

1

LA DIGESTIÓN EN LOS PECES

Dr. D. Salvador Zamora Navarro
Dra. Dña. Vera Cruz Rubio Fernández

Facultad de Biología. Universidad de Murcia

Resumen

El término nutrición incluye varias fases consecutivas: (1) comportamiento alimentario e ingesta de alimento; (2) digestión y absorción de los nutrientes; (3) metabolismo y retención de los nutrientes y (4) excreción de productos de deshecho.

En el presente capítulo nos ceñiremos a describir de forma generalista la anatomía del tracto digestivo, así como los fenómenos de digestión, absorción y digestibilidad de los nutrientes en peces, ya que los procesos de comportamiento alimentario e ingesta de alimento (Capítulos XII-XIV), digestión, absorción, transporte, metabolismo y deposición de los nutrientes (Capítulos III-V) serán profusamente detallados en capítulos posteriores.

Summary

The term nutrition includes several consecutive phases: (1) feeding behavior and food intake; (2) digestion and absorption of nutrients; (3) nutrient metabolism (4) excretion of wastage.

Present chapter will be focused to describe in generalist fashion the anatomy of the digestive tract, as well as digestion, absorption and digestibility of the nutrients phenomena in fish, since the processes of feeding behavior and food intake (XII-XIV Chapters), digestion, absorption, transport, metabolism and deposition of nutrients (Chapters III-V) they will be profusely detailed in afterwards chapters.



1.1. ANATOMÍA DEL TRACTO DIGESTIVO

El tracto digestivo de los peces, al igual que acontece en otras clases de vertebrados presenta una gran diversidad. En general el aparato digestivo es una estructura tubular que comienza en la boca y termina en el ano, en la cual se pueden establecer cuatro zonas diferenciadas (del comienzo al final): cavidad oral (bucal) que se encuentra asociada a la cavidad faríngea o branquial; digestivo anterior compuesto por el esófago, estómago y píloro; digestivo medio, la porción de mayor longitud, que incluye los ciegos pilóricos; y el digestivo posterior, cuya parte final es el ano (Figura 1). A continuación se van a detallar estas estructuras de forma general si bien hay numerosas excepciones, ya que si bien la anatomía del tracto digestivo es bastante homogénea en las familias de peces primitivos, en las familias más evolucionadas estas estructuras presentan una gran plasticidad dependiendo de los hábitos alimentarios de las especies.

1.1.1. Cavidad oral-Cavidad faríngea (Cavidad bucofaríngea)

Es el aparato de captación de agua y alimento. En los peces su función es compleja debido a la presencia de las branquias, ya que hay una coordinación entre las mandíbulas, el techo de la boca, los arcos branquiales y el opérculo. En cuanto a la posición de la boca puede ser inferior, tener prognatismo superior o inferior, ser terminal, subterminal o protráctil.

Los peces carecen de paladar blando y no todas las especies poseen dientes, pero cuando están presentes raramente son utilizados para la masticación, aunque hay especies que los utilizan con dicho fin. Así los dientes bucales, maxilares, linguales y vomerales se utilizan para capturar y mantener a las presas, los dientes faríngeos y los asociados con las agallas se utilizan para la filtración. Cuando están presentes los dientes, estos pueden estar insertados en la mandíbula en un alveolo dental (Acrodontes) o pueden estar insertados en tejido conectivo (Plurodontes), pudiendo estar localizados en casi cualquier superficie de la cavidad orobranquial. Dependiendo de la clase los peces pueden carecer de mandíbula o tener mandíbulas móviles, pero en general carecen de músculos en labios, carrillos y lengua, la cual muestra poca

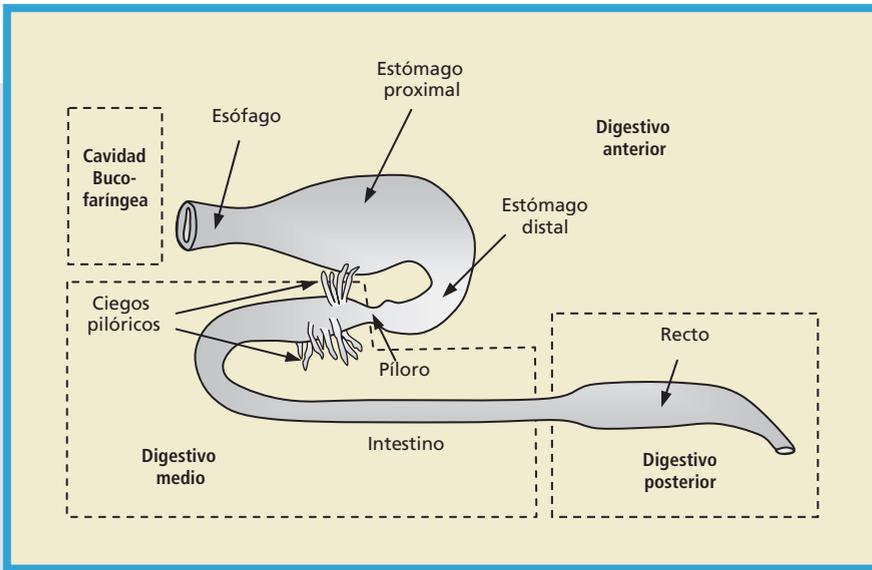


FIGURA 1. Esquema del tracto digestivo de un pez provisto de estómago.

movilidad. Los peces carecen de glándulas salivares en la boca, pero poseen papilas gustativas dentro de la cavidad bucal.

La cavidad orobranquial de los peces muestra una amplia variedad de adaptaciones para la captura, clasificación y trituración del alimento. Los dientes utilizados para capturar, desgarrar o triturar el alimento, están presentes en muchas especies. Estos pueden consistir en dientes afilados para la captura del alimento o para pastar algas unidas a rocas o coral.

Poseen branquias modificadas, las branquiespinas, provistas de proyecciones que sirven como una criba para prevenir el paso de comida a las branquias como consecuencia del flujo continuo de agua desde la boca a las branquias. Estas pueden espaciarse bastante, ser gruesas, cortas y fuertes en los peces que comen presas grandes o alternatively pueden ser finas numerosas y largas, formando una fina malla en las especies micrófagas.

1.1.2. Digestivo anterior

Esófago. Siempre es corto, amplio y recto y está formado por musculatura estriada, lo que posibilita la posterior regurgitación del alimento si

no es de la talla, textura o sabor adecuados. Está revestido por un epitelio escamoso formado por múltiples capas provistas de numerosas células mucosas, diferentes de las que presentan el estómago o intestino. Los peces de agua dulce poseen un **esfínter cardiaco** entre el esófago y el estómago, mientras que los peces de agua salada carecen de él. Esta diferencia parece estar vinculada a la osmoregulación, mientras que los peces de agua salada deben beber continuamente para mantener el equilibrio osmótico, los peces de agua dulce deben minimizar la entrada de agua. En algunas especies el segmento posterior del esófago contiene glándulas.

Estómago. En ocasiones el estómago está ausente, como los ciclostomos y ciprínidos y en las larvas nunca está presente. En algunas familias la ausencia de estómago se circunscribe únicamente a ciertos géneros o especies. En general los peces sin estómago son micrófagos o herbívoros, si bien algunas especies son carnívoras y tienen unos dientes faríngeos bien desarrollados para la trituración del alimento.

El estómago puede poseer formas muy diversas, desde un tubo simple hasta un saco bien diferenciado (Figura 2). Puede estar doblado formando una U, Y o J y normalmente se separa del intestino por el **esfínter pilórico** o una válvula. Se puede clasificar como rectilíneo, cuando no se aprecian diferencias entre el esófago y estómago; sifonal, cuando posee porción cardial y pilórica, y por último cecal, cuando presenta fondo de saco ciego.

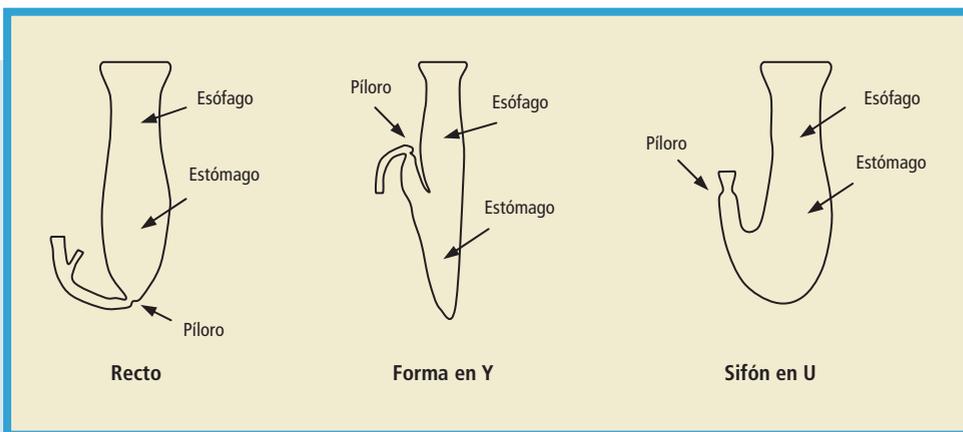


FIGURA 2. Esquema mostrando las principales formas de estómagos.



El estómago está formado predominantemente por fibras musculares longitudinales que le permiten una gran capacidad de distensión. El epitelio es endodérmico y hay numerosas vellosidades revestidas de células secretoras que producen proenzimas, ácido clorhídrico, hormonas o mucus. Normalmente las células secretoras de mucus se encuentran sólo en la parte distal. Así mismo la musculatura circular del estómago puede estar bien desarrollada en algunas especies, donde unida a un revestimiento epitelial duro, proporciona una función similar a la de la molleja de las aves. En la zona de unión entre el estómago y el intestino puede aparecer un esfínter de musculatura circular, una membrana mucosa con pliegues, o ambos.

Píloro. Hay algunas especies herbívoras en las que el píloro forma un órgano diferenciado con paredes resistentes rodeadas por una musculatura circular muy fina. En estas especies el estómago ha perdido su función secretora.

Se continua con el **intestino**, el cual carece de asas intestinales. La longitud intestinal puede variar desde relativamente corto y directo hasta largo y con una disposición en espirales y bucles. La longitud no está necesariamente correlacionada con los hábitos alimentarios, pero tiende a ser más largo en las especies herbívoras y especialmente en peces que ingieren grandes cantidades de barro indigestible o material vegetal. Externamente es muy difícil diferenciar las distintas partes del intestino, ya que carece de diferencias anatómicas en su trayectoria, si bien las diferencias histológicas y funcionales son patentes.

Intestino proximal o anterior o duodeno. En las especies pertenecientes a todos los grupos de peces, salvo los mixinos y los teleosteos, la superficie de las capas mucosa y submucosa del intestino está incrementada por pliegues, formando una protuberancia de varios diseños, la válvula espiral. En general la **válvula espiral** está presente en peces con un intestino corto y directo y usualmente en aquellos en los que el estómago es pequeño o está ausente. Los pliegues se proyectan dentro del lumen intestinal y varían en su número de giros. En algunas especies deja un espacio libre para el paso directo del bolo alimenticio, mientras que en otras contacta en el centro formando una estructura a modo de pieza perforada o pliegues doblados en el centro para formar una estructura cónica. Esta adaptación única entre los vertebrados



sirve tanto para retrasar el paso de la digesta, almacenando temporalmente el alimento, como para aumentar la superficie de absorción. Otra adaptación del tracto intestinal superior, única entre los vertebrados, aparece en un amplio rango de peces que tienen estómago. Consiste en unos divertículos terminales en la parte proximal denominados **apéndices o ciegos pilóricos**, que aumentan la superficie del intestino incrementando su eficacia digestiva y sobre todo absorptiva. Pueden variar en tamaño y forma desde pequeñas evaginaciones de la pared intestinal a estructuras tubulares, ramificadas o similares a mechones. Su número puede variar desde cero hasta varias decenas, centenas o casi un millar. Están revestidos con células similares a las del resto de la pared intestinal, y su presencia no parece estar correlacionada con la longitud del tracto intestinal o con los hábitos alimentarios.

La mucosa intestinal posee pseudovellosidades que incrementan la superficie intestinal aproximadamente veinte veces. En dichas pseudovellosidades se pueden encontrar células absorbentes, mucosas y enterocitos. Los enterocitos poseen a su vez microvellosidades que incrementan la superficie unas veinte veces.

1.1.3. Digestivo medio o yeyuno

Algunos autores incluyen los ciegos pilóricos dentro de esta porción intestinal. Se puede diferenciar del intestino anterior porque los enterocitos poseen numerosas invaginaciones en la base de las microvellosidades, así como vacuolas de gran tamaño.

1.1.4. Digestivo distal o posterior o ileon

Normalmente esta porción es muy corta, presentando a veces una zona preanal o recto que se abre al exterior en el **ano**, salvo en algunos casos excepcionales en los que aparece una **cloaca**, que es una cámara común a las aperturas anal y urogenital. Los enterocitos tienen microvellosidades muy cortas y presentan un número elevado de mitocondrias.

1.1.5. Glándulas asociadas

Hígado. Está más desarrollado en los peces que en otros vertebrados. Tiene forma piramidal, con dos lóbulos bien diferenciados



(aunque algunos autores consideran una característica de los peces la ausencia de lóbulos). Se encuentra situado en una cavidad celónica (sin diafragma). Desemboca en el intestino y puede presentar o no vesícula biliar.

Páncreas. En general, salvo excepciones como los elasmobranquios, los dipnoos y algún caso más, en los peces no constituye un órgano discreto, sino que puede aparecer como una agrupación difusa de células rodeando el intestino anterior y los ciegos, en otros casos puede formar un «hepatopáncreas» por interpenetración de los órganos adyacentes, o puede no existir. Las secreciones enzimáticas que produce fluyen fuera a través del conducto pancreático.

Los peces constituyen la clase más primitiva de vertebrados, mostrando rasgos arcaicos, como la ausencia en algunas especies de dientes mandibulares, la ausencia de estómago, y la falta de diferenciación en intestino delgado y grueso, etc. A continuación vamos a detallar algunas de las características anatómicas especiales que presentan algunos grupos taxonómicos de peces.

Los peces más antiguos son los **Agnatos**, entre los que se encuentran las lampreas y los mixinos.

Lampreas (Orden *Petromyzoniformes*). En la actualidad podemos encontrar aproximadamente 40 especies. Carecen de mandíbulas, presentando discos bucales que difieren anatómicamente dependiendo de la especie. Su esófago es ciliado, así como el intestino, que presenta válvula espiral. Carecen de estómago.

Mixinos (Orden *Myxiniiformes*). Hasta la actualidad han llegado 50 especies. Están desprovistos de mandíbulas, caracterizándose por presentar unos barbillones carnosos alrededor de la boca, así como una lengua dentada con la que perforan el cuerpo de los peces, devorando su carne y vísceras. Se alimentan de noche consumiendo invertebrados que viven cerca del fondo y peces principalmente muertos, enfermos o atrapados en redes. Su esófago es ciliado y carecen de estómago.

Elasmobranquios (Subclase *Elasmobranchii*). Son peces condriktios o cartilaginosos (ej. tiburones y rayas). Se conocen aproximadamente 800 especies. Son peces muy primitivos que poseen un tracto digestivo muy específico formado por un esófago con epitelio ciliado, un estómago bien diferenciado, usualmente con forma de sifón en U, seguido



de un intestino normal a continuación del cual aparece un intestino con una única estructura, la válvula espiral. El segmento intestinal terminal tiene una capa más espesa de músculo circular. Presentan una cloaca en la parte final del intestino posterior. Los tiburones poseen filas de dientes afilados insertados en las mandíbulas que son reemplazados con una periodicidad que varía según la especie entre 9-12 días a 1-4 veces al año. Normalmente sólo son utilizadas al mismo tiempo una o dos filas de dientes, que son reemplazados de atrás hacia delante. En algún caso excepcional los juegos superiores e inferiores de dientes se reemplazan como unidades completas que son tragadas por el animal, pero la mayoría de los tiburones simplemente pierden sus dientes que van al fondo oceánico. Las rayas tienen baterías de dientes aplastados que les sirven para aplastar y moler moluscos y crustáceos, aunque alguna especie, como el picón (*Raja oxyrhynchus*) puede poseer entre 32 a 42 filas de dientes agudos en la mandíbula inferior.

Holocéfalos (Subclase *Holocephali*). Son las quimeras, de las cuales sobreviven aproximadamente 25 especies. Acordes con su dieta variada, a base de estrellas de mar, cangrejos, quisquillas y moluscos, poseen unas curiosas placas dentales trituradoras de larga duración que recuerdan los incisivos de los conejos.

Dipnoos (Subclase *Dipneustii*). En la actualidad sobreviven 6 especies. Poseen placas dentales superiores e inferiores apareadas con las que aplastan y trituran pequeños invertebrados y grandes cantidades de vegetales. Su digestivo es simple y ciliado, carente de estómago y *caecum* hepático, carecen de separación valvular entre el intestino superior y medio pero poseen válvula espiral.

Condrósteos (Grupo *Chondrostei*). Sobreviven unas 25 especies. Al igual que los peces de la subclase *Brachiopterygii*, están provistos de espiráculo y válvula espiral. Son peces muy primitivos, provistos de un estómago bien diferenciado con forma de sifón en U y un intestino provisto de válvula espiral. Los condrósteos poseen cuatro barbillones lisos situados dorsalmente a la boca que utilizan, junto con los electrorreceptores de la nariz, para encontrar sus presas, principalmente invertebrados que encuentran y sacan al exterior con la nariz, succionándolos con la boca protractil desprovista de dientes. Las especies de mayor tamaño pueden incluir en su dieta peces, moluscos, cangrejos y



gusanos poliquetos. Otras especies filtran plancton con sus branquiespinas.

Holósteos (Grupo *Holostei*). Sólo quedan 8 especies supervivientes. Tienen una válvula espiral reducida en el intestino.

Teleósteos (Grupo *Teleostei*). Constituyen el 96 % de los peces que sobreviven en la actualidad. Presentan cavidades bucofaríngeas especialmente adaptadas a su comportamiento alimentario, tanto para la captura como para el mantenimiento y clasificación del alimento.

Los peces herbívoros habitualmente tienen un hocico corto, como con una dentadura muy densa que forma un borde segador, raspador, excavador e incluso de cepillo, pudiendo poseer sistemas masticatorios especiales. Varias familias de teleósteos inferiores, como las especies micrófagas o macrófagas están provistas de bolsillos faríngeos, en los cuales colectan algas cuando pastan, para la posterior trituración antes de la deglución. Son los órganos epibranciales, situados a ambos lados de la cavidad que pueden consistir en sacos simples, como en el caso de los consumidores de macroplancton, o en elaborados conductos enrollados en espiral como en los consumidores de microplancton. Los peces herbívoros suelen poseer branquiespinas finas y abundantes.

Los peces carnívoros pueden clasificarse a su vez en comedores de plancton, comedores de invertebrados bénticos y piscívoros. Los planctívoros por excelencia son los clupeiformes, como las sardinas, anchoas y arenques (*Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus* y *Clupea harengus*), los cuales se pueden clasificar como filtradores facultativos, ya que también se pueden alimentar de presas pequeñas. Los clupeiformes succionan el agua que pasa a través de las branquias, cribando el alimento con las branquiespinas, aunque en otras especies el mecanismo es diferente, abren la boca y los opérculos y el agua atraviesa las branquias. Los peces planctívoros carecen de mandíbulas extensibles. Los que se alimentan de invertebrados bénticos pueden tener dientes cónicos afilados para capturar las presas y evitar que se les escapen, triturándolas posteriormente con los dientes faríngeos, evitando de esta manera que las partículas de alimento puedan obstruir las branquias, dificultando la respiración. En otras especies encontramos bocas estrechas, provistas de dietes largos y curvos, o poseer mandíbulas bucales o faríngeas poderosas. Las especies piscívoras tienen a menudo bocas



grandes, con dientes bien desarrollados que evitan el escape de las presas. Dependiendo de la especie pueden tener bocas extensibles, como por ejemplo la mojarra (*Gerres cinereus*), o carecer de ellas como la trucha alpina (*Salvelinus alpinus*), la cual para aumentar su capacidad bucal abre los opérculos y desciende la cavidad oral. Otro ejemplo es el caso de los ciprínidos que sólo tienen dientes faríngeos sobre la mandíbula inferior y un plato masticatorio sobre la mandíbula superior, que utilizan para romper el alimento duro o mantener y deglutir presas. La lengua suele carecer de músculos, permaneciendo inmóvil en la base de la cavidad bucal, pero existe excepciones, así hay especies que tienen una lengua móvil provista de dientes, y otras, como el pez arquero (*Toxotes jaculatrix*), que utiliza la lengua musculada para generar chorros de agua para derivar y capturar insectos.

Los teleósteos normalmente tienen un digestivo complejo, con un esófago de paredes gruesas distensibles, especialmente en el caso de los piscívoros, que usualmente es corto y raramente está ciliado salvo en el caso de la perca. Normalmente está recubierto de papilas gustativas y células mucosas. Las branquiespinas se sitúan a ambos lados del esófago, dirigiendo el alimento hacia el tubo digestivo. El estómago puede ser directo con una luz ensanchada, como en el lucio (*Esox lucius*); tener forma de sifón en U con una luz ensanchada, como en la trucha de río (*Salmo fario*), *Coregonus*, *Clupea*; o forma de Y, como en el caso de la anguila (*Anguilla anguilla*), Alosa, el bacalao, la perca oceánica, que presentan una bolsa ciega dirigida caudalmente que surge de la curvatura, formando el tallo de la Y; o pueden carecer de estómago como sucede en los ciprínidos, gobidos, escáridos, blennies, etc. El estómago puede tener una musculatura circular bien desarrollada, como por ejemplo los mújoles (*Mugil sp.*). Los ciprínidos carecen de estómago y píloro, el digestivo anterior está compuesto por el esófago y un intestino anterior hasta la apertura del conducto biliar. En general el intestino presenta ciegos pilóricos y sólo raramente poseen válvula espiral. En muchos teleósteos está presente una válvula ileorectal, así como un septo anuloespiral de músculo circular y epitelio glandular que se encuentra en el intestino superior de la trucha. La longitud total de intestino varía entre diferentes especies, relacionándose al parecer con los hábitos alimentarios del animal, así los peces herbívoros tienen



un intestino largo y enrollado, con una relación longitud intestinal total respecto de la longitud corporal de aproximadamente el doble frente a la mitad de los carnívoros o el quintuple de los planctívoros. En las especies que el intestino es largo normalmente se repliega sobre si mismo tomando diversas formas que pueden ser en S, inversamente enrollado o en hélice (Figura 3).

1.2. FUNCIONES GENERALES

En el apartado anterior se han descrito las diferencias anatómicas que presentan los peces, estas diferencias responden a diferentes cometidos, normalmente relacionados con los hábitos alimentarios del animal, si bien atañen a funciones generales que son las que vamos a detallar a continuación.

1.2.1. Cavidad bucofaringea

El proceso digestivo comienza en la boca y la cavidad faríngea donde existe un solapamiento entre los procesos de captura y de comienzo de la digestión, concretamente la reducción del tamaño de la presa y la separación del material indigestible del alimento.

La principal función digestiva de la boca es la ingestión del alimento y agua, mediante la acción coordinada de las mandíbulas, la lengua,

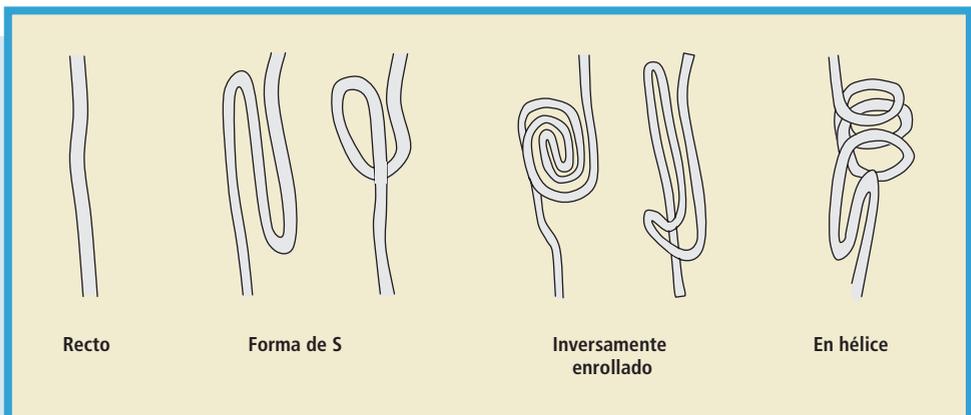


FIGURA 3. Esquema mostrando las disposiciones intestinales más comunes.



el techo de la boca, los arcos branquiales y los opérculos. Como ya se ha indicado con anterioridad, cuando existen los dientes mandibulares estos normalmente tienen la función de captura y mantenimiento de la presa, no se utilizan como aparato de masticación, aunque existen excepciones. En general se puede decir que los diétes bucales, maxilares, linguales o vomerinos se utilizan para capturar y mantener las presas, mientras que los dientes faríngeos y los asociados con las branquias se utilizan para la filtración y el encauzamiento del alimento hacia el interior del estómago. Entre las excepciones podemos encontrar la mayoría de los Cipriniformes, que poseen dientes faríngeos que utilizan como aparato primario de masticación, aunque muchos grupos de peces muestran una cierta capacidad trituradora en alguna de las partes de las branquias, así por ejemplo, puede aparecer una musculatura muy desarrollada en la filas inferiores de las branquias que mueven dos juegos de dientes que pulverizan el alimento antes de su deglución, aumentando la superficie celular de contacto para que puedan actuar las enzimas digestivas.

La faringe se encuentra situada en la parte posterior de la cavidad bucal. Es una cavidad menos dilatada que la boca, que no presenta una diferenciación patente por lo que se habla de cavidad bucofaríngea. Su función, al igual que la de la boca, es la captura y trituración de los alimentos. En las mandíbulas faríngeas es donde se inicia el proceso de la digestión, ya que sirven para triturar el alimento en porciones más pequeñas. Los dientes faríngeos se encuentran situados en el quinto arco branquial, que carece de branquias, pueden tener forma redondeada, molariforme, como en el caso de las especies que consumen moluscos bénticos y gran cantidad de material vegetal, o ser cónicos o alargados, como en los peces que consumen larvas de insectos y crustáceos. En las especies que se alimentan fundamentalmente con algas aparecen placas faríngeas, que rompen las paredes celulares, o bordes estrechos cortantes provistos de dientes con los que deshilachan las algas. En general los peces que poseen estos mecanismos de trituración del alimento en las mandíbulas faríngeas carecen de estómago, pasando el alimento directamente al intestino.

Como ya se indicó, los peces carecen de glándulas salivares, pero muchos de los peces que mastican el alimento, con los dientes farín-



geos o estructuras similares, secretan mucus, lo cual supone una ventaja para las especies que ingieren alimento abrasivo. Dicho mucus no se puede equiparar a la saliva ya que carece de actividad enzimática. La cavidad bucofaríngea, además, posee en su interior papilas gustativas, implicadas en la percepción del sabor de los alimentos, aunque también se pueden encontrar en gran cantidad en el epitelio de la cabeza y de todo el cuerpo.

1.2.2. Esófago

El esófago, en muchos casos, es una vía de paso corta, ancha, muscular entre la faringe y el estómago. La musculatura suele ser muy ancha pero posee una gran capacidad de dilatación, que permite deglutir presas, en ocasiones todavía vivas, de gran tamaño. La musculatura del esófago en los peces es total o parcialmente estriada y se contrae voluntariamente, lo que permite a los peces regurgitar el alimento no deseado. Su función fundamental es controlar la ingesta de alimento y agua, por lo que normalmente está recubierto de algunas papilas gustativas junto con células mucosas que facilitan el tránsito del alimento, secretando mucus que actúa como lubricante. El esófago carece de secreción enzimática, aunque en algunas especies se ha descrito la existencia de células secretoras similares a las gástricas en el esófago posterior.

En general la musculatura esofágica de las especies de agua dulce es más larga que la de los peces marinos, presumiblemente para poder expulsar la mayor cantidad posible de agua procedente del alimento, pero una vez más existen excepciones, como la de las anguilas que posee un esófago relativamente largo, estrecho y que actúa durante la migración para diluir el agua salada ingerida antes de que alcance el estómago.

A ambos lados del esófago se localizan los arcos branquiales, que en coordinación con las branquiespinas actúan como un filtro que deja pasar el agua y orientan el alimento hacia el estómago. Ambas estructuras están involucradas en la fase inicial de la digestión, ya que sirven para cortar y agregar las partículas de alimento antes de que pasen al esófago, y de ahí al estómago e intestino.

En la zona de unión entre el esófago y el estómago de los peces de agua dulce es usual la presencia del esfínter cardiaco, estando ausente



en los peces de agua salada. Su función parece ser la de regular la entrada de agua en los peces de agua dulce, minimizando su ingesta.

1.2.3. Estómago

El estómago sirve como un lugar de almacenamiento y mezclado de los alimentos y es donde comienza su digestión química gracias a las potentes secreciones gástricas (ácidos y enzimas) que se liberan en él.

Es la porción más dilatada del tracto digestivo, y presenta una gran capacidad de distensión, permitiendo albergar gran cantidad de alimento, dependiendo de las necesidades de las especies. Los peces que ingieren barro u otras partículas pequeñas, en el caso de necesitar la presencia de estómago, sólo precisan un estómago pequeño, mientras que los que ingieren presas grandes requieren estómagos amplios (normalmente en forma de Y), con una gran capacidad de distensión que le permita estirarse fácilmente conforme se precise y que produzca poca perturbación de las zonas de unión con el mesenterio u otros órganos.

La forma más común es la sigmoide, con una porción cardíaca descendente y una porción pilórica ascendente en la zona más próxima al intestino, aunque como ya se he indicado con anterioridad existen otras formas de estómagos (Figura 2). En algunas especies de peces herbívoros el estómago puede estar provisto de una fuerte musculatura circular, dando lugar a un estómago similar a una molleja, donde el alimento es molido. Los peces que tienen este tipo de estómago tienen un pH neutro y un intestino relativamente largo.

Independientemente de su forma, el recubrimiento interno del estómago es un epitelio columnar típico, rico en glándulas gástricas secretoras de ácido clorhídrico y enzimas como la pepsina, además de células secretoras de hormonas o de mucus, situándose este último tipo exclusivamente en la zona distal o pilórica.

La pepsina es la enzima gástrica predominante en todos los vertebrados, incluyendo los peces. Su función es transformar las proteínas de gran tamaño en polipéptidos y péptidos. Su pH óptimo para alcanzar la máxima actividad proteolítica varía de 1,1 a 4 en las diferentes especies de peces en las que se ha estudiado. En los peces herbívoros también podemos encontrar una lisis ácida, que libera el contenido



de las células de algunas algas de una forma tan eficiente como la trituración.

El transporte del alimento desde el estómago al intestino es controlado por un esfínter muscular, el píloro, cuya función se supone similar a la de los vertebrados superiores, prevenir el retroceso del alimento desde el intestino. En algunas especies el píloro está ausente, pudiendo desarrollar su función los músculos cercanos del estómago, mientras que en los peces que carecen de estómago es el esfínter esofágico el encargado de prevenir el retroceso del alimento.

1.2.4. Intestino

En el intestino anterior y medio tiene lugar la mayor parte de la digestión química y la absorción de los nutrientes. Como ya se ha señalado, la demarcación entre las diferentes porciones del intestino a menudo es mínima en términos anatómicos (en algunas especies aparecen diferencias en el diámetro o coloración) pero en términos histológicos están marcadamente diferenciadas (ver apartado 1), además de que la presencia de células secretoras en el digestivo posterior es menor, con excepción de las células mucosas.

En términos de absorción de nutrientes se presuponen iguales, ya que el riego sanguíneo es comparable, con la salvedad de que la absorción de los lípidos tiene lugar primordialmente en el intestino anterior o duodeno y primera porción del intestino medio, mientras que la absorción de las proteínas se realiza en la porción distal del intestino medio o yeyuno. El intestino distal o recto tiene poca capacidad de absorción, asumiéndose que desempeña un papel esencial en la absorción selectiva de iones minerales y, por tanto, en la osmorregulación.

En general se puede afirmar que los ciegos pilóricos o apéndices pilóricos tienen la misma estructura, contenido enzimático y funciones que la parte superior del digestivo medio, constituyendo un recurso para incrementar la superficie digestiva y absorptiva. Pero en algunas especies herbívoras de aguas calidas puede aparecer una microflora que sintetiza activamente vitaminas, e incluso puede estar presente una microflora celulolítica. Estas enzimas digieren las proteínas, lípidos y carbohidratos del alimento.