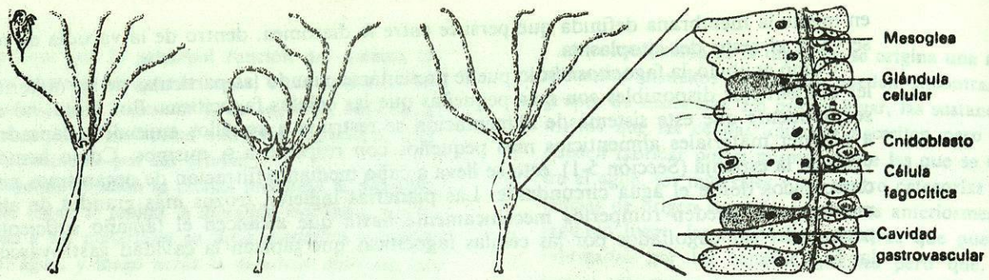


Fig. 10-3

Serie de acciones de la hidra en busca de alimento. La digestión preliminar se efectúa en la cavidad gastrovascular, mediante enzimas secretadas por las células glandulares. La digestión final es intracelular y seguida por fagocitosis.

Entre las células que tapizan la cavidad gastrovascular se encuentran células glandulares que segregan enzimas digestivas en el flúido de la cavidad gastrovascular. Allí tiene lugar la digestión inicial de la presa. Las partículas pequeñas pero aún sólidas a las cuales ha sido reducida la presa, son engolfadas por otras células fagocíticas que tapizan la cavidad. La digestión se completa dentro de las vacuolas alimenticias tal cual ocurre en la amiba. De todo ello deducimos que en la hidra ocurre tanto digestión extracelular como intracelular.

Aunque a menudo se describe la ingestión como el acto de incorporar materiales sólidos que contengan alimento, únicamente podemos hablar de incorporación de alimentos en un sentido superficial. La cavidad o tubo que recibe los materiales alimenticios sólidos en realidad no es otra cosa que una porción exterior del organismo que se ha replegado hacia adentro. Una bola de cristal que se llegara a tragar un bebé nunca penetra a una célula ni participa en actividad metabólica alguna. Uno o dos días después abandona el tubo digestivo del bebé sin haberse modificado. Los hábitos alimenticios de la estrella de mar ilustran este principio adecuadamente. La estrella de mar, que se alimenta de moluscos, bivalvos, tales como las ostras, debe atacar primero con sus patas tubulares las dos valvas de su presa. Luego tira fuertemente de ellas y eventualmente las valvas se separan dejando así descubierta la parte blanda y digerible de la ostra. En este momento la estrella de mar extrae por la boca una porción de su estómago. Por supuesto, el estómago muestra hacia afuera la superficie interior. Cuando la superficie interior del estómago hace contacto con las partes blandas del cuerpo de la ostra, segrega las enzimas digestivas y se inicia el proceso de la digestión. Una vez que se ha verificado este proceso parcialmente, la estrella de mar vuelve a introducir su estómago conjuntamente con los restos de la ostra. Luego se completa la digestión, pero todavía por fuera de las células epiteliales que sirven a modo de barrera entre los órganos y los tejidos de la estrella de mar y el medio exterior. Aquí no ocurre fagocitosis y, por consiguiente, tampoco digestión intracelular.

El aparato digestivo de la estrella de mar consiste de un tubo (canal alimenticio) con una entrada (la boca) y una salida separada (el ano). Este sistema representa, en realidad, un adelanto con respecto al sistema en forma de saco de los cnidarios y de los gusanos planos ya que permite el flujo de los materiales alimenticios en una sola dirección y por consiguiente mayor eficiencia en la manipulación. El alimento nuevo no se mezcla necesariamente con el alimento que ya ha sido digerido casi por completo o con los desechos. Las distintas etapas de la digestión química pueden entonces sucederse en cadena. Cada región del canal alimenticio puede modificarse adecuadamente para ejecutar una actividad especial del proceso o algunas de ellas. Conjuntamente con el aumento en la eficiencia que permite alcanzar un canal alimenticio tubular, hallamos que en animales más complejos ciertas porciones del canal forman estructuras accesorias, por ejemplo, las glándulas digestivas. Estas producen las enzimas digestivas y otras sustancias importantes que fluyen a través de conductos hacia el canal digestivo principal. Allí los alimentos son digeridos completamente y convertidos en una solución de moléculas, que es absorbida por las células que tapizan el canal digestivo.

10-4 ALIMENTACION POR SISTEMAS DE FILTROS: LA ALMEJA

Algunos animales de agua dulce y muchos animales marinos se alimentan mediante la filtración de una corriente de agua y extrayendo de ella los pequeños organismos que puedan estar presentes. Estos son ingeridos y llevados al canal digestivo en donde se cumple finalmente la digestión y absorción. Los cirrópodos (crustáceos) y la almeja (un molusco) son ejemplos de animales que se alimentan mediante el sistema de filtración. En el caso de la almeja la superficie de las branquias está cubierta por cilios. Mediante el batir rítmico de los cilios el agua dulce penetra por una abertura denominada sifón incurrente (Fig. 10-4).

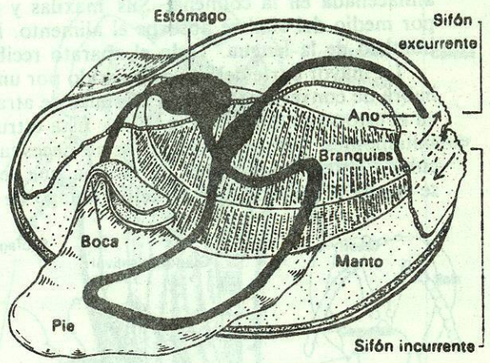


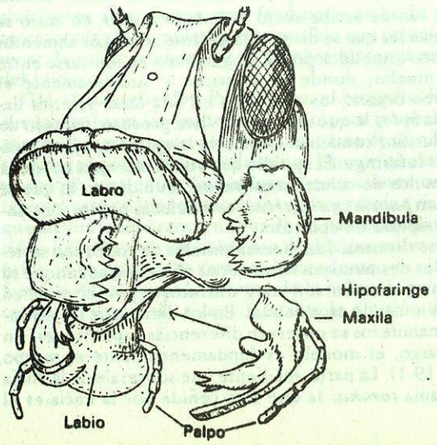
Fig. 10-4

El aparato digestivo de la almeja. Las partículas alimenticias contenidas en el agua absorbida a través del sifón branquial, son filtradas por las branquias.

El agua pasa luego a través de los poros de las agallas y allí entrega el óxigeno necesario para la respiración de la almeja. Las branquias están cubiertas con un mucus pegajoso y cualquier partícula sólida presente en el agua, incluyendo diatomeas, bacterios, etc., puede ser atrapada por el mucus. Las partículas de mayor tamaño y aquellas no digeribles se desprenden de las agallas y son expulsadas hacia fuera a través del sifón excurrente, mediante los cilios que tapizan el manto. El mucus y su carga de partículas cuidadosamente tamizadas son impulsadas hacia adelante en dirección hacia la boca, mientras el agua filtrada sale por el sifón excurrente. El mucus cargado de partículas es entonces ingerido. El material sobrante de la digestión (las heces) es expelido por el ano con el agua que fluye por el sifón excurrente.

10-5 BUSQUEDA ACTIVA DE ALIMENTOS: EL SALTAMONTES Y LA ABEJA

La mayoría de los insectos y de los vertebrados pueden moverse rápidamente y por tanto son capaces de buscar activamente su alimento. El saltamontes se desplaza de una planta a la otra caminando, saltando y volando. Apéndices especializados alrededor de la boca del saltamontes lo capacitan para consumir grandes cantidades de hojas de plantas rápida y eficazmente (Fig. 10-5). El material vegetal pasa de la boca al tubo alimenticio en donde se lleva a cabo la digestión y la absorción. Primero atraviesa el esófago y se deposita en un órgano de almacenamiento temporal, el buche (Fig. 10-5). De allí pasa a la molleja. La molleja está tapizada con placas quitinosas, encargadas de moler mediante la acción muscular el material alimenticio, el cual se convierte así en partículas más pequeñas. De este modo, la **desintegración mecánica eficiente** del alimento es otra ventaja proporcionada por el canal alimenticio tubular. El alimento se dirige luego al estómago en donde tiene lugar la **digestión química.** Allí son secretadas las enzimas digestivas que se producen en seis glándulas gástricas (ciegos). Algunos alimentos pueden penetrar a los ciegos gástricos durante el proceso.



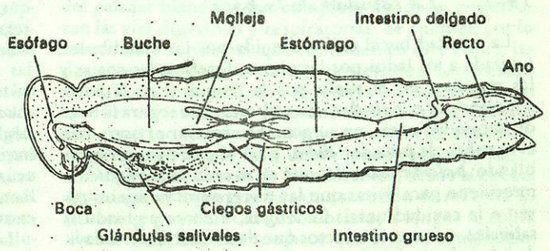


Fig. 10-5

Organos de la digestión del alimento del saltamontes. Las piezas bucales y la molleja ejecutan la desintegración mecánica del alimento. El ciego gástrico y el estómago ejecutan la desintegración química, es decir, la digestión.

Tanto el alimento digerido como una cantidad suficiente de agua son absorbidos por el intestino. Las heces se almacenan temporalmente en el recto antes de ser expulsadas relativamente secas por el ano. Este último proceso se denomina **egestión.**

Las piezas bucales de otros insectos, aunque son homólogas a las del saltamontes, pueden ser de forma radicalmente distinta y apropiadas para la manipulación de un tipo diferente de alimento. La abeja adulta se alimenta de líquidos, como el néctar de las flores o la miel almacenada en la colmena. Sus maxilas y el labio están modificados y forman un tubo por medio del cual se absorbe el alimento. Este asciende a la boca mediante la acción de bombeo de la lengua. Todo el aparato recibe el nombre de **probosis** (Fig. 10-6).

La mayor parte del néctar ingerido por una abeja es transportado a la colmena en donde habrá de convertirse en miel. Después de atravesar el esófago, delgado y largo, se almacena en el estómago de miel (Fig. 10-6). Esta estructura es homóloga al buche y a la molleja del saltamontes, pero, puesto que ya no necesita desintegrar partículas sólidas, no posee músculos fuertes ni las placas de quitina que se encuentran en el saltamontes. Normalmente se regula el paso del néctar del estómago de miel al estómago propiamente dicho por me-

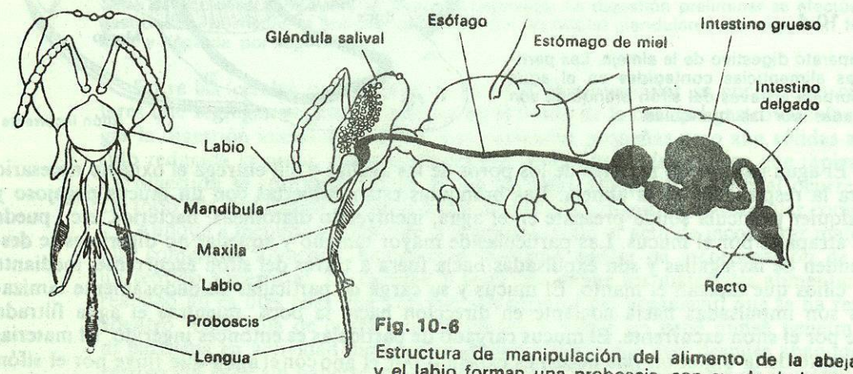


Fig. 10-6
Estructura de manipulación del alimento de la abeja. Las maxilas y el labio forman una proboscis, con ayuda de la cual la abeja succiona los alimentos líquidos, tales como el néctar. En el estómago de miel se almacena el alimento mientras es transportado a la colmena.

dio de una válvula localizada entre los dos. Cuando la obrera regresa a la colmena regurgita el néctar y comienza el proceso de transformación del néctar en miel.

La abeja también utiliza su boca para manipular sustancias sólidas, tales como la cera con la cual construye su colmena. En este proceso la abeja utiliza las mandíbulas, por lo cual no debemos sorprendernos que sean de forma similar a las mandíbulas del saltamontes.

Los vertebrados son también animales con poder de locomoción, por tanto, pueden buscar activamente su alimento. Las mandíbulas fuertes del pez lucio, la lengua modificada de la rana, las garras y el pico recurvado del águila, los caninos largos del tigre, los molares planos del caballo (herbívoro), son ejemplos de las muchas modificaciones estructurales por medio de las cuales los vertebrados logran obtener su alimento.

EL SISTEMA DIGESTIVO DEL HOMBRE

19–1 La cavidad de la boca

La cavidad bucal está sostenida por las mandíbulas, limitada a los lados por las piezas dentales, las encías y las mejillas, en el suelo por la lengua y en la parte superior por el ***paladar***. Este último, que separa la boca de la cavidad nasal, en su porción anterior es óseo, con el nombre de ***paladar duro***, y en su parte posterior es blando: ***paladar blando***, que en el acto de la deglución interviene para evitar que las materias alimenticias pasen a la cavidad nasal. La lengua, dientes y glándulas salivales, con sus conductos que desembocan en la cavidad de la boca, funcionan en la ingestión y la digestión. La lengua y los dientes en el ser humano sirven también para efectuar el ***lenguaje***.

La lengua consta de varias series de músculos estriados orientados en diferentes planos, de modo que su movilidad es notable en todas direcciones. Para mostrar la lengua (sacarla de la boca) se contraen los músculos que van de arriba abajo y de lado a lado, en tanto se relajan los que se dirigen de delante atrás. Los alimentos vienen impelidos por la lengua hasta encontrarse entre las muelas, donde se mastican y sucesivamente el mismo órgano los conforma en una masa esférica llamada ***bolo***, la que se engulle. Este proceso, llamado de deglución, comienza cuando la lengua empuja el bolo hacia la faringe. El epitelio que cubre la lengua contiene acúmulos de células sensoriales, reunidas en lo que se llaman ***papilas gustativas***, estimuladas por las substancias sápidas en solución.

Los dientes. Las piezas dentales de todos los vertebrados desmenuzan las materias alimenticias aunque su forma y tamaño son muy distintos según el régimen alimenticio de cada animal. En los dientes de los distintos mamíferos se observan diferencias superficiales; sin embargo, el modelo es fundamentalmente el mismo (fig. 19-1). La parte del diente que sobresale de la encía se llama ***corona***; la que está ceñida por la encía es el

cuello, y la porción por debajo del cuello, enterrada en el alveolo del maxilar, es la ***raíz***. Todo diente está compuesto de varias capas, la más dura externa, el ***esmalte***, una interna de ***marfil*** o ***dentina*** que no es tan dura y una cavidad central, llena de tejidos blandos, vasos y nervios, que es la ***pulpa***. El esmalte cubre sólo la corona y porción superior del cuello. La pieza dental está sujeta al hueso por un material llamado ***cemento***. La dentina, similar al hueso en composición y dureza, se compone de materia inorgánica en un 72 por 100 (especialmente fosfato cálcico) y el resto de materia orgánica. El esmalte, la materia más dura del organismo, es inorgánico casi en el 97 por 100.

Al contrario de las piezas dentales de peces, anfibios y reptiles, apéndices cónicos sencillos, las de los mamíferos se distinguen por funciones especializadas: las ocho frontales, talladas en bisel, llevan el nombre de ***incisivos***, usados para cortar el bocado, de buen tamaño en lo roedores, como ratas, ardillas y castores. Los cuatro ***caninos***, de forma cónica, uno después de los dientes a cada lado, arriba y abajo, tienen el empleo de desgarrar los alimentos; por este motivo alcanzan gran fuerza y tamaño en los carnívoros, como vúlpidos y felinos (en cuyas especies es más común llamar colmillos a esas piezas, pero se conserva el nombre de caninos porque también son considerables en los perros). En el ser humano, a cada lado y en las dos mandíbulas, después de lo caninos se alinean dos ***premolares*** y tres ***molares***, cuya superficie aplanada tiene la misión de triturar y moler los alimentos. En los animales carnívoros los molares tienen bordes más cortantes con el fin de desgarrar los trozos de tejido carnoso; los animales herbívoros como equinos y vacunos, por el contrario, presentan molares de gran superficie plana para los alimentos que necesitan ser reducidos a pulpa, con incisivos cortantes para desmochar la hierba. En los rumiantes no se desarrollan los incisivos superiores; estos animales tronchan el vegetal con la lengua y el labio superior contra el borde agudo de los incisivos inferiores.

Los antepasados del hombre fueron omnívoros durante millones de años, así que las piezas dentales del hombre actual no están especializadas para unos alimentos fijos. El último molar, o muela del juicio, con frecuencia es de erupción irregular, atravesado en la encía y en general inútil. Este hecho señala la tendencia evolutiva del hombre moderno hacia un acortamiento de los maxilares, con el resultado de que las piezas aparecen apiñadas y no dejan espacio adecuado para el último molar. En las razas más primitivas, como los aborígenes australianos, este fenómeno no se ha presentado aún. Es completamente posible que en un centenar de miles de años más el hombre no tenga muela del juicio.

Glándulas salivales. Para facilitar el progreso de los alimentos hacia las fauces, así como para prepararlos para su desintegración química, tres pares de glándulas salivales secretan dos tipos de saliva. Uno de estos tipos es acuoso, con el fin de disolver ciertos alimentos, en tanto el otro contiene moco, una mucoproteína viscosa que facilita la adherencia mutua de las partículas alimenticias hasta formar un bolo para deglución; además lubrica dicho bolo en su camino descendente por el esófago. La saliva limpia la mucosa de la boca y la protege contra la sequedad; a la vez facilita la emisión de la

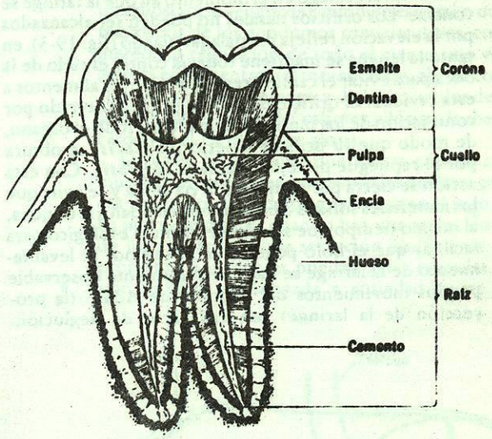


Fig. 19-1. Corte esquemático a través de un molar humano.

palabra, pues humedece la lengua y evita que se pegue al paladar. Los tres pares de glándulas secretan aproximadamente 1.5 litros de saliva al día. La ***glándula parótida*** (fig. 19-2), situada en la mejilla, delante del conducto auditivo, produce únicamente saliva acuosa; la ***glándula submaxilar***, delante del ángulo de la mandíbula, emite una mezcla de las dos, lo mismo que la ***glándula sublingual***, situada en el suelo de la boca, debajo de la lengua. Cada cuerpo glandular pesa alrededor de unos 30 g, y comunica con la cavidad de la boca por un conducto.

La ***amilasa salival*** hidroliza el almidón y lo convierte en maltosa, y la ***maltasa salival***, la cual desintegra la maltosa en glucosa. En condiciones normales, la saliva es ligeramente ácida, con pH entre 6.5 y 6.8, acidez en la cual la amilasa es más activa. En el medio hiperácido del estómago, la amilasa se desnaturaliza y pierde la actividad, pero como los alimentos se ingieren en masas, la amilasa la conserva hasta que el ácido penetra en las mismas.

19–2 Faringe

Los alimentos, después de abandonar la cavidad de la boca, se introducen en la ***faringe***, otra cavidad detrás del paladar blando, lugar complejo donde se entrecruzan las vías digestivas y respiratorias. Se cuentan por lo menos siete conductos que coinciden en este punto: las dos coanas o ventanas nasales posteriores, la conexión con la boca, la glotis que se abre en la tráquea, el esófago que lleva al estómago y las dos trompas de Eustaquio que conectan con el oído medio con el fin de equilibrar las presiones a cada lado del tímpano (véase p. 465).

Deglución. El paso de los alimentos, desde la boca al estómago, se logra gracias a una sucesión de reflejos. El primer tiempo del acto es voluntario; la lengua se aplica al cielo de la boca, lo que hace que el bolo alimenticio, entre las dos superficies, sea rechazado a la faringe por un movimiento lingual ondulatorio. Al comenzar la deglución se detiene momentáneamente la respiración