

**Anatomía
comparada
del aparato
digestivo.**

HORACIO JINICH*

EL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA y de la fisiología comparadas de los aparatos y sistemas es de interés no sólo para el especialista de estas disciplinas biológicas sino para el médico clínico dedicado al diagnóstico y al tratamiento de los enfermos. En efecto, un vistazo aunque superficial a este vastísimo campo le permite adquirir una nueva dimensión y por ende una mejor comprensión integral del funcionamiento normal y patológico de esos órganos y sistemas en el ser humano.

Si echamos, de esta manera, un vistazo a los dispositivos anatómicos que tienen como función la prehensión de los alimentos y su digestión, nos damos cuenta mejor que nunca de la importancia que la función digestiva tiene para la homeostasis y para la conservación de la vida; somos testigos de cómo tiene lugar ese fenómeno biológico fundamental que es la evolución y, por último, nos maravillamos ante el espectáculo de la capacidad de la materia viva para adaptarse a todas las condiciones ambientales imaginables.

Un esquema de la evolución del aparato digestivo podría ser el siguiente:

1. Diferenciación protoplásmica
2. Diferenciación celular
3. Diferenciación tisular
4. Digestión extra-celular
5. Diferenciación orgánica
6. Tejido muscular y peristaltismo
7. Celoma
8. Hígado y páncreas
9. Adaptaciones secundarias.

* Del Hospital de Enfermedades de la Nutrición.

b. A circunstancias ambientales particulares.

b. A circunstancias ambientales particulares.

La mayoría de las plantas están restringidas a una dieta, su alimentación es monótona en extremo y se fabrica en los laboratorios sintéticos de las células verdes de las hojas y del tallo a partir de materias brutas uniformemente distribuidas, como el CO_2 , el oxígeno y el agua con sus sales disueltas. Los líquidos subterráneos son absorbidos por osmosis por las vellosidades de las raíces, que rápidamente se colapsarían si se expusieran al aire seco. Pero esto no sucede ordinariamente: las vellosidades permanecen constantemente protegidas en la tierra húmeda, puesto que la planta no tiene que desplazarse en busca del alimento. Los animales carentes del poder de sintetizar alimento no pueden permanecer anclados en un sitio fabricándolo a partir de los materiales brutos que los rodean: tienen que buscar alimento pre-fabricado.

También, como las plantas, los animales, en último análisis, dependen de la entrada, por mecanismo osmótico, de los alimentos a través de las membranas celulares. Pero estos elementos celulares no pueden permanecer sin peligro expuestos al aire, en el cuerpo de animales que se mueven. Las células deben protegerse de las lesiones me-

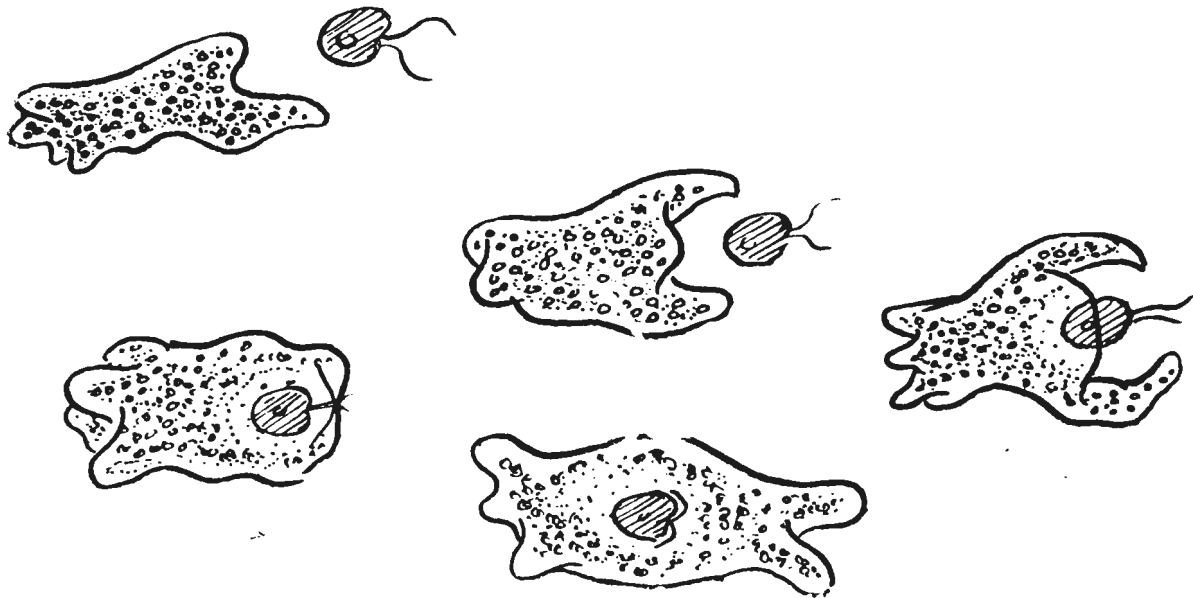


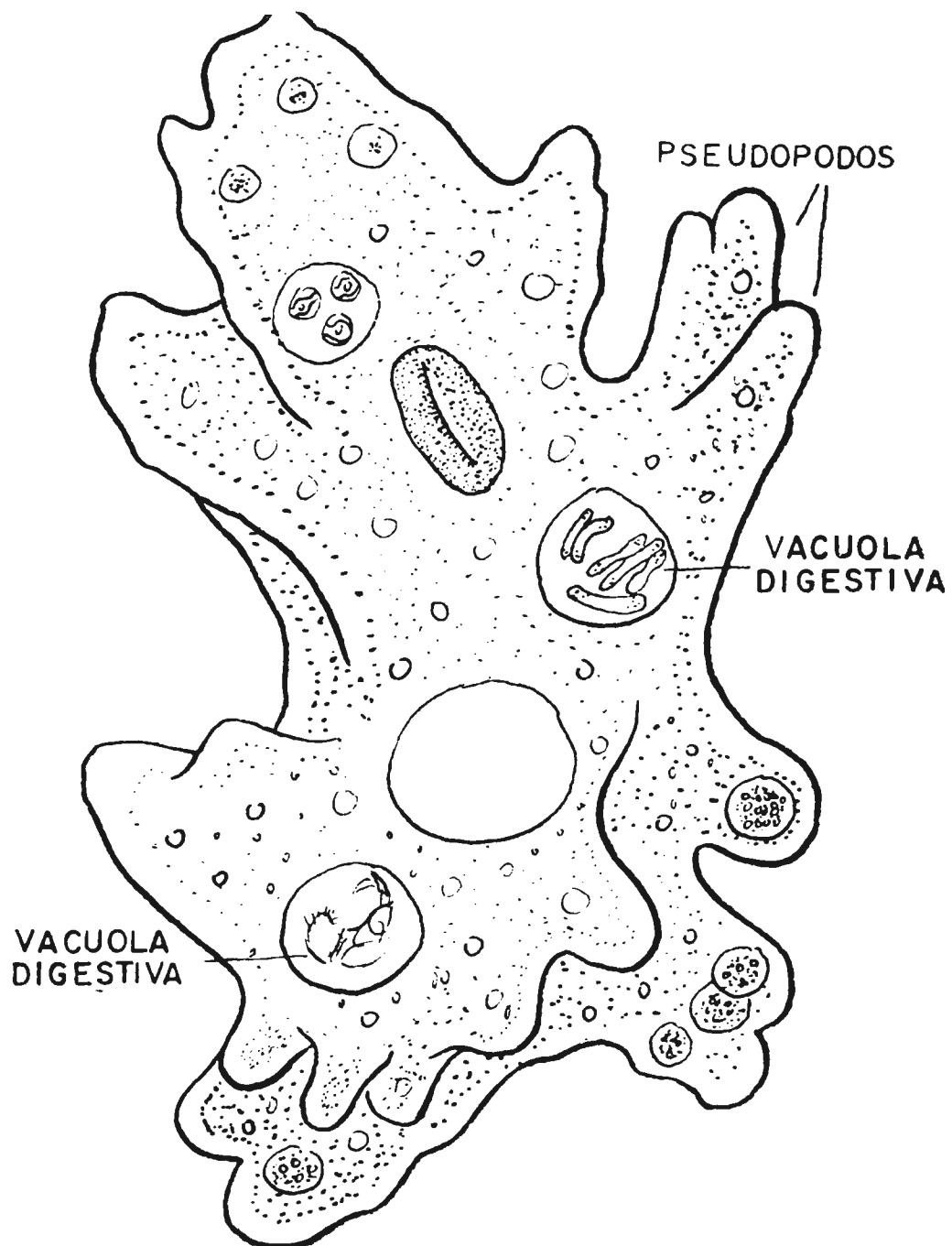
Fig. 1.

(Figuras de la 1 a la 13, tomadas de: Buchsbaum, R. Animals without backbones. Penguin Books, London, 1958).

cánicas y de la desecación, y así se explica la evolución, en los animales locomotores, del tubo digestivo, que es un viaducto para el tránsito uni-direccional, pavimentado por células absorbentes, de paredes delgadas, correspondientes a las vellosidades capilares de las raíces.

En las formas unicelulares más bajas, el proceso de entrada de alimentos se realiza en el exterior del cuerpo, a la manera de las plantas.

Fig. 2



En las amibas, la captura e ingestión de los alimentos se realiza mediante la formación de pseudópodos que, proyectándose a los lados y por encima de la presa, la rodean, y finalmente, la incorporan al citoplasma. Se forma así la vacuola alimenticia. (figs. 1 y 2). En ella, el alimento sufre procesos enzimáticos y se asimila al citoplasma mientras que los fragmentos indigeribles son eliminados de la manera más simple posible: empujados al extremo temporalmente posterior de la amiba, que finalmente los deja atrás al desplazarse.

DIFERENCIACIÓN PROTOPLÁSMICA.

A pesar de ser también unicelular, la Paramecia tiene mecanismos digestivos mucho más especializados (fig. 3). El alimento sólo puede penetrar por un sitio definido de su superficie: el surco oral que termina en el poro oral, desde el cual se extiende un tubo infundibuliforme, verdadero esófago, hacia el citoplasma. Es notable cómo dentro de una sola célula se diferencia ya un verdadero aparato digestivo.

Cuando la paramecia se aproxima a la presa, la contracción de los cilios en el surco oral lo impulsa hacia el esófago y, al penetrar al citoplasma, se forma una vacuola digestiva. Si la cacería es fructífera, la paramecia puede llenarse de vacuolas digestivas, en las que se realiza la digestión. Los remanentes indigeribles son eliminados del cuerpo del protozooario a través de un bien definido "poro anal".

DIFERENCIACIÓN CELULAR.

Ascendamos ahora por la escala zoológica para entrar al reino de los animales multicelulares. En los unicelulares hemos visto que existe cierto grado de "especialización" pero ésta es muy limitada y consiste en "diferentes clases de protoplasma". En cambio, en los metazoarios más primitivos, las esponjas, ya hay un "grado celular de diferenciación" es decir, ya se ven células especializadas: sólo algunas de ellas adquieren alimentos y los pasan a otras células, especializadas en otras funciones. Una esponja simple (*Leucosolenia*. Fig. 4) es un saco en forma de vaso con un gran orificio en su extremo superior (ósculo exhalante) y múltiples poros microscópicos que perforan sus paredes. La superficie exterior del saco está revestida de un epitelio mientras que la gran cavidad interna está cubierta de células especiales llamadas coanocitos o "células en cuello" porque su extremidad libre está rodeada por

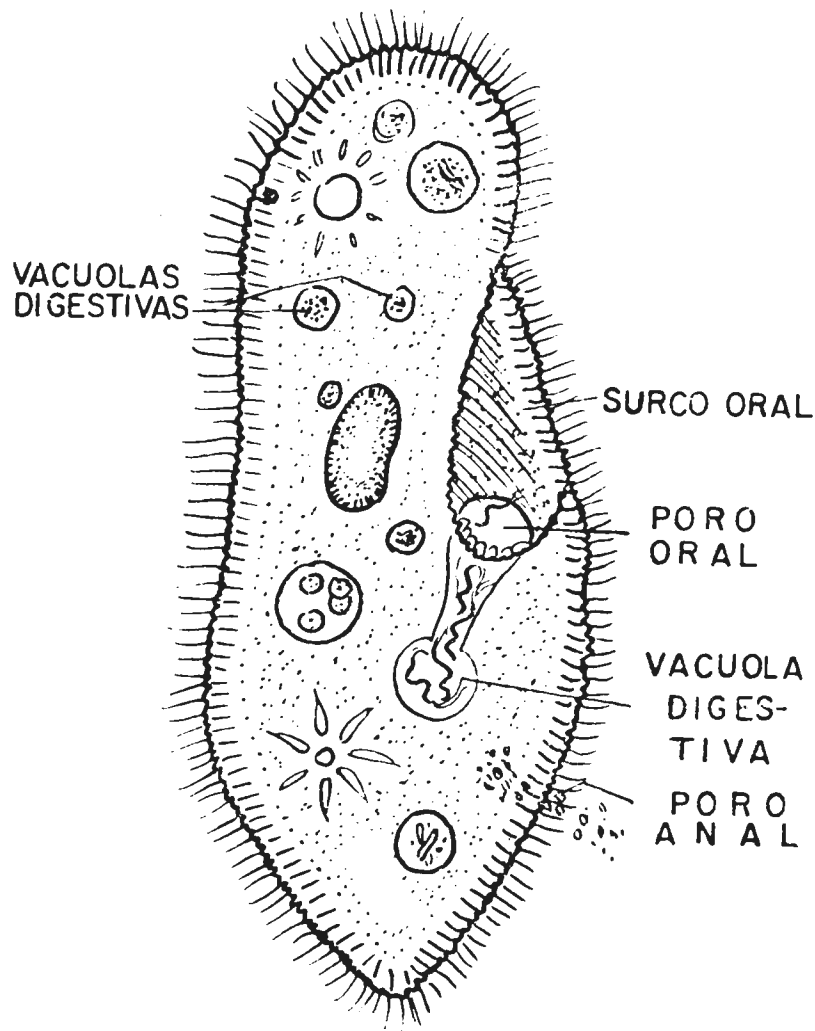


Fig. 3

un delicado cuello de citoplasma; tiene también esta extremidad libre un largo flagelo que al ser batido origina corrientes de agua que penetran a la esponja por los poros, pasa através de la cavidad principal y sale por el ósculo. Al paso de la corriente de agua, los coanocitos capturan el alimento, lo incluyen en su citoplasma formando vacuolas digestivas o lo pasan a otras células, mesenquimatosas, que continúan la digestión y que, mediante movimientos amiboides, transportan los alimentos digeridos y llevan productos de desecho a las superficies, para su arrastre por las corrientes de agua. Véase que estos animales, al igual que las hidras, corales y anémonas de mar, tienen un saco digestivo, abierto en un extremo, y nada más. En estos animales pioneros todo se sacrifica a la finalidad de tener un lugar adecuado para disponer del

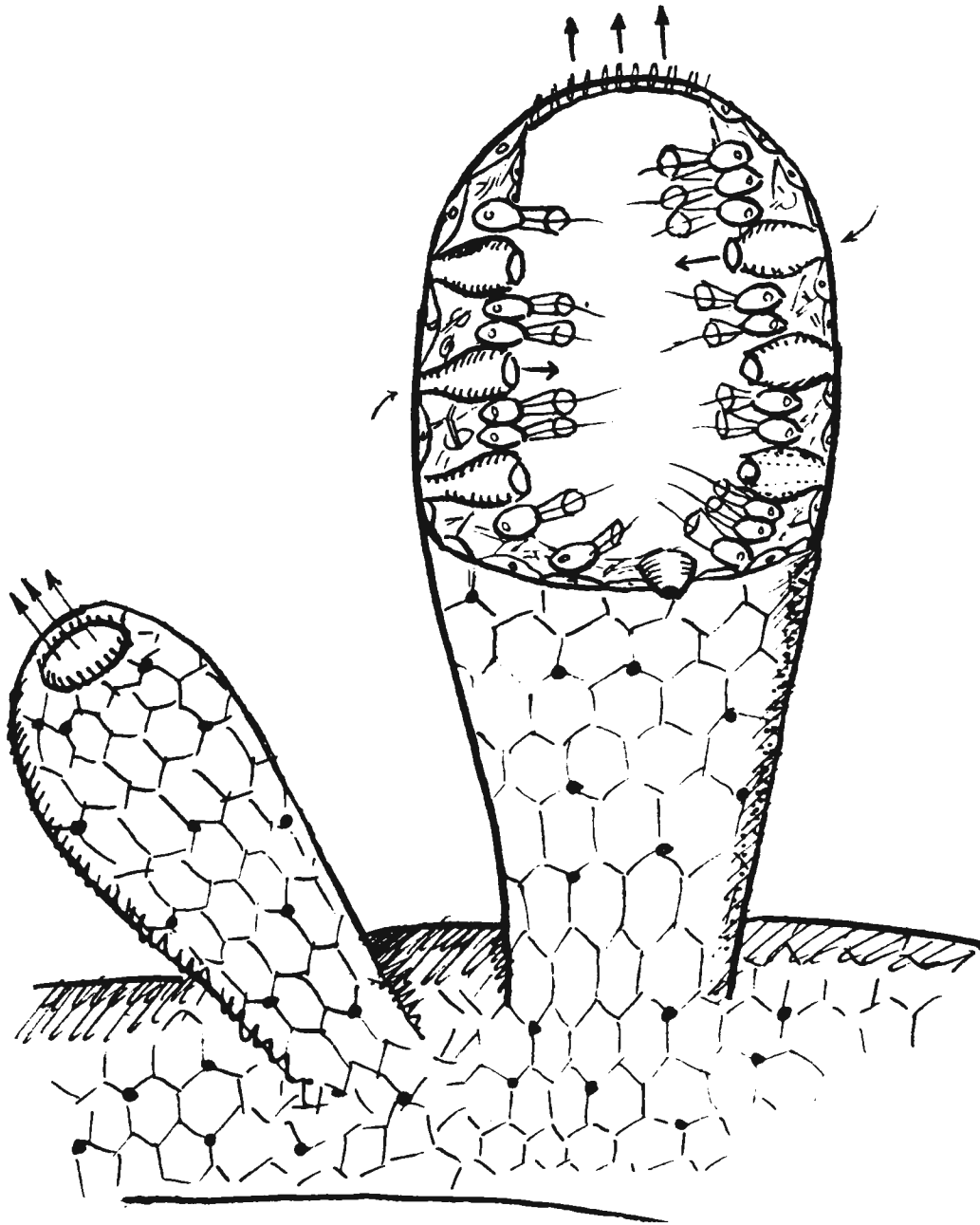


Fig. 4

alimento. La forma misma del cuerpo se subordina al saco alimenticio y se puede decir que todo el animal no es más que un saco alimenticio animado, decorado alrededor de la abertura, por un frasco de tentáculos. La importancia del aparato digestivo queda así demostrada claramente por su establecimiento precoz.

DIFERENCIACIÓN TISULAR Y DIGESTIÓN EXTRA-CELULAR

dica, en efecto, el hecho de que la principal cavidad del cuerpo es la digestiva. En los celentereados empieza ya a manifestarse la asociación de células especializadas para formar tejidos, es decir, han alcanzado el "nivel tisular de organización". Al alimentarse, la hidra no persigue

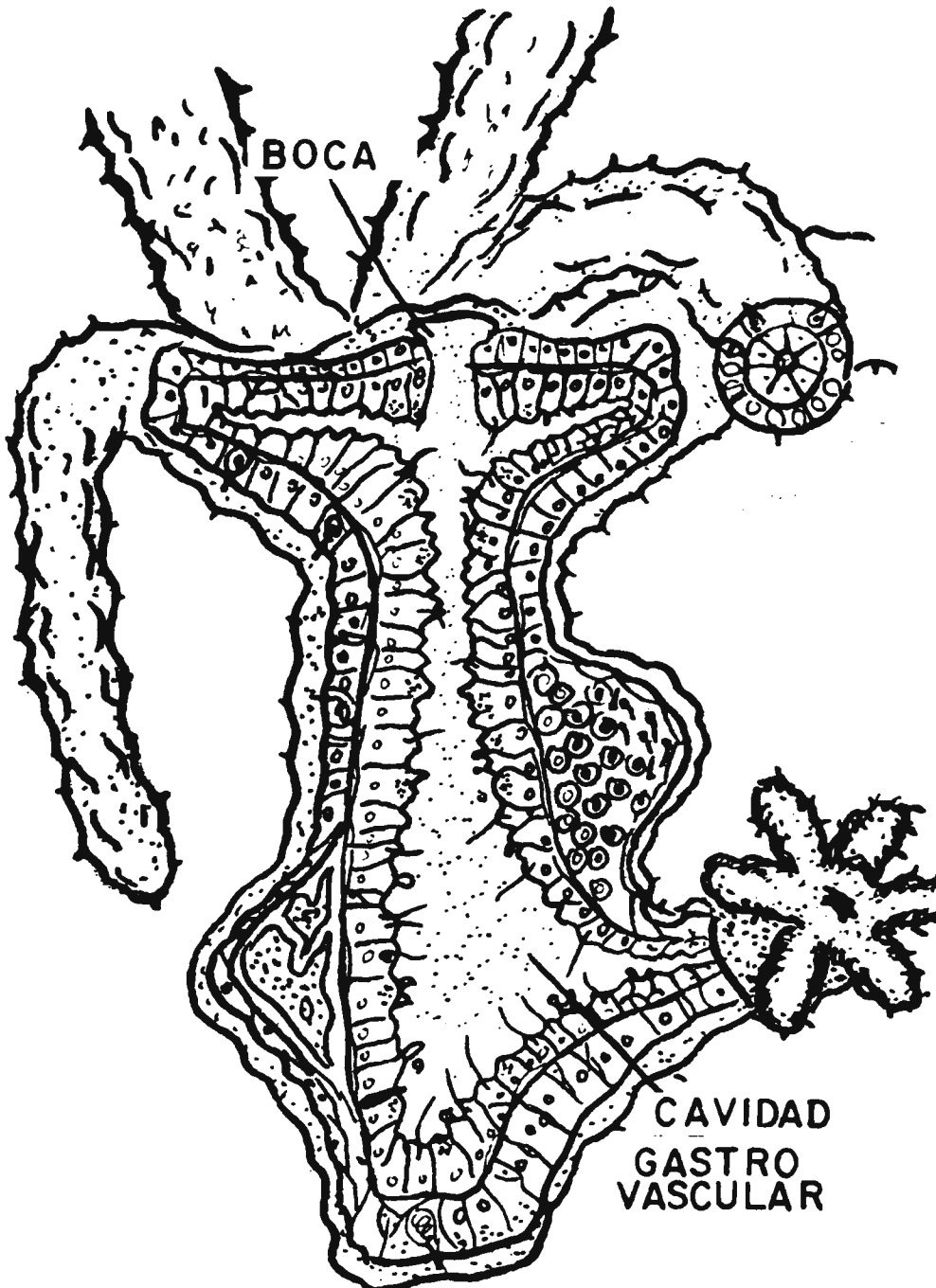


Fig. 5

a su presa sino que permanece adherida al substrato, con sus tentáculos flotando en el agua.

Cuando algún pequeño crustáceo o gusano roza algún tentáculo, se ve súbitamente acibillado por una lluvia de filamentos envenenados, paralizantes, disparados desde ciertas cápsulas (nematocistos). Una vez paralizado el animal, los tentáculos lo apresan y lo llevan a la boca. La digestión tiene lugar en la cavidad interior. Células glandulares secretan enzimas proteo y lipolíticas y el alimento es incorporado gracias a la actividad amiboide (Fig. 6) de células "nutritivo-musculares", en el interior de cuyas vacuolas se completa la digestión. Aquí, pues, por primera vez, la digestión tiene lugar en la gran cavidad digestiva, en la que se vierten enzimas, y por ello la hidra puede comer animales muy grandes, mientras que en la esponja, como en los protozoarios, la presa debe ser de tan escaso tamaño, que pueda quedar incluida dentro de una sola célula. Los escasos restos indigeribles son eliminados a través de la boca, que sirve, así, también, de ano. El alimento digerido pasa por difusión de célula en célula. Además, los movimientos musculares del cuerpo y el batir de los flagelos de las células del endodermo, originan corrientes que hacen circular el alimento. Por ello la cavidad tiene la doble función de digestión y circulación y se le ha llamado "gastro-vascular".

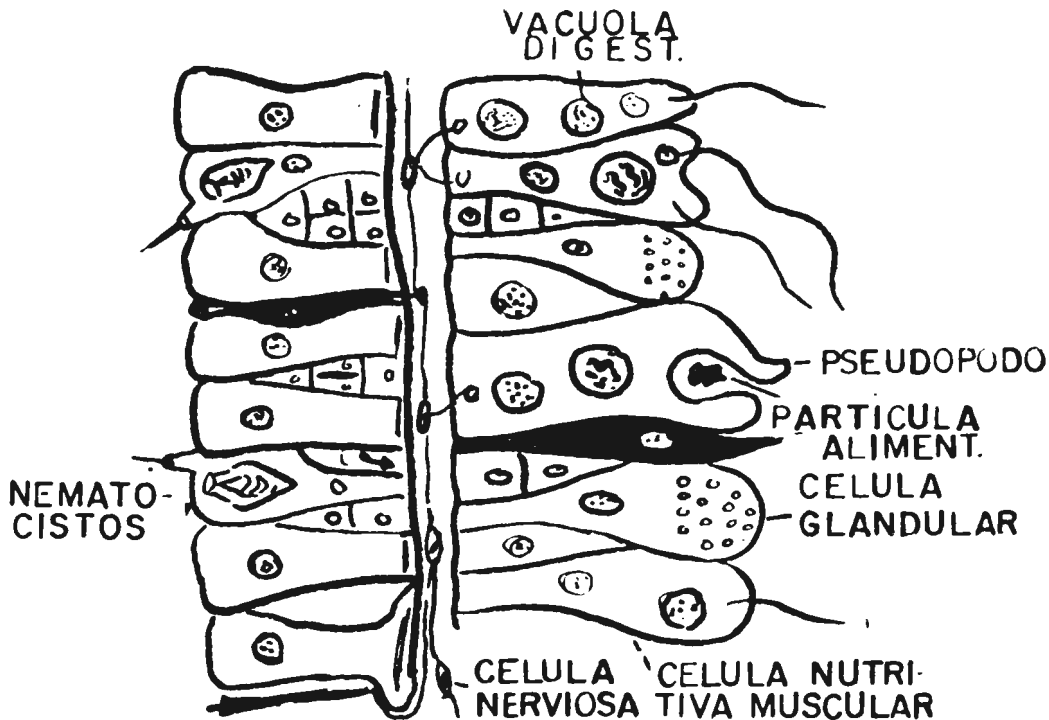


Fig. 6

DIFERENCIACIÓN ORGÁNICA.

Un salto más en la escala zoológica y nos encontramos con el phylum Platelminos, al que pertenecen las Planarias. A partir de los platemintos aparece ya el mesodermo y, en consecuencia, se desarrollan ya los músculos y otras estructuras que hacen posible una mayor complejidad y eficiencia. Otro avance importantísimo que se observa en estos organismos es la aparición de órganos, es decir, de asociaciones de tejidos adaptados para integrar una estructura que ejecutará eficientemente una función. En el sistema digestivo de la planaria la boca no se encuentra en la cabeza sino casi a la mitad de la superficie ventral. Se abre en una cavidad que contiene un órgano muscular, la faringe (fig. 7) fija sólo en su extremidad anterior. El órgano, gracias a sus

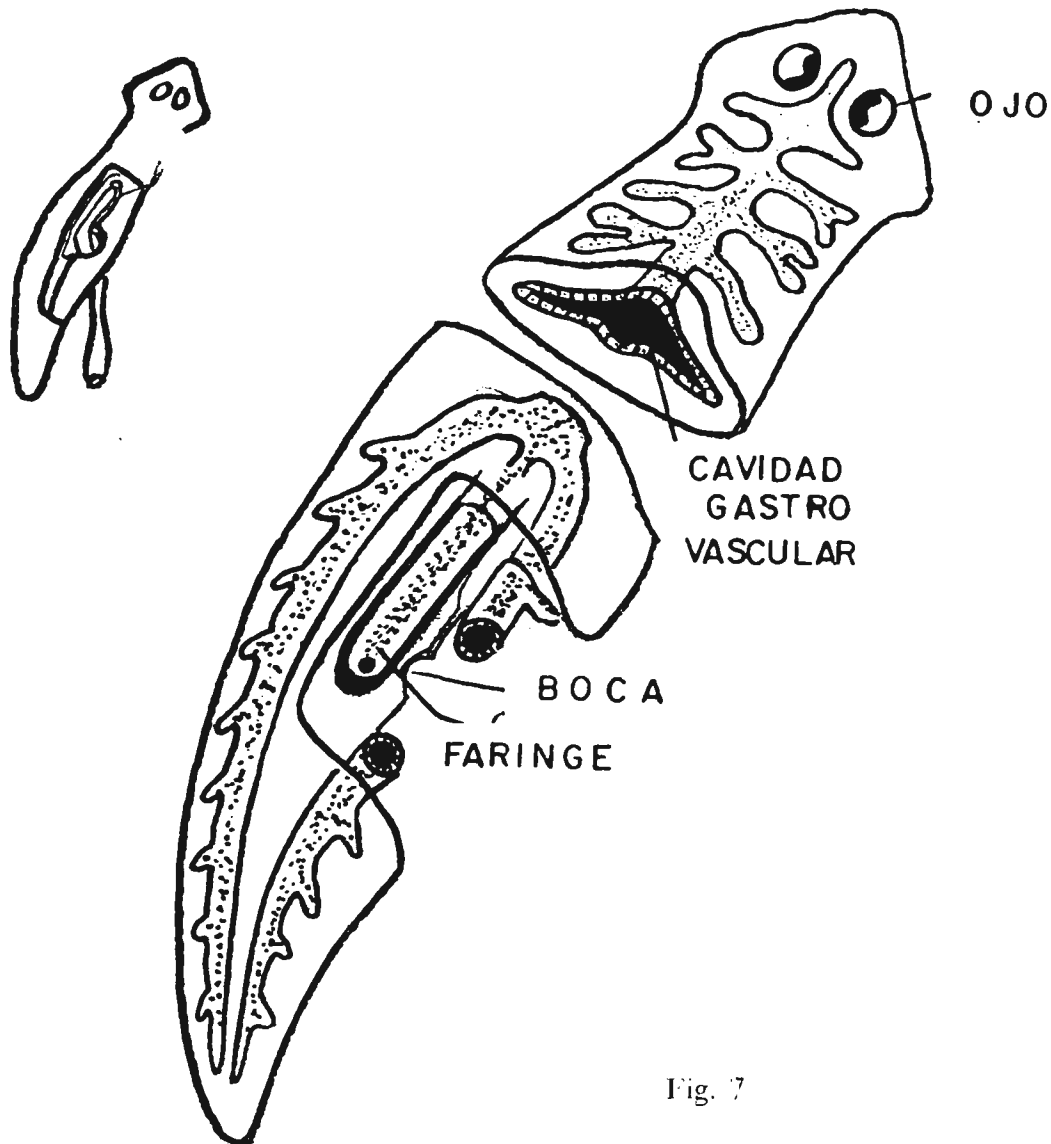


Fig. 7

músculos, puede alargarse, hacer prociencia saliendo de la boca al obtener alimentos, que despedaza y devora. Del extremo anterior de la faringe, el resto del aparato digestivo se extiende a lo largo del animal y consiste en una rama anterior y dos posteriores, las 3 ramificadas, permitiendo así una mejor distribución del alimento. Prácticamente no hay digestión en la cavidad gastro-vascular, porque el alimento es fragmentado antes de ser ingerido y, así, está listo para ser incorporado en forma amiboide por las células epiteliales.

En los moluscos, de los cuales como representante tomaremos a la almeja (fig. 8) hay una boca, esófago y estómago. Este está conectado con una gran glándula digestiva, que lo rodea. A partir del estómago el intestino corre ventralmente, hace varias asas dentro del pie y luego corre dorsalmente otra vez, atraviesa el pericardio y termina en el ano. En vista de que el animal sólo come alimentos finalmente cidos, la digestión es principalmente intra-celular. El alimento penetra en parte a la glándula digestiva cuyas células ingieren y fragmentan a las partículas sólidas. La digestión proteica y la grasa son intra-celulares. La única enzima extracelular es la amilasa, que se libera en el es-

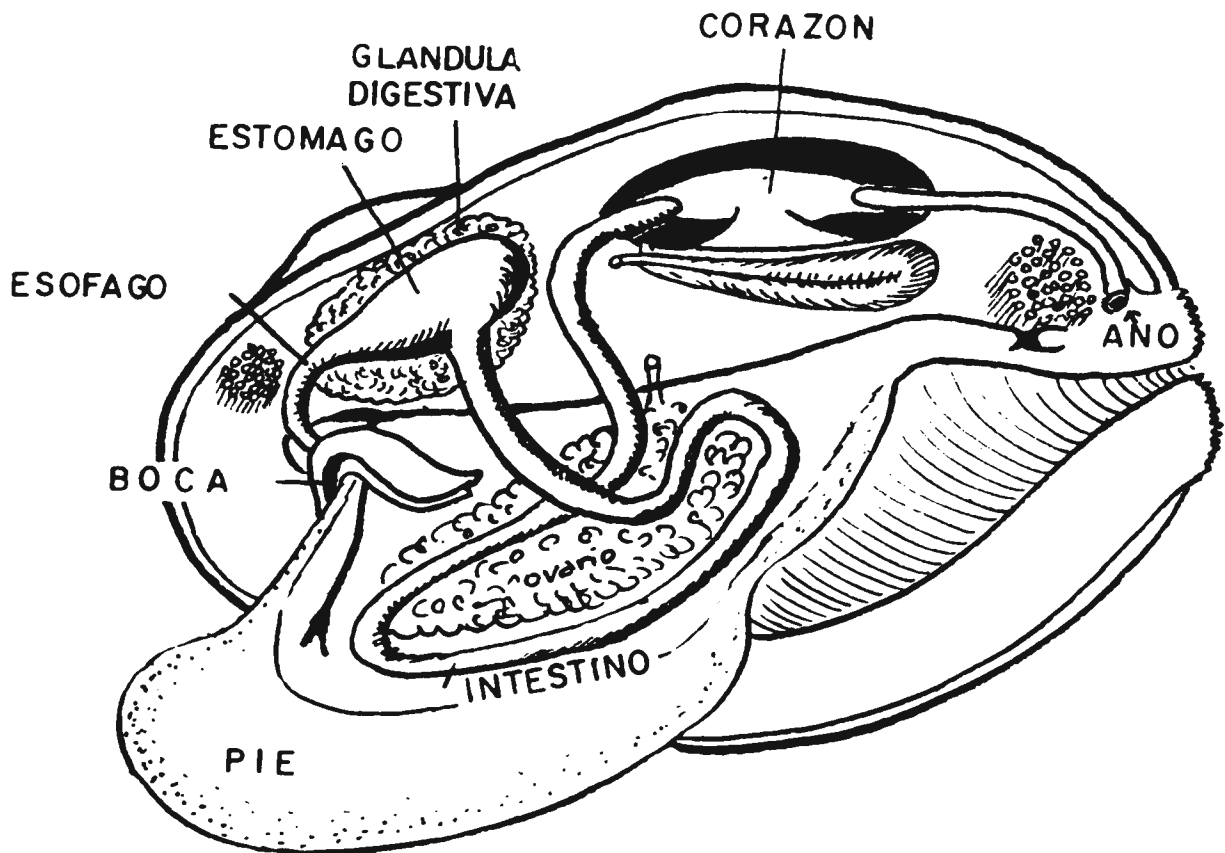


Fig. 8

tómago de una manera muy curiosa; por la disolución de un “bastón o estilete” cristalino, una varilla gelatinosa que, insertada en el intestino, se proyecta al estómago y, al frotarse contra sus paredes, se desgasta y desprende su enzima.

Los gusanos pueden considerarse como tubos digestivos ambulantes, con la extremidad oral apuntando hacia el mundo de los alimentos. En ese extremo “explorador” se concentran órganos de los sentidos, que le informan hacia donde dirigirse. Y los vertebrados son morfológicamente, “gusanos” con ciertos accesorios adicionales. (fig. 9).

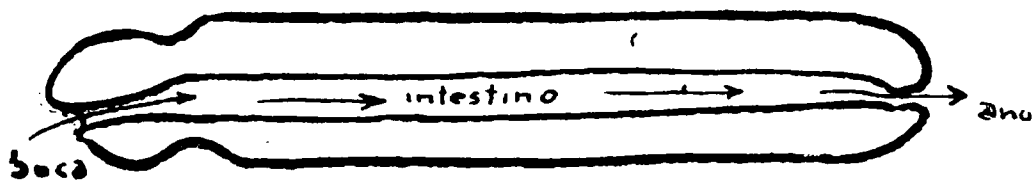


Fig. 9

TEJIDO MUSCULAR Y PERISTALTISMO

Veamos como se encuentra el aparato digestivo en los anélidos cuyo representativo es el Nereis, gusano marino que vive sumergido en la arena de las costas, asomando sólo la cabeza y manteniendo el resto del cuerpo en el interior de un canal (fig. 10). Gracias al movimiento ondulatorio del cuerpo crea corrientes que le traen estímulos químicos procedentes de los animales cercanos, que constituyen su alimento. La víctima es apresada mediante poderosas mandíbulas cornificadas,

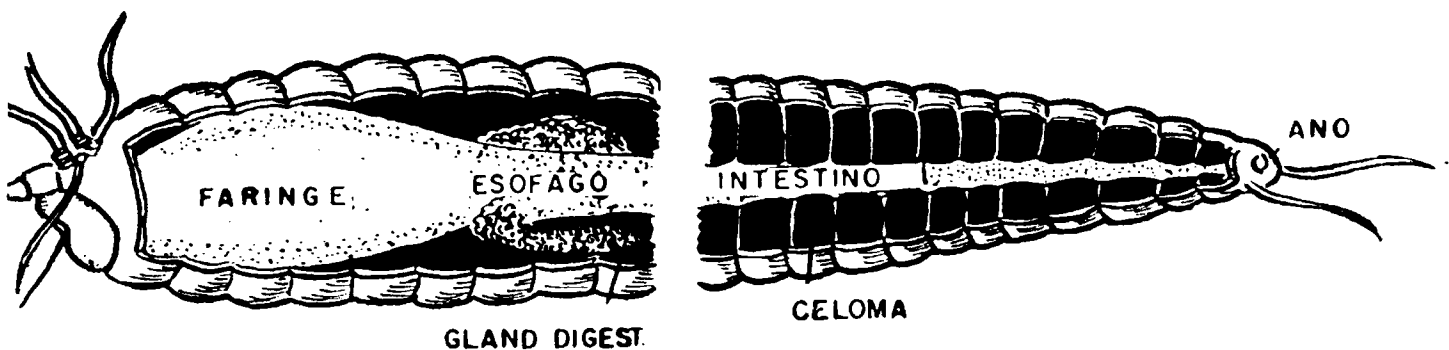


Fig. 10

situadas en la extremidad de una faringe capaz de evertirse. Detrás de ella corre el esófago, en el cual se abre un par de bolsas glandulares, las glándulas digestivas; sigue después un intestino largo y recto hasta el ano. En esta especie aparece por primera vez un avance definitivo: el

epitelio digestivo está rodeado de tejido muscular. Ahora los movimientos del tubo digestivo se han independizado de los del resto del cuerpo, y ha aparecido el *Peristaltismo*. Al mismo tiempo, entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo hay ahora un espacio, el *Celoma*, el equivalente de las cavidades pleural, peritoneal y pericárdica. Y, así, puede afirmarse que el tipo estructural que existe en el *Nereis*, es el que va a persistir en todos los vertebrados, incluyendo al hombre. El vertebrado es, en realidad, un tubo doble. El tubo exterior es la pared protectora del cuerpo; el tubo interior es el canal digestivo. Entre ambos está la cavidad del cuerpo, que hace posible, en un espacio limitado, la cabida de un tubo digestivo mucho más largo y más eficiente que lo que el exterior del animal haría a uno sospechar.

Las lombrices de tierra (fig. 11) se pasan la mayor parte del tiempo tragando la tierra bajo la superficie y depositándola en la superficie. Así, la tierra atraviesa el tubo digestivo de la lombriz, que digiere su contenido en semillas, plantas en descomposición, huevecillos, larvas y cuerpos vivos y muertos de animales. El alimento, deglutido por la faringe, recorre el esófago, provisto de glándulas calcíferas que excretan carbonato de calcio al esófago; este termina en el *Buche*, saco que sirve para el almacenamiento y que es seguido de otro saco, la *Molleja*, con fuertes paredes musculares que, ayudadas por partículas minerales y piedrecillas ingeridas, muelen el alimento. A continuación el alimento pasa al intestino, que termina en el ano. En aquél, el alimento es digerido por jugos secretados y por células glandulares del epitelio. El alimento digerido es absorbido por los vasos sanguíneos de la pared y distribuidos al resto del cuerpo.

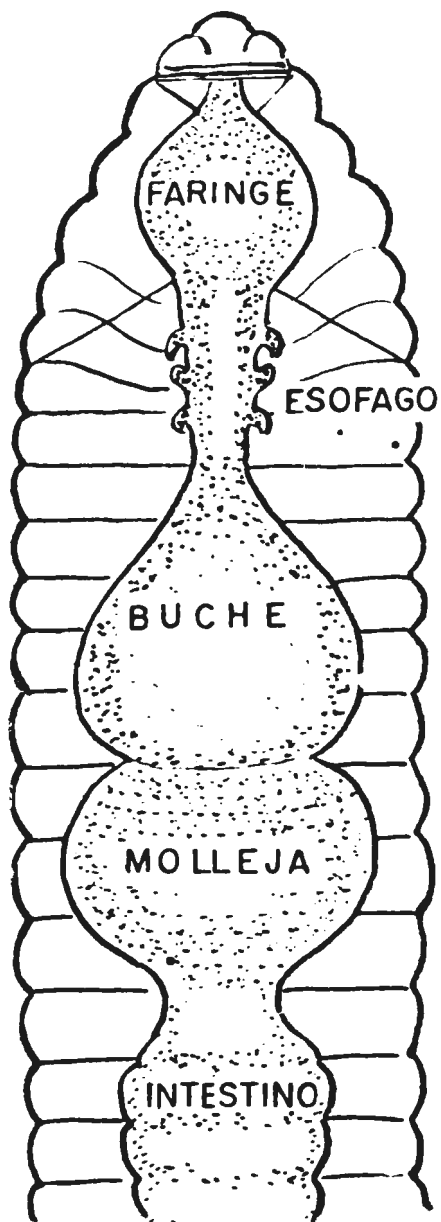


Fig. 11

Pasemos a los insectos y echemos una vista al aparato digestivo del chapulín. (fig. 12). Allí, vemos que existe un intestino anterior, un intestino medio y un intestino posterior. El intestino anterior principia por la boca, recibe la secreción de las glándulas salivares, se continúa con un esófago estrecho, que desemboca en el buche, un saco grande, de paredes delgadas, situado en el tórax y revestido por dentro de crestas espinosas que desgarran el alimento. El buche es un saco de almacenamiento que permite al chapulín comer abundantemente a un tiempo y, luego, digerir con lentitud. Del buche el alimento pasa a la molleja muscular, revestida de dientes quitinosos, en cuyo extremo posterior hay una válvula que impide que el alimento pase al estómago antes de quedar bien molido y, al mismo tiempo, impide toda regurgitación. El intestino medio o estómago, situado en el abdomen, es el principal órgano de absorción y digestión; en su extremo anterior desembocan 6 pares de bolsas, secretoras de jugos digestivos. El intestino es aquí, en realidad, el segmento excretor.

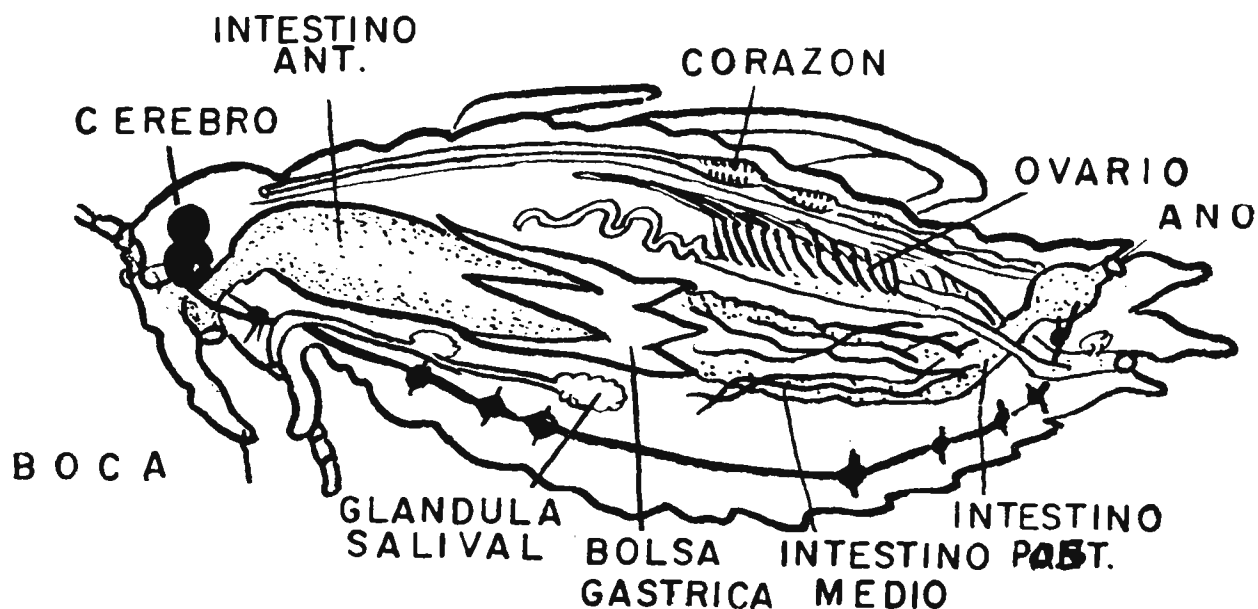


Fig. 12

El grupo de los intestinos es variadísimo, el más numeroso de la Naturaleza. Pero las diferencias son más bien externas: por dentro son más parecidos. Las variaciones en el aparato digestivo dependen de lo que los animales comen. En la cucaracha, que come alimentos sólidos, la molleja está bien desarrollada y revestida de espinas y placas duras.

Los que succionan jugos carecen de molleja. En la abeja el néctar es colectado en un equivalente del buche del chapulín.

Las estrellas de mar se mueven lentamente, pero no les cuesta trabajo atrapar a su presa, pues se alimentan de almejas, que se mueven aún más lentamente, y de ostras, que no se mueven. Cuando logran abrir las valvas, gracias a una presión constante y poderosa, el estómago hace protrusión y envuelve a las partes blandas del animal y las digiere. El material, parcialmente digerido, pasa a los 5 pares de glándulas digestivas (una para cada brazo). Muy poco material indigerible es ingerido por este método y ello explica que casi no haya intestino y que el ano tenga poco uso.

HÍGADO Y PÁNCREAS.

Hay un grupo de animales que constituye el eslabón entre los invertebrados y los vertebrados: son los *Cordados*, animales provistos de un *Notocordo*, varilla cartilaginosa que da soporte al cuerpo. El prototipo es el *Anfioxo*. (fig. 13). Lo que más nos interesa de él es que del

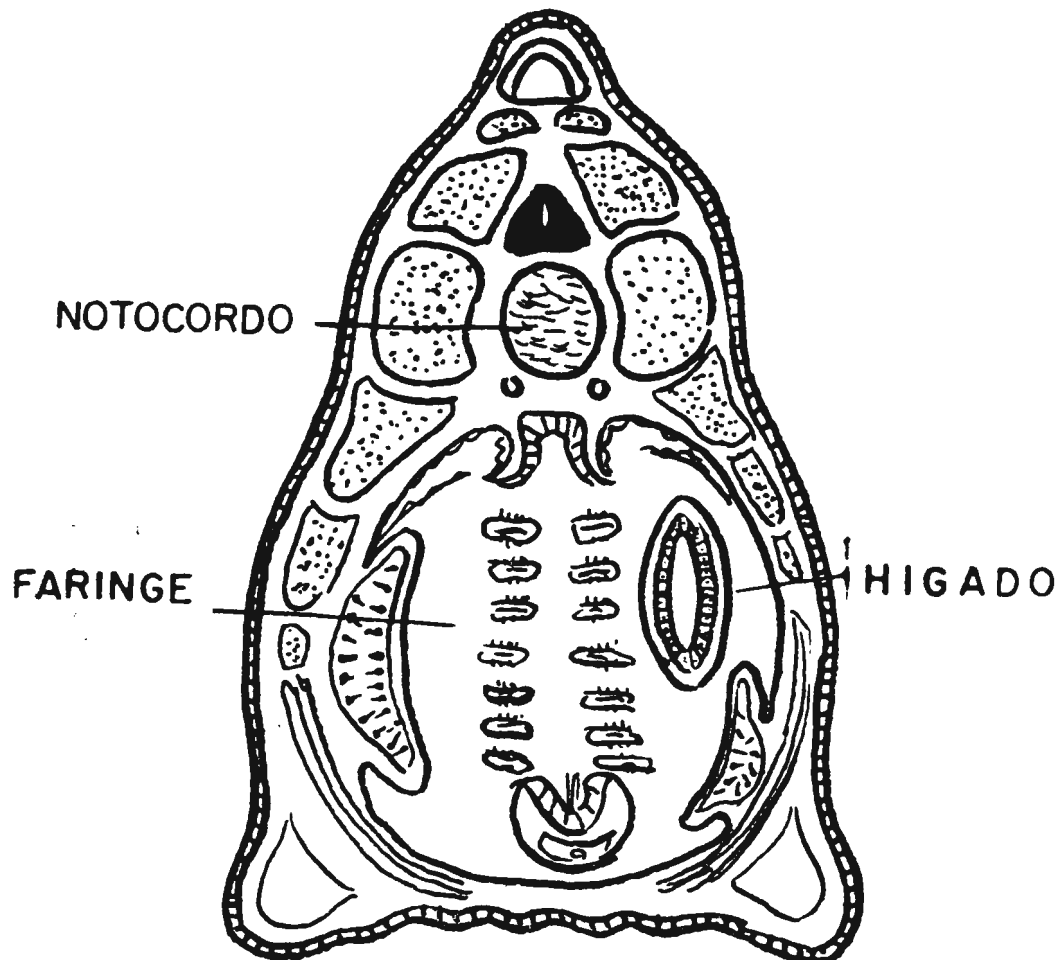


Fig. 13

extremo anterior del intestino sale una glándula hueca, el *Hígado*, que se extiende hacia adelante y secreta un jugo digestivo. Puesto que tiene el mismo origen que el hígado de los vertebrados, por evaginación del tubo digestivo, los 2 órganos se consideran homólogos. Más aún, la sangre que dejan los capilares del intestino pasa por los capilares del hígado, lo que sólo sucede en los vertebrados: hay, pues, ya, un sistema porta.

ADAPTACIONES SECUNDARIAS.

Al entrar ahora al sub-phylum de los vertebrados, no encontraremos novedades importantes; su tubo digestivo es, esencialmente, similar al de los gusanos. Conforme los animales aumentan de volumen, el tubo digestivo se ve obligado a aumentar su superficie interna, para satisfacer las demandas alimenticias. Hay 4 métodos para lograrlo: a) aumentando de diámetro, poco práctico); b) aumento de longitud, lo que es posible gracias al celoma; en el hombre el tubo digestivo tiene entre 7 y 9 mts. de longitud, aunque la distancia entre la entrada y la salida es de sólo 60 cms. c) pliegues internos; d) divertículos. Del estómago, conviene recordar cómo en los rumiantes está constituido por fibras musculares estriadas, con inervación voluntaria, en toda su longitud: lo que hace posible, precisamente, la rumiación. En algunos animales, el esófago es muy elástico, y hay peces que, gracias a ello, pueden tragarse a otro de mayor tamaño. La longitud depende de la del cuello: sapo, jirafa. Una diferenciación importante del esófago es el *Buche*, dilatación lateral en las aves que tiene la gran conveniencia de permitir almacenar temporalmente alimentos adquiridos a toda prisa en presencia de enemigos o competidores. Pero puede estar provisto de glándulas secretoras de enzimas digestivas y los pichones producen allí mismo una sustancia nutritiva caseosa, llamada "leche de pichón" con que, por regurgitación, alimentan a sus crías. La gallina puede reposar en su percha con el buche lleno de maíz, y, mientras descansa, el buche cede gradual y automáticamente su contenido al estómago glandular (fig. 14) y molleja.

Acerca del estómago, es especialmente interesante comentar la extrema subdivisión que sufre en los rumiantes, que tienen 4 estómagos, aunque los 2 primeros pertenecen más bien al esófago y a la categoría de buches. El primero no es más que una espaciosa bolsa de almacenamiento para la retención temporal de hierbas; de allí pasa sin modificación a la segunda, con múltiples depresiones en sus paredes donde la

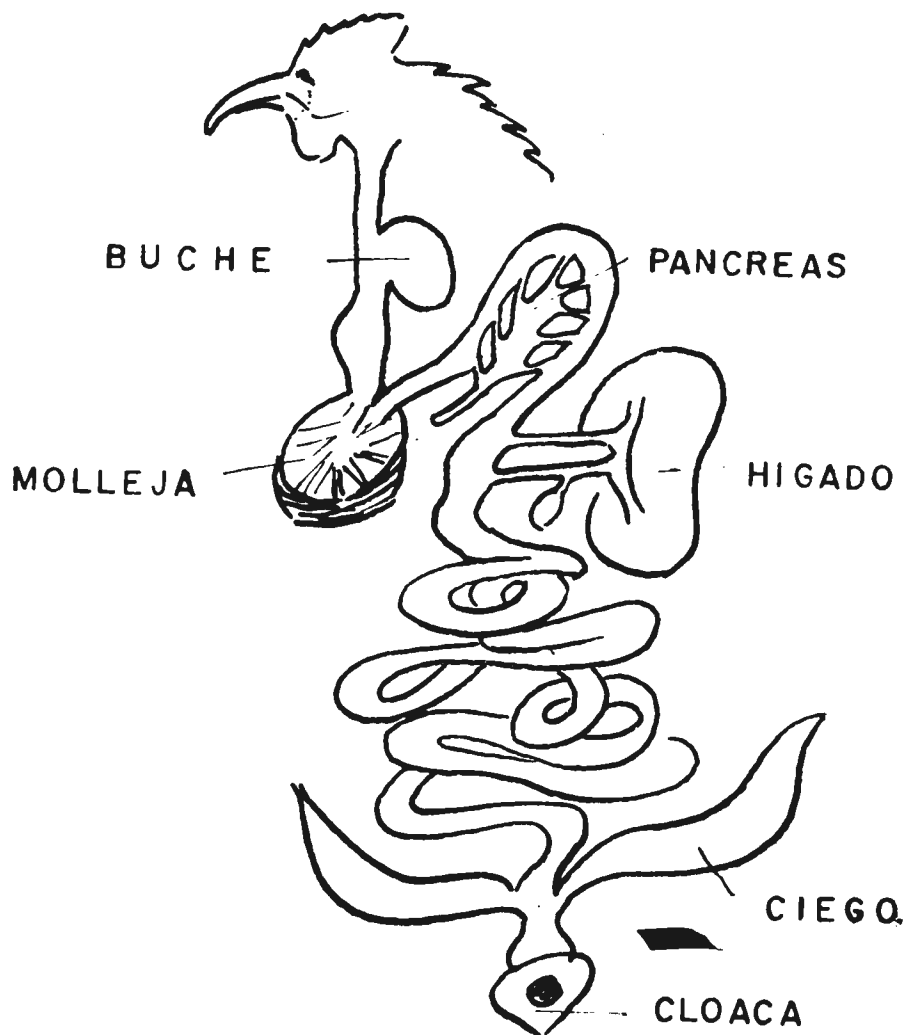


Fig. 14

hierba es reblandecida y comprimida en “panes” que serán regurgitados y masticados y así pasarán a la 3ª cámara, recubierta de numerosos pliegues y comunicada directamente al verdadero estómago glandular donde se realiza la digestión.

El murciélago vampiro exhibe una adaptación peculiar a sus siniestros hábitos de vida: existe una dilatación elástica del estómago que puede llenarse de enormes cantidades de sangre. En las aves, las regiones cardial y pilórica se separan en 2 cámaras muy diferentes: la primera o proventriculus, es glandular; la molleja es muscular y allí el alimento es molido, en lugar de serlo en la boca, como en los mamíferos. Para ayudar a la demolición se retienen en la molleja, temporalmente, piedrecillas.

El Intestino es, indudablemente, el segmento funcionalmente más importante del tubo digestivo. En los anfibios toda la mucosa del tubo digestivo tiene capacidad de absorber. Ya mencionamos antes los diferentes métodos empleados para aumentar la superficie de absorción en otras especies. Así, los ciclostomos tienen un pliegue longitudinal, el *Tiflosol*. En los peces elasmobranquios el tiflosol es más largo que

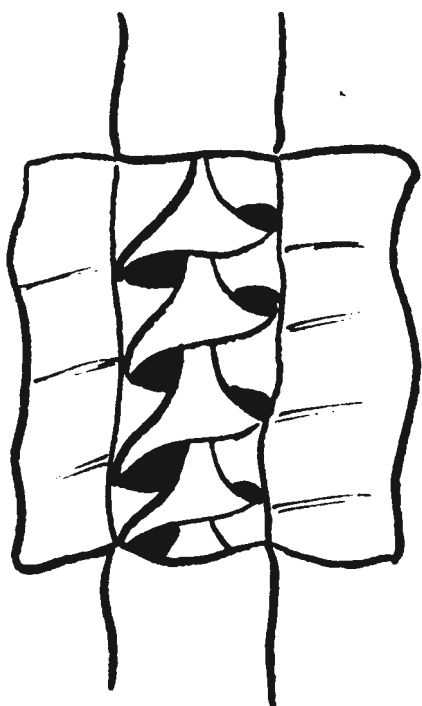


Fig. 15

el intestino y, entonces, se tuerce en espiral (fig. 15). Los peces ganoides y teleostos usan otro método: los ciegos pilóricos, o sea, divertículos sacciformes en la unión gastro-intestinal. (fig. 16) En los anfibios empieza la distinción entre intestino delgado y grueso, y la aparición de vellosidades, que alcanzan la máxima diferenciación en el intestino delgado de los mamíferos. En la tortuga es apenas una pequeña dilatación, pero en los conejos y otros roedores puede ser un tubo enormemente crecido, con una capacidad interna igual a la del resto del tubo digestivo. Las aves tienen un intestino delgado muy largo y serpeginoso, 2 ciegos cólicos (fig. 17) y un colon muy corto puesto que es incompatible con la vida aérea el cargar un lastre de heces innecesariamente retenidas. Entre los

mamíferos hay algunos como los carnívoros, ballenas, murciélagos, que carecen de ciegos o lo tienen único y corto. En cambio, en los herbívoros el ciego es tan largo, que puede incluso exceder la longitud del cuerpo. *El apéndice* no es más que el extremo libre, degenerado, del ciego cólico, y se encuentra en ciertos roedores, gatos, monos y el hombre.

En algunos vertebrados inferiores, incluyendo los monotremos, el recto se abre a la cloaca, cámara que recibe heces, orina y las secreciones genitales.

El Hígado es más antiguo, filogenéticamente, que el páncreas y en un libro de anatomía comparada lo llaman "el más útil y deseable ciudadano, y no menos placentero y amable, ya que mezcla nuestras bebidas, revuelve nuestros cocktails vitamínicos y agrega azúcar y crema al café de la vida". La vesícula biliar existe en animales que comen can-

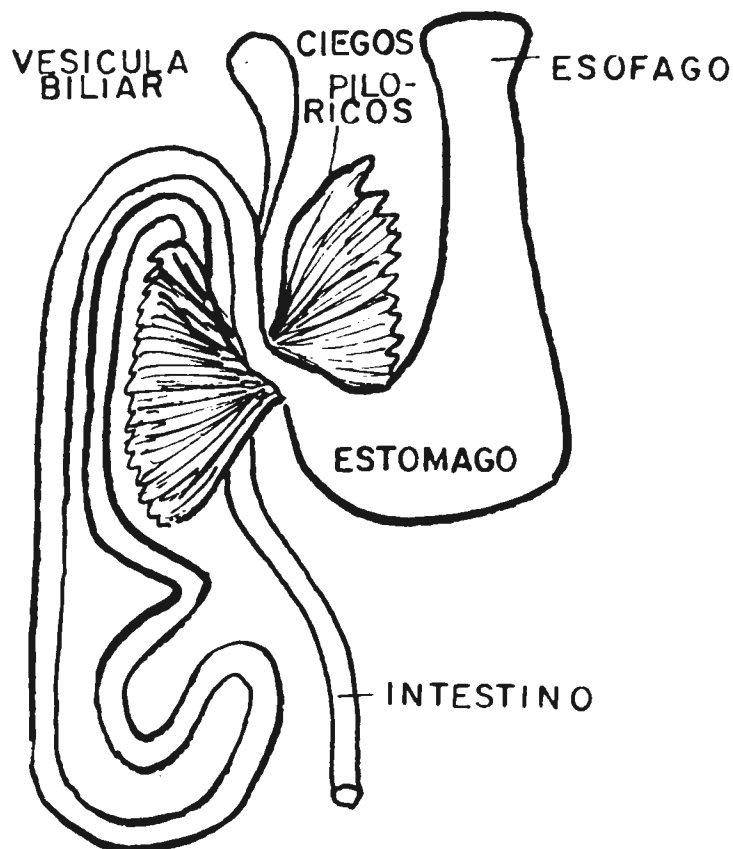


Fig. 16

tidades considerables de alimentos grasos; está ausente en muchos comedores de vegetales. En el anfioxo, el hígado es un saco único, simple, proyectado hacia adelante, rico en capilares procedentes del intestino y tapizado de un epitelio glandular ciliado: probablemente secreta un jugo digestivo. El hígado típicamente tiene 2 lóbulos en la mayoría de los vertebrados, es mayor en los carnívoros que en los herbívoros y en los comedores de grasa que en los que no la incluyen en su dieta.

El páncreas no existe aún en el anfioxo, pero aparece ya en los peces elasmobranquios y en los teleostos, en los cuales está incrustado en la pared intestinal. En el gato es frecuente el desarrollo de una vesícula pancreática, similar en todo a la biliar.

ALGUNAS CONCLUSIONES GENERALES.

1. No obstante las muchas diferencias existentes entre los mecanismos utilizados para apoderarse y triturar el alimento, el fundamento químico del proceso digestivo parece ser siempre esencialmente el

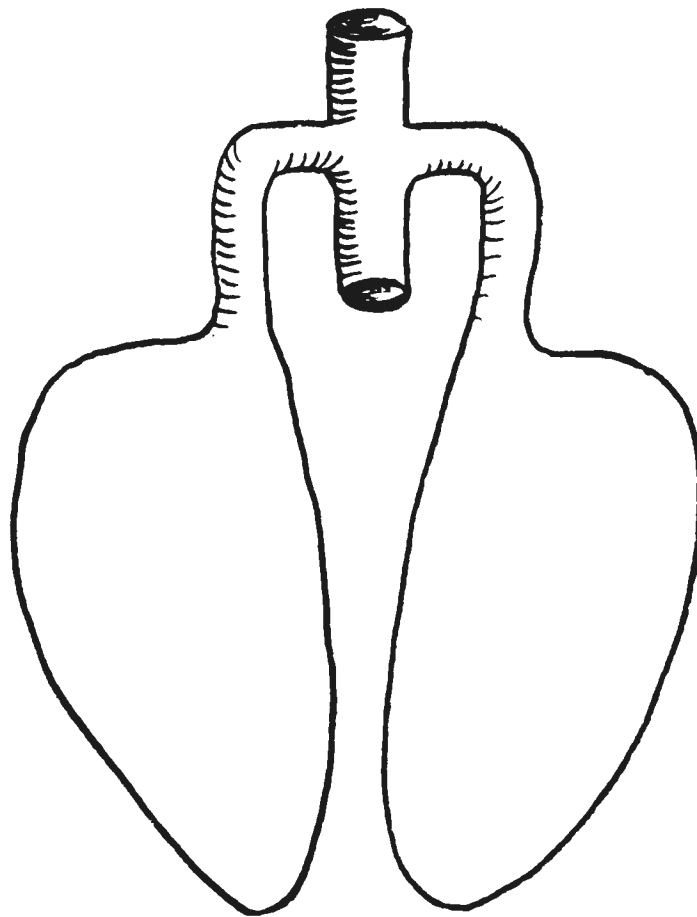


Fig. 17

mismo. Las moléculas alimenticias complejas son hidrolizadas por grupos de enzimas que son casi idénticas en todos los animales.

2. Los animales viven casi enteramente a base de alimentos en forma de partículas.

3. La asimilación puede tener lugar en una de 2 formas: a) Por fagocitosis de las partículas materiales seguida de la digestión celular (intra), lo cual requiere una selección previa de dichas partículas. b) Digestión extracelular que precede a la asimilación e implica la secreción de enzimas extracelulares por glándulas digestivas especializadas. La digestión extracelular surgió quizá como respuesta a la necesidad de reducir el tamaño de masas de alimento relativamente grandes como medida preliminar a la fagocitosis. Al aumentar la complejidad la fagocitosis pasa a tener una misión cada vez menos importantes en el proceso de la digestión. La capacidad de absorción de los epitelios digestivos queda restringida a partículas cada vez menores hasta que, finalmente,

en los vertebrados superiores, el alimento ha de ser digerido para transformarse en productos muy simples, solubles en el agua, antes de que pueda tener lugar su absorción. En los mamíferos no hay de hecho fagocitosis en la digestión y las grasas mismas, insolubles, gracias a la presencia de sales biliares y de los productos de la digestión parcial de una parte de la grasa total, se encuentran lo bastante finamente dispersas para poder pasar sin previa transformación por los poros de la pared intestinal.

4. Los pasos sucesivos en la evolución del aparato digestivo en las especies son:

- a) diferenciación protoplásmica (amibas, infusorios)
- b) diferenciación celular (esponjas)
- c) diferenciación tisular (hidras, anémonas)
- d) digestión extracelular (idem.)
- e) diferenciación en órganos y aparatos (planarias)
- f) tejido muscular y peristaltismo (planaria)
- g) celoma (planaria)
- h) hígado y páncreas.