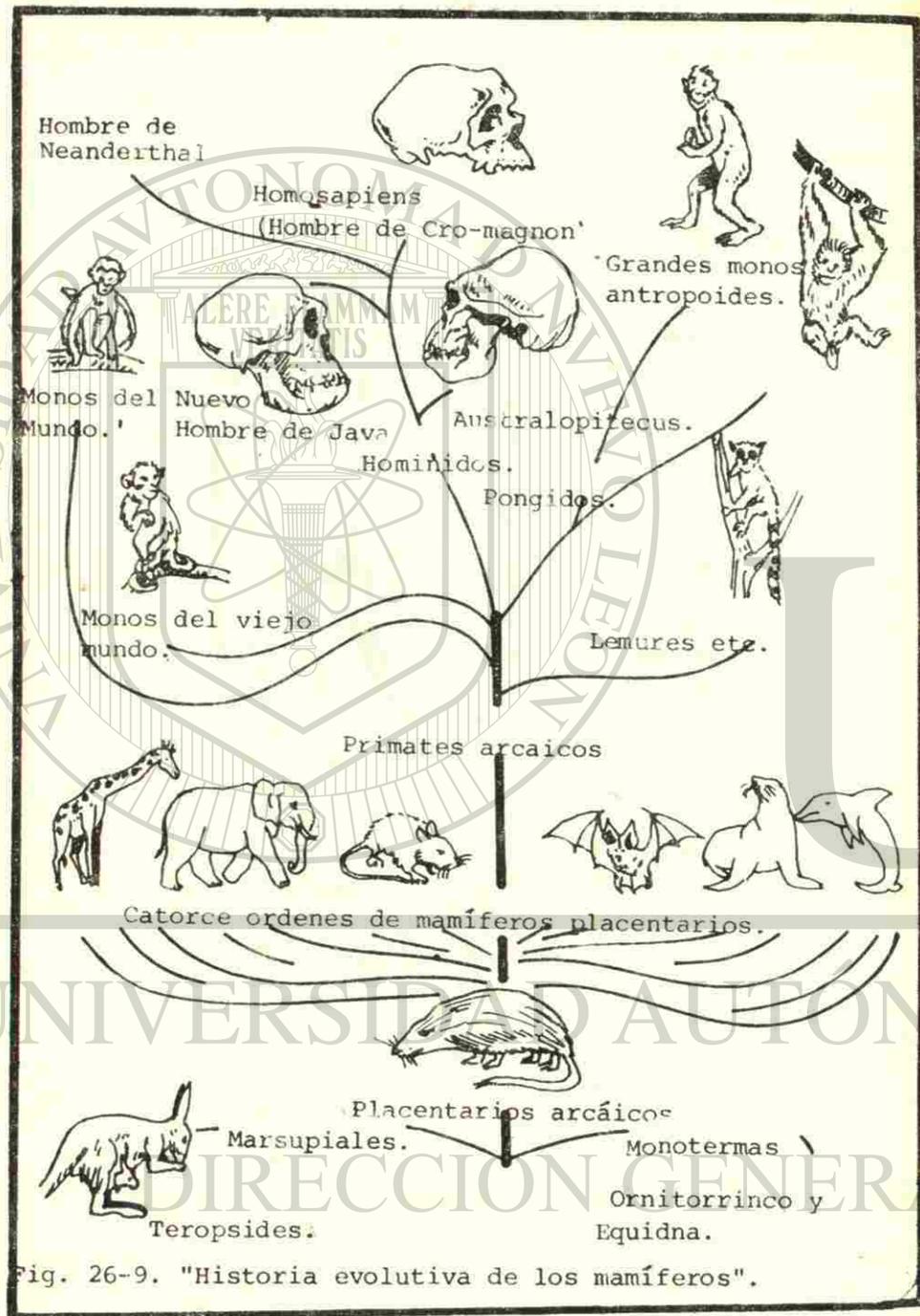


Fig. - 26 - 9 - Relación filogenética de los grupos homínidos. (según Washburn)



nos junto a los restos de algunos australopitecus. En la cueva donde vivió el hombre de Pekín hay depósitos que contienen huesos rotos y cráneos de muchos animales salvajes, y también de hombre junto con residuos de fuego hecho en fogones. Los huesos quemados sugieren que estos homínidos primitivos ya habían aprendido a asar la carne, quizá para que fuera de más fácil masticación.

Los utensilios primitivos eran relativamente sencillos, pero en forma gradual, en el curso de su evolución, mejoró la técnica para preparar los guijarros toscamente trabajados por los australopitecos, y los variados utensilios de piedra obra del hombre primitivo en el viejo mundo. El rápido perfeccionamiento en las técnicas de fabricación de los utensilios durante el último avance de los glaciares continentales, prueba que el hombre moderno tiene grandes facultades de inventiva. Entre estos utensilios hay una gran variedad de largas láminas de sílex (pedernal) con sección prismática, obtenidas mediante golpes dados en el borde de un bloque de sílex, se trabaja después la lámina para astillarla y sacarle escamas a presión, lo cual daba como resultado un instrumento preciso y a menudo muy bello. Hojas de otras formas sirvieron probablemente como cuchillos, raspadores, taladros y puntas de lanza.

Como se han encontrado grandes amontonamientos de huesos de mamuts y caballos salvajes, se supone que los hombres cazaban en grupos, quizá haciendo expediciones de temporada para aprovisionarse de carne. A medida que adquirían un mejor conocimiento y cierto control sobre la naturaleza, su organización social se hizo más compleja y más eficiente. Y podemos imaginar que el lenguaje también resultó más necesario.

Hace entre 18,000 y 20,000 años que el *Homo sapiens* ideó la ropa para abrigarse y aprendió nuevas técnicas para la obtención de alimento. Los prehistoriadores han encontrado, en capas sedimentarias de este período, utensilios de hueso muy variados tales como alfileres, agujas con ojo, botones en forma de carrete, propulsores de lanzas, anzuelos, enderezadores para flechas semejantes a los que usan actualmente los esquimales y otros pueblos.

Estas técnicas mejoradas para cazar y pescar, resultaron favorables al aumento numérico de los seres humanos hasta el momento en que fue nuevamente limitado de acuerdo con la disminución del volumen de animales de caza, plantas comestibles y pescado, a que tuvieron acceso.

La humanidad primitiva posiblemente empezó a contar con especialistas tanto para fabricar utensilios como para pintar los muros de las cavernas. Los grabados y pinturas de este período cubren las paredes de numerosas cuevas y abrigos del norte de España y el suroeste de Francia y la URSS. Los ajuares, adornos y objetos sagrados encontrados en los entierros prehistóricos son prueba de que el hombre en esa época, emocionalmente consciente de su apego a la existencia ideaba un mundo mejor a donde ir después de la muerte.

¿En qué momento mejoró el nivel de vida del hombre?

26-11 LA NATURALEZA DEL HOMBRE ACTUAL.

Los científicos especializados en el estudio del hombre son conocidos con el nombre de antropólogos, y con el de Paleontólogos los que se ocupan en los restos fósiles del hombre primitivo. Piensan los antropólogos que una larga historia de relativo aislamiento, desde hace quizá unos 25,000 años, puede explicar las diferencias mensurables que existen entre los pueblos nativos de distintas regiones geográficas. Todos los hombres pueden, en términos generales, ser clasificados en grupos. Por ejemplo, como razas negroides, mongoloide y caucasoide. Pero todos podemos observar

que los rasgos utilizados para tal clasificación, muestran una gran variedad dentro de cualquier población estudiada.

Es cierto que en África del sur, del Sahara, en Nueva Guinea y Australia, la actual población nativa cuenta con una elevada proporción de gente de piel oscura. En Europa, el Cercano Oriente y África del Norte, la mayoría tiene piel de color claro. En el Asia Oriental son numerosos los habitantes con piel de un tono entre claro y oscuro, más o menos amarillento. Pero muchos "blancos" del sur de Europa presentan la piel con tonalidad más oscura que algunos "negros" del África Ecuatorial. A menudo también hay una considerable diversidad en el color de la piel entre hermanos.

De manera semejante, muchos asiáticos tienen ojos oblicuos a causa de una ligera diferencia en la conformación de los párpados. Con los ojos abiertos el párpado superior desa parece bajo un pliegue que lo recubre. Pero hay algunas personas caucasoides con pliegues similares, en tanto que ciertos orientales carecen de ellos.

Los efectos del aislamiento geográfico y de la endogamia, se observa todavía en algunas partes del mundo. La inmensa mayoría de aborígenes de América del Sur, por ejemplo, tienen sangre de tipo O; los nativos de Australia presentan alrededor de 49 por ciento de O, 48 por ciento de B, 2 por ciento de A, y 1 por ciento de AB. Diferencias semejantes se observan en la frecuencia de la drepanocitosis o en el número relativo, en grupos aislados de individuos con dientes salientes.

De ahí que a pesar del hecho de poder dividir al *Homo sapiens* en razas, mediante el estudio de variaciones en el porcentaje de muchos rasgos heredables, los distintos miembros de la especie humana son entre sí mucho más semejantes que diferentes. Nosotros confiamos tanto en las características craneales como elemento diferencial, que incluso los expertos tendrían dificultad en distinguir el esqueleto sin cabeza de un individuo de piel clara de otro de piel oscura. Una identificación definitiva del hombre de Java como distinto del hombre de Neanderthal o del hombre moderno, sería muy difícil si no se tuvieran los cráneos.

Todos los grupos humanos poseen órganos rigurosamente comparables y una notable uniformidad en un sinúmero de otros caracteres físicos y químicos. Es bien conocido el hecho de que todos los cruzamientos entre distintos tipos raciales son siempre fecundos, que los mestizos, fruto de tales mezclas raciales, son también, a su vez, fecundos y que no muestran en sus rasgos la menor carencia de armonía biológica. Puede afirmarse, pues, de acuerdo con el criterio zoológico que todos los hombres pertenecen a una sola especie.

¿Cuáles son las diferencias entre los pueblos nativos de las diferentes regiones?

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

CAPÍTULO XXVII.

PROBLEMAS BIOLÓGICOS ACTUALES.

La mayor parte de los problemas biológicos actuales los causa la humanidad misma, una sociedad de consumo que cada día necesita más alimento y espacio para vivir, pero que no piensa que su desarrollo está íntimamente ligado a los recursos naturales (plantas y animales), y que técnicas más adecuadas y desperdicios de éstas, más la contaminación del ambiente pueden ser en un momento dado la mayor barrera que detenga o deteriore nuestra civilización, presentándose entonces la disyuntiva de tener una mala calidad de vida o nuestra extinción.

27-1 SOBREPoblación Y MONOCULTIVOS.

Estas dos palabras encierran dos grandes amenazas para la humanidad.

Estamos a finales del siglo XX, con una población de más de cuatro mil millones de habitantes en el planeta y cada vez aumenta la proporción de crecimiento.

Hace 100,000 años, tiempo en que apareció el hombre, su producción debió ser fluctuante y fue hasta nuestra época, a partir del año I cuando la humanidad estableció su ritmo de crecimiento.

En la época de 1,500 habitaban en la tierra alrededor de 250 millones de humanos, duplicándose esta cantidad 150 años después y 300 años después llega a 2,500 millones para llegar al presente con más de 4,000 millones. Hace tan solo 10,000 años, la población humana llegaba a cinco millones.

Todos los grupos humanos poseen órganos rigurosamente comparables y una notable uniformidad en un sinúmero de otros caracteres físicos y químicos. Es bien conocido el hecho de que todos los cruzamientos entre distintos tipos raciales son siempre fecundos, que los mestizos, fruto de tales mezclas raciales, son también, a su vez, fecundos y que no muestran en sus rasgos la menor carencia de armonía biológica. Puede afirmarse, pues, de acuerdo con el criterio zoológico que todos los hombres pertenecen a una sola especie.

¿Cuáles son las diferencias entre los pueblos nativos de las diferentes regiones?

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

CAPÍTULO XXVII.

PROBLEMAS BIOLÓGICOS ACTUALES.

La mayor parte de los problemas biológicos actuales los causa la humanidad misma, una sociedad de consumo que cada día necesita más alimento y espacio para vivir, pero que no piensa que su desarrollo está íntimamente ligado a los recursos naturales (plantas y animales), y que técnicas más "adecuadas" y desperdicios de éstas, más la contaminación del ambiente pueden ser en un momento dado la mayor barrera que detenga o deteriore nuestra civilización, presentándose entonces la disyuntiva de tener una mala calidad de vida o nuestra extinción.

27-1 SOBREPoblación Y MONOCULTIVOS.

Estas dos palabras encierran dos grandes amenazas para la humanidad.

Estamos a finales del siglo XX, con una población de más de cuatro mil millones de habitantes en el planeta y cada vez aumenta la proporción de crecimiento.

Hace 100,000 años, tiempo en que apareció el hombre, su producción debió ser fluctuante y fue hasta nuestra época, a partir del año I cuando la humanidad estableció su ritmo de crecimiento.

En la época de 1,500 habitaban en la tierra alrededor de 250 millones de humanos, duplicándose esta cantidad 150 años después y 300 años después llega a 2,500 millones para llegar al presente con más de 4,000 millones. Hace tan solo 10,000 años, la población humana llegaba a cinco millones.

Actualmente una sola nación, India, supera los 525 millones.

Al realizar una gráfica de aumento de la población, son posibles muchos errores por ignorancia de datos, pero la progresión con todo es regular.

Con un crecimiento establecido podemos predecir la población mundial para el año 2,000 ó 3,000 y nos dará cifras que nos asusten: si en la actualidad hay pobreza y hambre, ¿alcanzaría el desarrollo agrícola y económico para solventar una población del doble de la actual? La superficie terrestre es incapaz de sostener una población en la cual cada individuo tenga un metro cuadrado para sus actividades vitales. Muchos factores limitan el crecimiento y no podemos seguir aumentando libremente nuestra población.

El crecimiento demográfico debe alertarnos para cumplir debidamente con las necesidades alimenticias de la humanidad, investigar y practicar nuevas técnicas o cultivos teniendo siempre en mente la protección del suelo y a nuestros competidores más acérrimos, los insectos.

En los ecosistemas naturales, el suelo y los insectos son factores regulados por el propio ecosistema. El suelo se nutre de los desechos de los organismos muertos (plantas y animales) y sirve a su vez como depósito alimenticio y sostén físico para las plantas.

Los insectos comedores de plantas, puesto que comen solamente determinadas especies, se topan con la dificultad de encontrar muy esparcido su alimento ya que en los ecosistemas hay amplia diversidad de plantas, además para esos insectos existe el control natural de sus depredadores naturales impidiendo la proliferación de algún insecto en particular, evitando así la formación de plagas.

En la agricultura humana, ¿cuántos factores ecológicos son tomados en cuenta y por cuántos agricultores?, ¿qué consecuencia es posible prever cuando la diversidad de plantas es substituída por el cultivo de una sola especie?

Durante años el hombre ha sembrado la misma especie en el mismo lugar, a veces en otro, año tras año, dando lugar al agotamiento del suelo y facilitando la invasión de insectos que encuentran su alimento en abundancia y además libre de depredadores. Esta técnica de sembrar siempre lo mismo se denomina *monocultivo*.

Fácilmente podemos pensar que tenemos insecticidas y fertilizantes, pero éstos a su vez provocan otros problemas ambientales como sería el utilizar cada vez mayor cantidad de insecticidas/puesto que la plaga se vuelve resistente y en ocasiones inmune. La muerte de insectos útiles al hombre ya que los pesticidas no son selectivos. La muerte de ríos y lagos cuando venenos y fertilizantes son arrastrados a estos por las lluvias y una técnica que se utiliza en muchas partes, el *desmonte*, donde se tala una parte de bosque para sembrar maíz, cosecha que se dará muy bien unos cuantos años, pero en cuanto al suelo se agota, se abandona esa parcela para desmontar otro pedazo de bosque para seguir sembrando maíz.

¿Cuáles son los problemas que implica establecer un monocultivo?

27-2 INSECTICIDAS.

Tanto del hombre como de los propios insectos depende el que estos últimos deban o no considerarse útiles al hombre. Nuestros métodos de cultivo y de cría de animales domésticos

ha proporcionado a ciertos insectos, que en el pasado eran raros, las condiciones apropiadas para multiplicarse. Sólo el 1 % de los insectos son parásitos del hombre y otros animales (piojos, pulgas, garrapatas, etc.); y algunos transmiten enfermedades. Por otra parte, casi todas las plantas con flores dependen de los insectos para su polinización y de esta forma podemos tener cosechas de manzanas, uvas, naranjas, algodón, etc.; y por supuesto, cosechas directas de los insectos como la miel y la cera. Algunos insectos favorecen el proceso de la descomposición, fenómeno esencial en el ciclo de la materia.

El hombre y su explosión demográfica está constantemente en demanda cada vez mayor de alimento, pero los insectos son un gran competidor herbívoro por lo que se les considera como una plaga en cuanto se presentan como consumidores en los campos agrícolas, ganaderos y como transmisores de enfermedades.

Para el combate de las plagas se utiliza una gran variedad de venenos llamados en general insecticidas o plaguicidas y han tenido una aceptación popular, unos más que otros. De acuerdo a su efectividad, la producción y uso de estos venenos se ha venido realizando desde fin de los años treinta y principios de los cuarenta, con compuestos químicos a base de carbono, hidrógeno y cloro y se les designa como "hidrocarburos clorados" y algunos son conocidos por nombre común como el DDT, aldrin, clordano, dieldrina, etc.

Las cosechas atacadas por alguna plaga se reducen desde un diez hasta un treinta o cuarenta por ciento y merma tanto en el campo de cultivo como durante su almacenamiento, también algunas enfermedades se desarrollan rápidamente transmitidas por los insectos. El DDT utilizado por el hombre ha tenido una actuación favorable disminuyendo las pérdidas de las cosechas y erradicando la mayoría de las enfermedades producidas por las plagas. Desde este punto de vista podemos sentirnos satisfechos de los hidrocarburos clorados pero, por otro lado tenemos que lamentar que estos plaguicidas son fuertes alteradores o destructores de todos los ecosistemas te-

restres, marinos y dulceacuícolas.

Las cualidades químicas y la acción tóxica del DDT lo hacen uno de los insecticidas más efectivos, sin embargo, estas características pueden tomar rumbos distintos a los deseados, provocando serios problemas ecológicos.

Las características indeseables por perjudiciales son:

a) *Son venenos universales.* Cuando un agricultor ve afectadas sus cosechas por alguna plaga, la solución es rociar o mandar rociar DDT pasando por alto o ignorando que no solamente existen dos especies de seres vivos; su cosecha y la plaga. Todos los demás habitantes del ecosistema incluyendo al hombre, son susceptibles a la toxicidad del plaguicida. Muere o disminuye la plaga pero también perece el predador de los insectos que la constituye, y entonces pasan dos cosas: 1º el control natural de la plaga desaparece y 2º por el motivo anterior la plaga reaparece con más fuerza a la vuelta de algunos años.

Muere también una gran variedad de insectos y otros animales, interrumpiendo muchas de las cadenas alimenticias y produciendo desequilibrio ecológico.

En 1954, varias comunidades de Illinois oriental (USA), fueron rociadas del aire con la intención de detener el avance hacia el oeste del escarabajo japonés. El resultado fue que muchas especies de aves fueron aniquiladas por completo en la región rociada, el 90 % de los gatos de las granjas perecieron, murieron algunos corderos, ratas, los conejos y faisanes fueron envenenados. Estos efectos secundarios perjudiciales habrían podido considerarse acaso como el precio a pagar por el éxito del plaguicida, pero es el caso de que el precio no produjo el beneficio esperado, ya que la población del escarabajo japonés prosiguió su avance.

b) *Se degradan lentamente.* En la naturaleza encontramos compuestos químicos de todas las clases, los cuales permanecen el tiempo necesario para servir de energía a alguna forma viviente. Cuando un compuesto es biodegradado (desintegrado) por alguna forma viviente a modo de obtener sustancias energéticas, esa especie, evolutivamente hablando, encuentra y se adapta a un nicho ecológico.

Todos los compuestos naturales tienen un período de vida o degradación al cual se han adaptado las especies de plantas o animales. El medio ambiente colabora y la velocidad de degradación será más rápida con la abundancia de oxígeno, humedad, ácidos, humos, etc.; y en las formas de vida correspondientes.

El DDT tiene un período de duración de 10-15 años. Todo este tiempo se encuentra afectando las formas vivas, y su uso constante lo hace acumularse causando daños impredecibles, ya que entre las especies afectadas se encuentran bacterias, hongos, algas, protozoarios, insectos, gusanos y ácaros; toda la flora y la fauna del suelo encargada de la desintegración para la fertilidad proseguida por el suelo, detienen la humedad, finan el nitrógeno, descomponen la piedra y ventilan el suelo. Tal vez esta serie de mecanismos pueda seguirse llevando a cabo con flora y fauna de mutantes producidos por el DDT, pero una cosa es verídica y la sabemos, si los microorganismos del suelo mueren, las plantas y los animales grandes no pueden sobrevivir.

c) *Son solubles en grasa.* Los hidrocarburos clorados no son solubles en agua, son solubles en grasa, característica sumamente peligrosa para todas las especies, sobre todo los animales. Después de rociar con DDT una extensión de terreno su acción tóxica no termina hasta pasados unos 15 años, una parte pasa por filtración a los depósitos de agua subterránea y otra cantidad es acarreada a lagos y ríos por el agua de lluvia y entonces el efecto del DDT ya no es local y su afinidad con los tejidos grasosos lo lleva a lo largo de las cadenas alimenticias causando efectos colaterales. La afinidad de estos compuestos con la grasa, evita que el exceso sea excre-

tado por los animales y su acumulación afecta mayormente a los depredadores que a la misma plaga. Para ilustrar lo anterior supongamos que un campo es rociado, y que los insectos que constituyen la plaga se alimentan de las hojas envenenadas.

Puesto que el exceso de DDT no es excretado por los insectos, no mueren inmediatamente, pero se debilitan sus reacciones, siendo presa fácil para sus depredadores (insectos comedores de insectos) y éstos acumulan más cantidad de DDT que la plaga original, después los pájaros que se comen a los insectos depredadores (y no se comerán sólo uno) y su tejido adiposo concentrará una cantidad mayor que los anteriores eslabones alimenticios y así el DDT va aumentando su concentración a medida que sube en la cadena de los alimentos.

Otro ejemplo que implica un ecosistema acuático es el siguiente: el DDT arrastrado a un lago afecta primeramente al plancton que absorbe dosis subletales del tóxico, muchos peces tienen su dieta en base a la ingestión de plancton y el DDT pasa al tejido adiposo del pez, la acumulación en el pez es creciente y la historia se repite cuando éste es devorado por algún ave rapaz, gaviota, pelícano o algún mamífero como las nutrias, oso mapache, etc. Para cada especie es diferente la cantidad de DDT que puede serle letal, sin embargo, mientras es letal, puede producirle cambios orgánicos que afecten su comportamiento normal y su reproducción. Siendo reducida y eliminada su fuente de alimentos. Por lo que muchas especies ven amenazada su supervivencia.

En el hombre, los efectos del DDT han sido letales en caso de ingestión directa y las víctimas, por lo general, niños que lo tomaron equivocadamente. La acumulación en tejidos grasos es igual que en el resto de los animales, pero al parecer nos han faltado prácticas o con qué capacidad de resistencia contamos para que no tengamos objeción en seguir en venenando nuestros alimentos.

¿Cuáles son los perjuicios de los insecticidas?

27-3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

La composición y estado del agua deben ser aptos para los usos beneficiosos a que se le ha dedicado en su estado natural, es decir: potable para bebida del hombre y el resto de los animales, habitat de una vida acuática sana, para actividades domésticas, industriales, agrícolas y para recreación. La adición de alguna sustancia que altere sus condiciones para los usos mencionados se define como contaminante del agua.

El agua, a diferencia del aire, no es una mezcla, sino un compuesto simple. Los contaminantes del aire, están en él, lo desplazan, solo en ciertas ocasiones reaccionan con los componentes naturales de la atmósfera (O, C, N, etc.). En el agua, solvente universal, los contaminantes gaseosos, y algunos sólidos alteran sus características físicas y químicas. El agua se contamina fácilmente por suspensión, disolución cambio bioquímico y por ser el medio ambiente líquido universal para la materia viva, es excepcionalmente propensa a la contaminación por organismos vivos.

Contaminación natural. En los ecosistemas naturales equilibrados, pudiera parecer que no exista la contaminación sin embargo, hay ocasiones en que las aguas de ríos y estanques se ven cubiertas de las hojas de los árboles en el otoño, evitando el paso de la luz, alternando el intercambio de oxígeno en la superficie y la descomposición de las mismas reducen la cantidad de oxígeno disuelto, se alteran las cantidades de minerales y cambia su pH.

Algunos árboles segregan sustancias, que al caer el agua provocan intoxicaciones a peces e invertebrados. Estos casos son los que podemos decir, "de los males, el menor" ya que estos productos contaminantes naturales, son biodegradables. (Ehrenfeld, 1972).

Desoxigenación. La mayor parte de los productos de las aguas negras y algunos desechos de la industria de alimento, son orgánicos y al introducirse al río o estanque son desdoblados por reacciones oxidativas o bacterias, reduciendo la concentración de oxígeno del agua.

La biodegradación por bacterias, hongos, etc., consume oxígeno en ecosistemas terrestres y acuáticos sólo que en la tierra es reemplazado más rápidamente por los vegetales. Los animales terrestres podrán competir por alimento pero nunca por oxígeno, como los acuáticos.

En los ríos, la desoxigenación es máxima en el origen de los vertederos de agua negra dando como resultado que algunas especies emigren o desaparezcan y otras con menos necesidad de oxígeno aumenten su población. Se da el caso de que los peces más apetecidos son los de aguas más oxigenadas como la trucha, robalo y el salmón.

Los procesos aeróbicos se prolongan hasta las sales de amonio, mediante una serie de reacciones que se llaman nitrificación.

La disminución del oxígeno no detiene la acción bacteriana. En lugar de ello, se inicia una serie de reacciones en ausencia de oxígeno, cuyo proceso es llamado anaerobiosis dentro del cual están la fermentación y la putrefacción que descomponen a las proteínas.

La velocidad del consumo de oxígeno por la acción de microorganismos, se denomina como: Demanda Bioquímica de Oxígeno, (BOD) y se expresa en miligramos por litro (partes por millón ppm). Por supuesto que este consumo de oxígeno,

puede variar según la temperatura en el agua, o algún tóxico que inhiba ciertas bacterias u hongos. El saber la cantidad de oxígeno consumido no nos da una base concreta de las condiciones de las diferentes formas de vida acuática, por lo que se deben efectuar detecciones de otros elementos, como nitratos, fosfatos u otras sustancias contaminantes.

Sólidos en suspensión. Minas, canteras y fábricas donde se procesan cosechas de raíces alimenticias (tubérculos), el acarreo (erosión) del suelo por torrentes o vientos son las fuentes de obtención de sólidos de los ríos y lagos.

Depende del tamaño de las partículas el efecto en los ecosistemas acuáticos. Como en el aire, las partículas de mayor peso se sedimentarán más rápidamente y las de menor peso permanecerán en suspensión causando turbidez.

Los sedimentos cubren plantas, animales, huevecillos de peces y crustáceos en el fondo, matándolos o evitando su reproducción; altera la profundidad y afecta la cantidad de luz necesaria para la fotosíntesis. Las partículas en suspensión perturbaban el índice de visibilidad de los peces que dependen de su vista para buscar alimento.

Tóxicos. Los productos considerados como tóxicos que llegan a los ambientes acuáticos, infieren directamente en las reacciones químicas metabólicas de los organismos y no es necesaria una gran cantidad del tóxico para que se vean afectados. Otros no biodegradables o de degradación lenta, como el mercurio y el DDT, no limitan su efecto a una especie, se acumula en el organismo y el tóxico se amplía a las redes alimenticias siendo heredado "vengando" la acción depredadora de otras especies de niveles tróficos más elevados.

Los tóxicos más perjudiciales como ya se dijo, son los acumulativos, pero no son los únicos. De vida media más corta se encuentran otros como los nitratos, fluoruros, arsénicos, selenio, plomo, cadmio, hidrocarburos, detergentes, etc.

Para mayor comprensión citaremos algunos aspectos generales de los tóxicos. (Ehrnefeld 1972)

a) La acción del tóxico estará propensa a condiciones ambientales (temperatura) y la naturaleza del agua (cantidad de O₂, pH, etc.)

b) Algunas sustancias provocan la emigración o la muerte de los peces, pero hay algunas que pueden atraerlos.

c) Si sobreviven algunos individuos de las especies afectadas, esta resistencia es transmisible a los hijos y las poblaciones se regenerarán en poblaciones resistentes a los insecticidas.

d) No todas las especies son afectadas por el mismo tóxico, las especies sobrevivientes se ven entonces sobrepobladas por el exterminio de predadores y la comunidad toma características de "inmadura".

e) En la búsqueda de tóxicos deben observarse todas las especies del habitat, ya que las habrá unas más sensibles que otras y muy posiblemente especies indicadoras debido a su presencia o ausencia.

Mencione por lo menos cinco fuentes de contaminación del agua y

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Diariamente nuestros pulmones filtran unos 15 Kg. de aire atmosférico, mientras que solo absorbemos 2.5 Kg. de agua y menos de 1.5 Kg de alimentos.

Por ello, ya desde los tiempos más remotos el hombre ha sido consciente del peligro que representa una atmósfera contaminada, como la creada, de modo natural, con ocasión de una erupción volcánica o por los efectos del polen, y como la provocada por él mismo desde la invención del fuego, al hacer arder un bosque y al encender una antorcha para iluminarse en el interior de las cavernas donde vivía.

Las consecuencias, a largo plazo, de la contaminación atmosférica son a veces difíciles de apreciar, pero los efectos contemporáneos ya los conocemos y podemos clasificarlos como sigue:

a) *Alteración atmosférica.* El efecto más fácil de detectar es la reducción de la visibilidad (formación de niebla y reducción de la cantidad de luz solar que llega a la tierra).

b) *Daños a la vegetación.* Las plantas reaccionan en forma significativa a la contaminación del aire, antes que cualquier otro organismo. La contaminación del aire perjudica al ciclo metabólico ambiental de las plantas. Inhibe el proceso fotosintético por medio del cual absorben bióxido de carbono y desprenden oxígeno, la disminución de la intensidad de la luz puede acarrear un crecimiento más lento.

Los fluoruros se acumulan en las hojas destruyendo los tejidos, los oxidantes blanquean las hojas y las vitrifican, los gases Etileno del escape de los coches marchitan los pétalos y los encrespa hacia adentro, etc.

c) *Efectos en los animales.* Los daños resentidos en el ganado por la contaminación del aire, es notable en países altamente industrializados como en Estados Unidos, donde el ganado se ha visto afectado por una enfermedad cuyos síntomas son la calcificación anormal de los huesos y cojera; la afec-

tación es producida por fluoruros y se designa con el nombre de Fluorosis.

Por otro lado, como el hombre es el vertebrado numéricamente dominado en las ~~hip~~comunidades urbanas, es la víctima principal de la cadena de contaminación del aire (véase el cuadro 1), acusando malestares que van desde irritaciones y malestar nervioso hasta enfermedades susceptibles de causar la muerte, pasando por enfermedades crónicas.

d) *Daños materiales.* Algunos contaminantes provocan deterioros a los materiales como las grietas en el caucho por el ozono o la corrosión del mármol por el ácido sulfúrico, también se ven afectados otros materiales como el ennegrecimiento de la planta por el sulfuro de hidrógeno, las partículas sólidas arrastradas a gran velocidad por el viento producen una erosión sobre las superficies de los edificios, etc.

¿Cuáles son los efectos de la contaminación atmosférica?

Cuadro I.- ALGUNAS SUBSTANCIAS TÓXICAS Y SUS EFECTOS.

Substancia	Síntomas	Características
GASES: Monóxido de Carbono	Fatiga Cefalalgia Vahidos Náuseas Vómitos Visión borrosa, Exposición al CO agrava a los anémicos y asmáticos.	Taquicardia Vasodifcación periférica. Color rojo cereza de mucosas. Pulso débil y filiforme.
Sulfuro de Hidrógeno H ₂ S	Irritación de ojos y aparato respiratorio.	Conjuntivitis Hiperpnea.
Dióxido de Nitrógeno NO ₂	Tos Disnea Dolor Torácico Irritación de nariz y ojos Opaca la luz del sol cuando se localiza en grandes volúmenes.	Edema pulmonar Vasodifcación periférica. Parálisis respiratoria. Pérdida del conocimiento.

27-5 EXPANSION DE LA POBLACIÓN HUMANA.

Existen tal vez tres millones de especies que están compitiendo por los recursos de nuestro planeta. Hemos mencionado cómo el hombre está en competencia con muchas de esas especies. Sabemos, además, que el hombre depende totalmente de otras especies. Así, uno de sus mayores problemas es aumentar una de esas poblaciones y decrecer otra. Desgraciadamente, hay otro factor que complica el problema: el de la razón del crecimiento de la población humana. Vamos a ser más explícitos y veamos cómo este factor está relacionado con el éxito del hombre en su medio ambiente.

Las estadísticas son alarmantes. Hay dos factores fundamentales que afectan la tasa de crecimiento de una población como la del hombre. El primero es el número de individuos que nacen dentro de la población. El segundo es el número de individuos que mueren. Es lógico que la población crecerá si es mayor el número de individuos que nacen que los que mueren durante un período de tiempo específico. La población disminuirá si las condiciones son inversas. Las pruebas biológicas han demostrado que la extinción es el último destino de una población en decadencia: ésta es una regla general para todas las especies de la biosfera. Nunca ha habido una sola especie que haya mantenido indefinidamente una forma permanente de crecimiento de la población.

Hasta donde nuestros datos son utilizables, la especie humana ha mantenido hasta ahora una forma permanente de crecimiento. Se estima que la población humana fue de unos 250 millones de personas en el año 1 del siglo 1 a.C. Por el año 1650 la población humana se había duplicado. Para 1820 la población se había duplicado por segunda vez, o sea que había 1000 millones. En 1930 se duplicó otra vez, con lo que había 2000 millones. Actualmente se estima en 4000 millones.

Los grandes números, especialmente los millones y miles de millones son algo incomprensible para la mente, a menos que estén asociados con otras cosas relacionadas con nuestra

experiencia. Consideremos estos crecimientos en base de días y meses. Cada día nacen cerca de 270,000 individuos y mueren cerca de 142,000. Así es que hay un aumento neto en la población de cerca de 128,000 individuos por día. Al multiplicar este aumento diario por 30 tendremos el aumento mensual. Así tenemos un aumento mensual de 3,840,000 individuos. Esto viene a ser aproximadamente la población de la ciudad de Detroit.

¿Qué tan grande podemos esperar que sea la población en los próximos años? Por desgracia se desconocen los factores que pueden intervenir en la tasa de nacimientos, así como en las defunciones en los próximos años. Se pueden hacer predicciones partiendo de la tasa actual de crecimiento. Podemos adicionar 1,000 millones más para 1980 y la población actual llegará a ser doble hacia el año 2,000. Considerando el grado de crecimiento actual la predicción anterior para el año 2000 resulta alarmante. Un grupo de científicos han publicado un cálculo —como broma— basándose en parte en los datos pasados, es decir, la especie humana llegará a 50,000 millones para el año 2026.

¿Qué se puede decir de estas predicciones? Si juzgamos las predicciones hechas en los años anteriores es probable que sean falsas. Sin embargo, las elaboradas por la oficina de censos de las Naciones Unidas muestran que han sido *demasiado conservadoras*. Esto es, la tasa de crecimiento de la población humana ha superado las predicciones. Con todo, hay muchas razones para considerar que estos cálculos pueden ser erróneos. La mayoría de ellos son demasiado complejos ya que hay sociedades diferentes que ayudan al desarrollo de la población humana. Un factor decisivo ha sido el decrecimiento en las defunciones, no sólo entre los recién nacidos sino en todos los grupos de edades diferentes. Es difícil predecir cuáles serán los efectos de los adelantos en la medicina. Una cosa es cierta: los beneficios de la medicina sólo han alcanzado a una pequeña parte de la población humana.

El hombre está interesado en su propia supervivencia, la cual depende del éxito en la explotación de los recursos del medio ambiente. Este hecho sugiere a los biólogos una pregunta obligada; ¿en qué etapa del crecimiento de la población humana ésta no podrá ya vivir a expensas del medio ambiente? Ningún biólogo duda que hay un límite teórico fuera del cual la población humana no podrá vivir a expensas del medio, pero todavía resulta imposible predecir con exactitud el tiempo en que esto llegue a ocurrir.

Ante todo, ¿qué significa realmente la palabra supervivencia?. Si hacemos la pregunta refiriéndonos a los alimentos disponibles, varios hechos contradictorios pueden traer confusión. Por un lado, está el hecho de que cerca de 10,000 personas se *están muriendo diariamente* de hambre y de mala nutrición.

Sobre todo en las sociedades donde ocurren estas muertes la población humana sobrepasó el abastecimiento de alimentos. Por otro lado, es un hecho que el hombre apenas empieza a desarrollar la ciencia y la tecnología para producir alimentos. Los biólogos ven en ello un gran incremento potencial de alimentos; el problema está en que nadie puede prever *cuál es* el potencial que existe. Sabemos que las necesidades son muy grandes. Se supone que una población de 50,000 millones de personas (según el cálculo para el año 2026) consumirían nuestro actual sobrante de alimentos *¡en menos de un día!*

Además de la cantidad de alimentos necesarios para sobrevivir hay otras consideraciones. Por ejemplo, ¿qué clase de alimento desea comer: carne, huevo, leche?. Estos alimentos requieren una pérdida de tiempo en su expedición y un espacio para su producción. Hasta ahora hay poco suministro de esos alimentos. Las predicciones más optimistas de la posibilidad del hombre para aumentar dicho suministro está basado en el potencial de producción sintética y de los océanos.

Todavía hay otros requerimientos que los hombres civilizados consideran necesarios o al menos deseables: casa, vestido y un medio de subsistencia. Entre los civilizados, ¿quién no considera atractivos los inventos modernos —televisión,

aire acondicionado, automóviles- por ejemplo? En realidad todo se va incluyendo en objetos que se obtienen a expensas de los recursos del medio ambiente.

Hay otro requerimiento tan incierto que no se puede incluir en cualquier predicción segura. ¿Cuál es el espacio que necesita el hombre? Si los seres humanos ocupan toda la tierra, ¿dónde colocará los organismos de los cuales depende? Aún hay otra consideración, ¿una extensión de agua es más importante para recreo del hombre que para la cría de peces? ¿Los elefantes, petirrojos y árboles podrán compartir nuestros espacios preciosos y los recursos que podemos utilizar?

Cuando los biólogos discuten las estadísticas del crecimiento, a menudo se encuentran con dos reacciones diferentes: una es característica de los alarmistas, quienes con una perspectiva pesimista predicen el día del juicio final para la humanidad. Otra podría ser la llamada reacción del "avestruz". El avestruz en realidad no entierra su cabeza en la arena cuando lo molestan o asustan, pero es una imagen muy significativa del individuo que no da importancia a las estadísticas de la población y se conforma diciendo: "de alguna forma se resolverá este problema".

Ambas reacciones son respuestas emocionales basadas más en el sentimiento que en la razón. Y como tales, no aceptan los razonamientos de los científicos o de cualquier otra persona que trate de estudiar este problema. Como se dijo en el Capítulo I, Aristóteles fue el primer exponente del razonamiento. Sugirió que todos los fenómenos naturales pueden ser entendidos por el hombre. Sería un insulto a su memoria y a la de todos los filósofos naturalistas, negar que los fenómenos del grado de crecimiento de la población están fuera del poder del razonamiento del hombre.

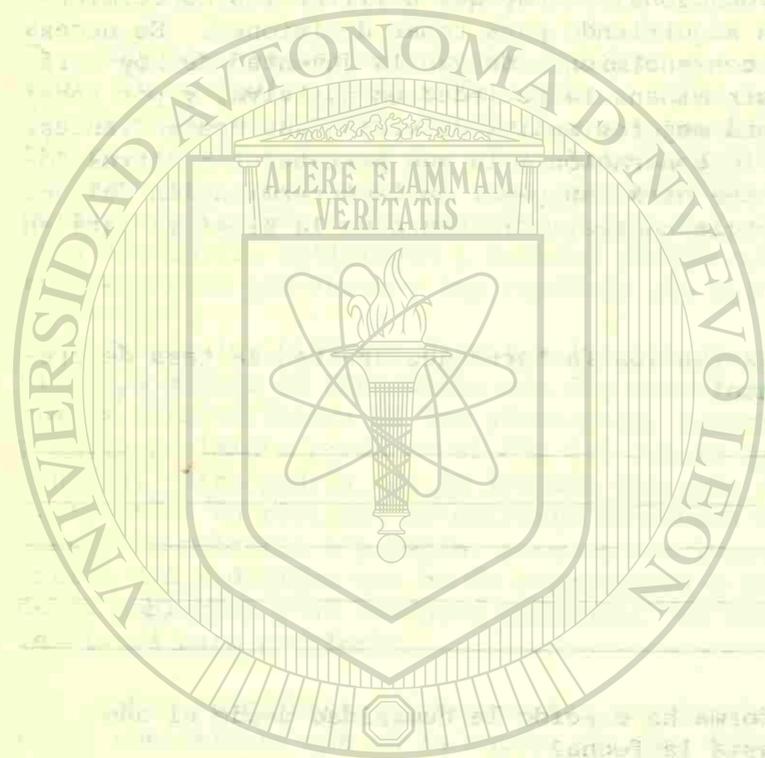
Entonces, ¿cuál es la respuesta?. Desde el punto de vista biológico es necesario continuar buscando más hechos relacionados con el fenómeno del crecimiento y con todos los demás problemas mencionados en este capítulo. Aunque también debemos recordar que como miembros de una sociedad, y como individuos, podemos decidir y poner en acción estas decisiones para crear el tipo de sociedad en que deseamos vivir.

Pero, ¿sabemos lo que deseamos?. En los años 1980, 2000 y 2026, ¿qué edad tendrán los que ahora cursan el bachillerato, su formación vocacional?. Hay que utilizar los conocimientos que se van adquiriendo para tomar decisiones. Es necesario llegar al convencimiento de que la juventud de hoy será capaz de dirigir mañana la sociedad en que viva, y por consiguiente ofrecerá mejores medios de vida a sus descendientes. Confiamos que la generación a la que pertenecen nuestros jóvenes estudiantes hará un papel en la determinación del destino de la especie humana. El futuro de la biosfera está en sus manos.

a).- ¿Cuáles son los factores que afectan la tasa de crecimiento?

b).- ¿En qué forma ha crecido la humanidad desde el año 1 D.C. hasta la fecha?

e).- ¿Qué solución propondría usted para frenar la sobrepoblación?



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3er. SEMESTRE.

ÁREA I.

UNIDAD XV.

REPASO GENERAL.

INTRODUCCIÓN.

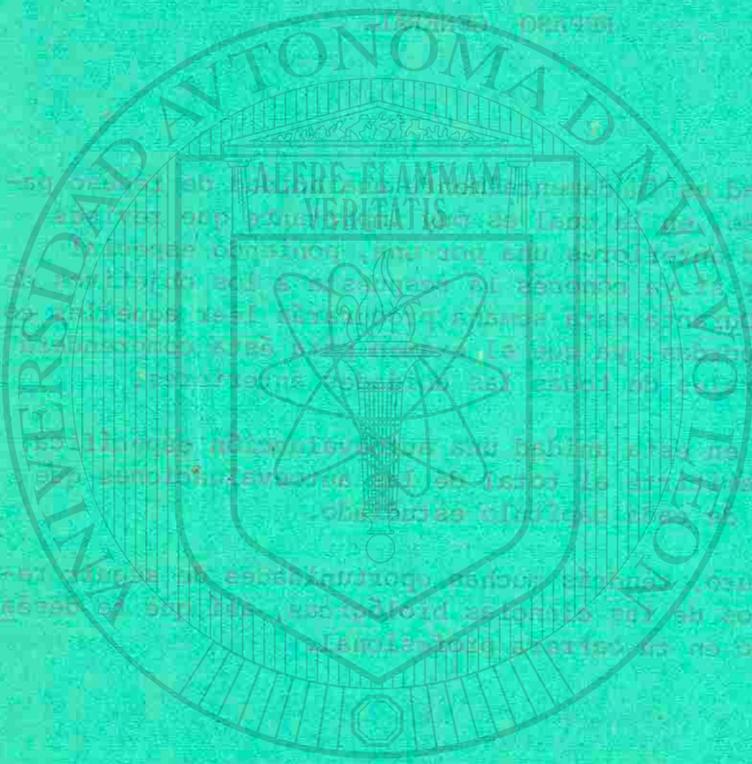
Esta unidad es fundamentalmente una unidad de repaso para todo el curso, en la cual es muy importante que revises las 14 unidades anteriores una por una, poniendo especial atención en ver si ya conoces la respuesta a los objetivos de cada unidad. Durante esta semana procurarás leer aquellas cosas que no recuerdas, ya que el examen para ésta comprenderá preguntas generales de todas las unidades anteriores.

No existe en esta unidad una autoevaluación específica, ya que debes remitirte al total de las autoevaluaciones que están al final de cada capítulo estudiado.

En el futuro, tendrás muchas oportunidades de seguir revisando aspectos de las ciencias biológicas, así que te deseamos mucho éxito en tu carrera profesional.

PROCEDIMIENTO.

Esta unidad se considera como repaso, el alumno deberá repasar los objetivos y cuestionarios que correspondan a las 14 unidades anteriores.



3er. SEMESTRE.

ÁREA I.

UNIDAD XV.

REPASO GENERAL.

INTRODUCCIÓN.

Esta unidad es fundamentalmente una unidad de repaso para todo el curso, en la cual es muy importante que revises las 14 unidades anteriores una por una, poniendo especial atención en ver si ya conoces la respuesta a los objetivos de cada unidad. Durante esta semana procurarás leer aquellas cosas que no recuerdas, ya que el examen para ésta comprenderá preguntas generales de todas las unidades anteriores.

No existe en esta unidad una autoevaluación específica, ya que debes remitirte al total de las autoevaluaciones que están al final de cada capítulo estudiado.

En el futuro, tendrás muchas oportunidades de seguir revisando aspectos de las ciencias biológicas, así que te deseamos mucho éxito en tu carrera profesional.

PROCEDIMIENTO.

Esta unidad se considera como repaso, el alumno deberá repasar los objetivos y cuestionarios que correspondan a las 14 unidades anteriores.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



U A N

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA