

EL SISTEMA DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES.

Introducción

Los rumiantes son animales extraordinarios que evolucionaron a partir de antecesores mamíferos primitivos hace más de 50 a 60 millones de años. El éxito evolutivo de los rumiantes como especies ganaderas se debe en gran parte a sus sistemas digestivos especializados. Las particularidades de su aparato digestivo les otorgan la capacidad de utilizar dietas basadas en plantas de manera eficaz, lo que les permitió prosperar en una amplia variedad de entornos, desde zonas áridas hasta bosques densos.

Matheus Ferreira, Ph.D., Assistant Professor
Marcelo Vedovatto, Ph.D., Assistant Professor
Matheus Ferreira, Ph.D., Assistant Professor

Los rumiantes han desarrollado una endosimbiosis con microbios (cuando un organismo vive dentro de otro en una relación mutuamente beneficiosa), lo que permite la digestión de plantas y la extracción de nutrientes de ellas. Otras características que clasifican a estos animales como rumiantes son la capacidad de devolver el alimento del estómago a la boca para una masticación más elaborada (rumia) y la ausencia de dientes caninos e incisivos superiores.

Existen más de 200 especies de rumiantes divididas en seis grupos que habitan el planeta, con diferentes diferencias anatómicas. Entre ellos, los rumiantes más comunes son el ganado vacuno, las ovejas, las cabras, los búfalos y los ciervos. Estas especies comparten una anatomía del sistema digestivo relativamente similar, aunque con diferentes especializaciones dietéticas y comportamientos. Después de millones de años de selección natural, la evolución de los rumiantes ha generado tres grupos distintos relacionados con su comportamiento alimenticio: pastadores, ramoneadores y alimentadores intermedios. Esencialmente, los pastadores son animales cuya dieta se basa principalmente en pastos. Los rumiantes ramoneadores consumen una gran proporción de plantas de hoja ancha en su dieta (como arbustos y árboles). Tienden a tener un comportamiento alimenticio selectivo, enfocándose a menudo en las partes más nutritivas de las plantas. Los alimentadores intermedios pueden alternar entre el pastoreo y el ramoneo según las condiciones ambientales. El ganado vacuno, los búfalos y las ovejas se clasifican como pastadores, las cabras como alimentadores intermedios y los ciervos como ramoneadores.

Los rumiantes son un componente importante de la cadena alimentaria, ya que apoyan la producción de una variedad de productos finales como carne, leche, cuero y lana. Sin embargo, a pesar de las suposiciones comunes, los rumiantes no son esenciales únicamente para la industria cárnica y láctea, sino que también producen una amplia gama de productos esenciales para distintos sectores industriales, como la industria farmacéutica, suplementos nutricionales y biotecnología en general. Los productos derivados de los rumiantes que se utilizan como productos industriales son

principalmente el colágeno (gelatina), el sebo (biocombustibles, lubricantes, jabones, etc.), los huesos (calcio y otros suplementos), los cueros y la lana (ropa), entre otros.

Sin duda, los rumiantes son animales fantásticos con un sistema digestivo único y complejo. Su capacidad para convertir forrajes ricos en fibra en una fuente alimenticia vital para el consumo humano los coloca en una posición crucial dentro de la producción ganadera. Esta sección presenta una visión general del sistema digestivo de los rumiantes, incluyendo la anatomía y función de cada órgano del tracto gastrointestinal.

Anatomía y función del tracto gastrointestinal

El sistema digestivo de los rumiantes puede dividirse de manera simple en cuatro compartimentos estomacales (retículo, rumen, omaso y abomaso), intestino delgado e intestino grueso (Figura 1). Los tres primeros compartimentos se consideran los preestómagos (retículo, rumen y omaso) y son la razón por la cual estos animales se clasifican como rumiantes (Figura 2).

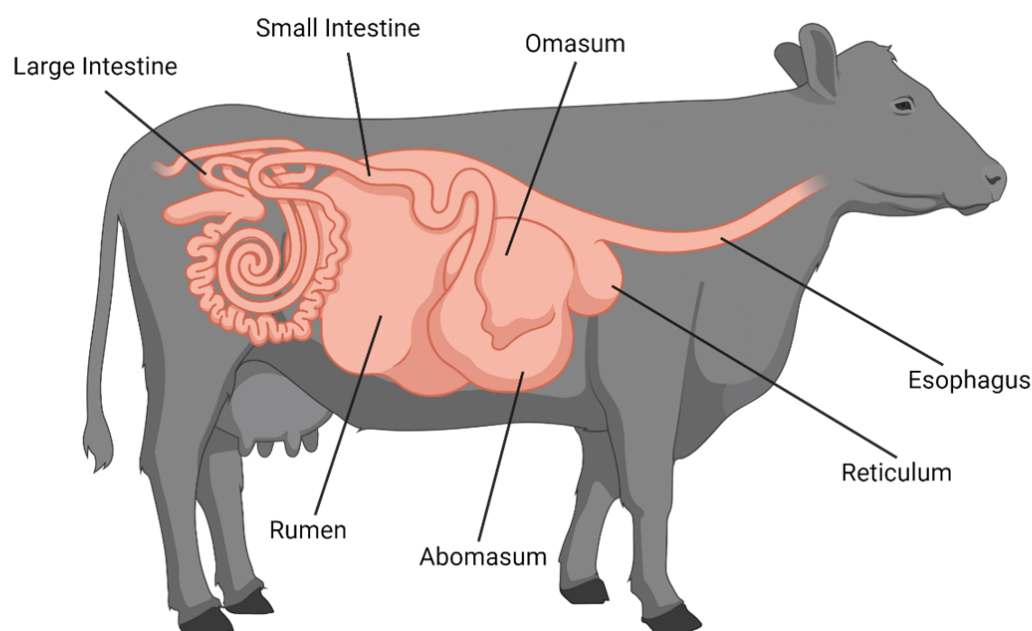
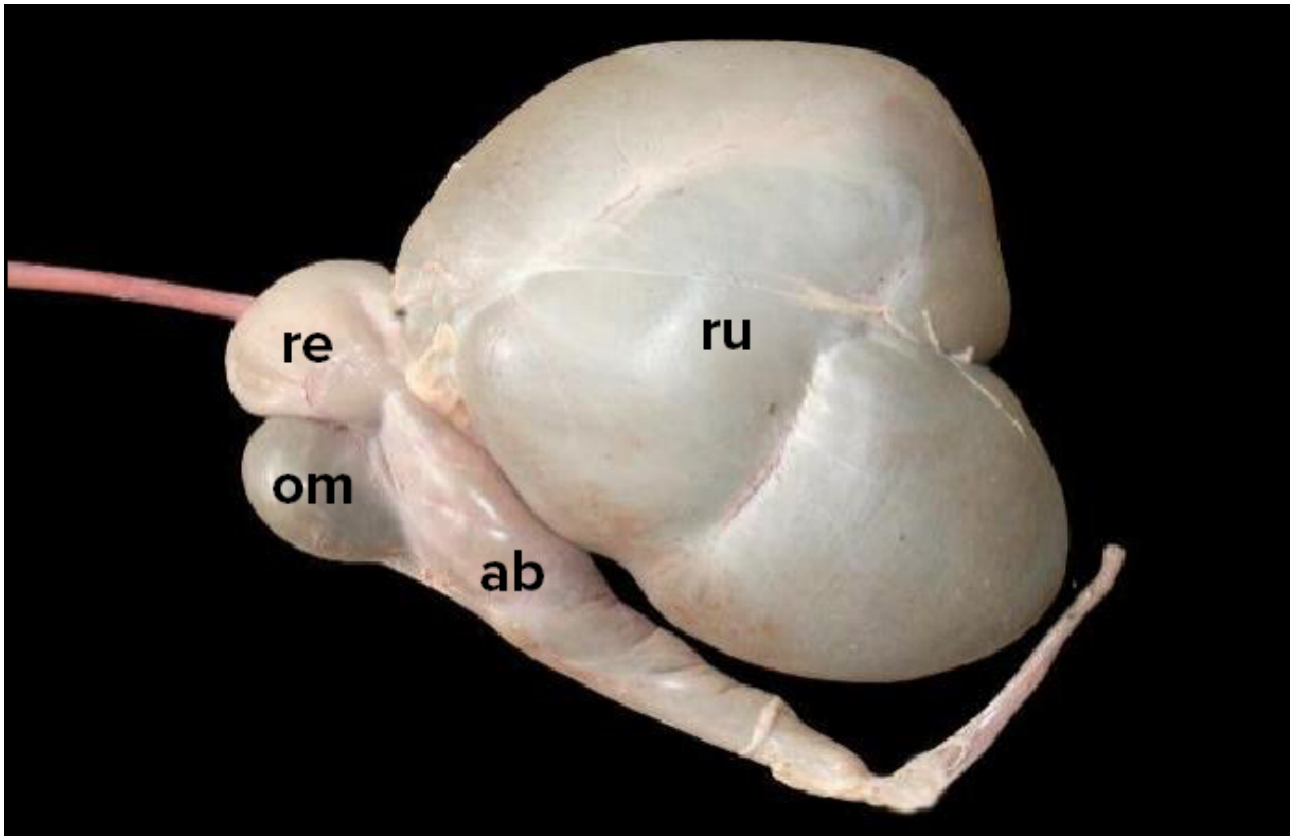


Figura 1. El sistema digestivo de los rumiantes. Gráfico creado por los autores utilizando BioRender.

Figura 2. Los cuatro compartimentos del sistema digestivo de los rumiantes son el retículo (re), rumen (ru), omaso (om) y abomaso (ab). Foto de los Drs. Luciano Alonso y Pedro Malafaia (UFRRJ).

Rumen y Retículo

El rumen es el órgano más grande del tracto gastrointestinal de los rumiantes, representando más del 70% del volumen total del sistema digestivo, y posiblemente sea el compartimento más importante junto con el retículo. En el ganado vacuno, el volumen del rumen es de aproximadamente 1.1 litros al nacer, alrededor de 6.8 litros a los 3 meses de edad y aproximadamente 60 litros en la madurez. El rumen es esencialmente una cámara de fermentación cubierta de papilas, donde los microbios (bacterias, protozoos y hongos) digieren materiales vegetales fibrosos y los convierten en productos finales llamados ácidos grasos volátiles (AGV).



Estas papilas están involucradas en la absorción de los AGV producidos por la actividad microbiana y representan la principal fuente de energía para los rumiantes. El rumen proporciona el ambiente perfecto para la proliferación y desarrollo de estos microbios. Es un entorno anaeróbico (sin oxígeno), con una temperatura ideal (entre 35 °C y 42 °C) y un pH entre 6.5 y 7.0, y contiene agua, nutrientes y productos de la fermentación para su absorción (Figura 3).

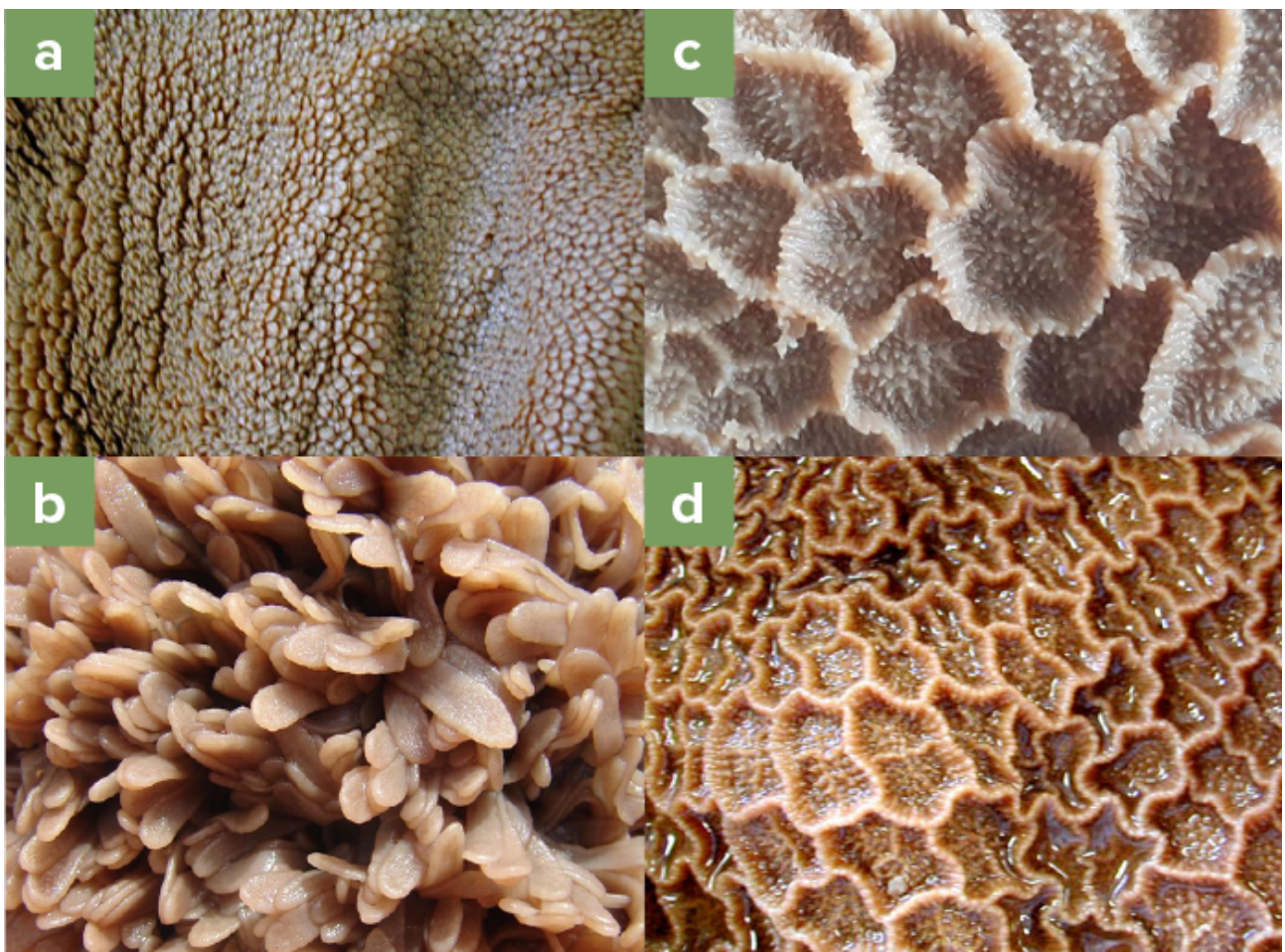


Figura 3. Características internas del rumen y el retículo. Papilas del rumen (a, b) y pared del retículo con forma de panal (c, d). Fotos a y d por la Dra. Karen Petersen (UW). Fotos b y c por los Drs. Luciano Alonso y Pedro Malafaia (UFRRI).

El retículo es una pequeña bolsa con paredes en forma de panal conectada a la parte frontal del rumen. El retículo recoge las partículas pequeñas del digesta —es decir, el material que está siendo digerido— y las mueve hacia el omaso, mientras que las partículas más grandes permanecen en el rumen para continuar su digestión. El retículo también se encarga de atrapar y recolectar objetos pesados o densos que el animal haya ingerido. Si un rumiante consume un objeto punzante y pesado, como un clavo o un alambre, es probable que quede alojado en el retículo. El retículo trabaja en estrecha colaboración con el rumen en el proceso de fermentación y facilita el proceso de rumia. Juntos, el rumen y el retículo forman un gran saco integrado conocido como el reticulorumen, que ocupa la mayor parte del lado izquierdo de la cavidad abdominal. Pilares internos, comúnmente conocidos como surcos, separan el retículo del rumen, y aunque el surco que los divide es prominente, la abertura entre ambos es amplia, lo que permite que el digesta se mueva entre estos compartimentos (Figura 3).

Omaso

El omaso es un compartimento esférico ubicado en el lado derecho de la cavidad abdominal, conectado al reticulorumen por un conducto corto y estrecho llamado orificio retículo-omasal. Posee más de 150 pliegues longitudinales delgados que se asemejan a las páginas de un libro (también llamado “muchas hojas” o la “biblia del carnicero” en referencia a su apariencia). Estos pliegues o láminas paralelas contienen pequeñas papilas que le otorgan al omaso una superficie de absorción (Figura 4). La función principal del omaso es absorber agua, electrolitos y ácidos grasos volátiles (AGV) que no fueron absorbidos en el rumen, así como reducir el tamaño de las partículas del alimento antes de pasar al abomaso.

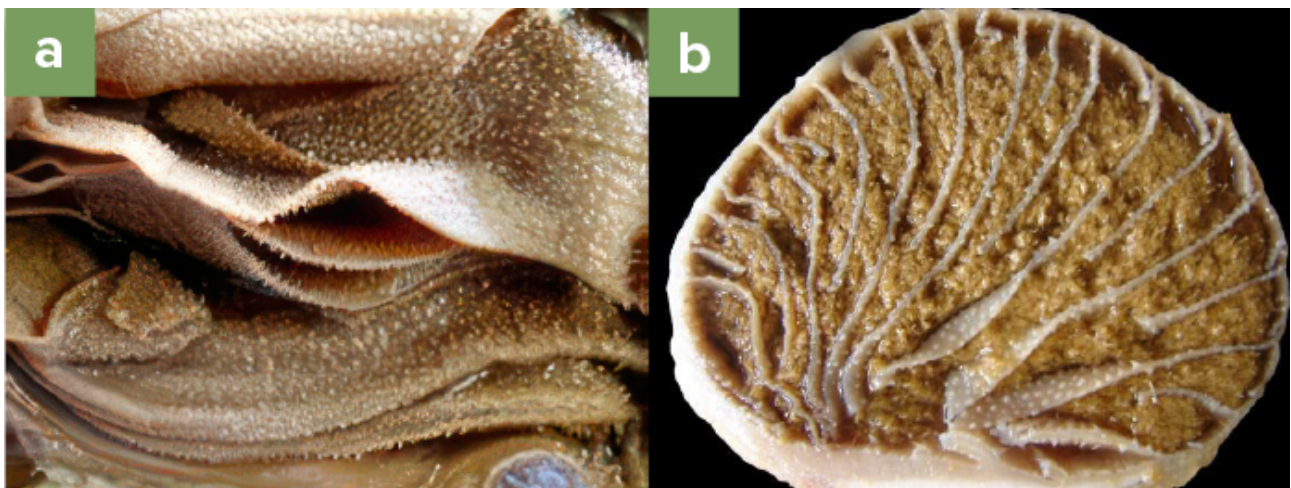


Figura 4. Pliegues longitudinales del omaso (a) y una sección transversal del omaso lleno de alimento (b). Foto izquierda por la Dra. Karen Petersen (UW). Foto derecha por los Drs. Luciano Alonso y Pedro Malafaia (UFRRI).

Abomaso



Figura 5. El interior del abomaso. Foto de los Drs. Luciano Alonso y Pedro Malafaia (UFRRI).

El abomaso se considera el “verdadero estómago” y corresponde al estómago de los animales monogástricos, o en otras palabras, animales con estómago simple (cerdos, perros, pollos, etc.).

A diferencia de los preestómagos, el abomaso tiene la capacidad de producir y secretar enzimas para la digestión o jugos gástricos (ácido clorhídrico y enzimas digestivas) que descomponen proteínas y otros nutrientes (Figura 5). El abomaso prepara el digesta para una mayor digestión y absorción en el intestino delgado.

Intestino delgado y grueso

El intestino sigue al abomaso como sitios adicionales de absorción de nutrientes y se divide en dos segmentos: el intestino delgado y el intestino grueso. El intestino delgado se subdivide a su vez en el duodeno, yeyuno e íleon, mientras que el intestino grueso se divide en el ciego, colon y recto (Figura 6).

El intestino delgado es un tubo de hasta 45 metros de largo en una vaca madura que sirve como el principal sitio para la digestión y absorción postruminal en los rumiantes. El digesta que entra al intestino delgado se mezcla con secreciones del páncreas y el hígado para ayudar en la digestión. La pared intestinal contiene numerosas proyecciones en forma de dedo llamadas vellosidades, que aumentan el área superficial intestinal para la absorción de nutrientes. Las contracciones musculares mezclan el digesta y lo mueven hacia la siguiente sección.

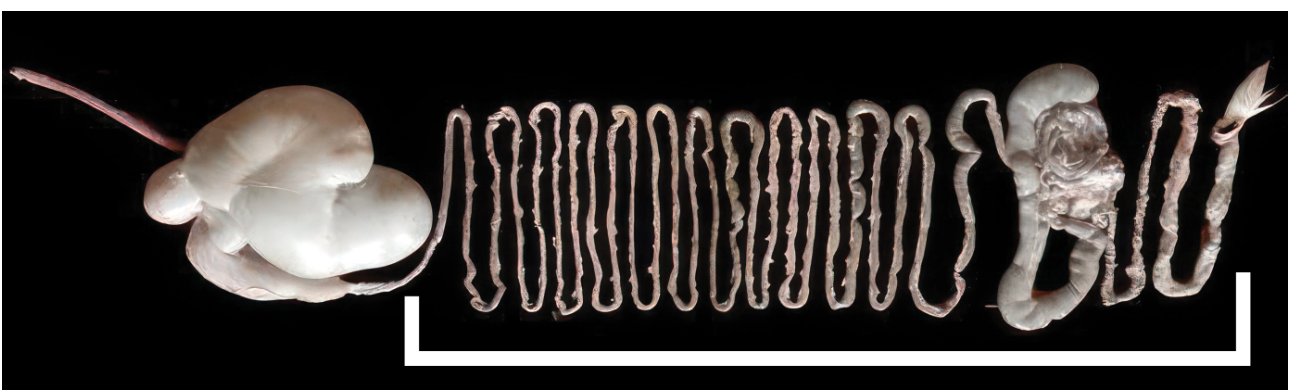


Figura 6. Vista general del tracto gastrointestinal de una cabra. El intestino delgado, el intestino grueso y el recto están señalados por la línea blanca. Fotos de los Drs. Luciano Alonso y Pedro Malafaia (UFRRI).

El intestino grueso

El intestino grueso tiene una estructura y actividades motoras que facilitan la retención prolongada del digesta. Este segmento del intestino proporciona un ambiente adecuado para el crecimiento microbiano, lo que también ayuda en la digestión de carbohidratos fibrosos, la síntesis de proteínas y la producción de vitamina B. Además, el intestino grueso absorbe agua, varios electrolitos, ácidos grasos volátiles (AGV) y luego excreta el material restante como heces a través del recto. El ciego es una gran bolsa ciega al principio del intestino grueso, que mide aproximadamente 90 cm de largo en una vaca madura. El ciego tiene poca función en un rumiante, a diferencia de su papel en los caballos. El colon es el sitio principal de absorción de agua en el intestino grueso.

Desarrollo de los preestómagos en los rumiantes

El tamaño relativo y el desarrollo de los compartimentos de los preestómagos en los rumiantes cambian significativamente con la edad. Al nacer, los preestómagos (rumen, retículo y omaso) son pequeños, no funcionales y representan solo el 39% del volumen total del estómago (Figura 7). Estos compartimentos carecen de microorganismos, y las papilas del rumen y los pliegues del omaso aún son rudimentarios. En esta fase de la vida, el compartimento más grande del estómago del ternero es el abomaso, que constituye más del 50% del área total del estómago.

En el primer día de vida, el abomaso no secreta ácido ni pepsinógeno, lo que permite la absorción eficiente de inmunoglobulinas (transferidas por el calostro) en el intestino delgado. El rumen y el retículo permanecen subdesarrollados y no funcionales mientras la dieta se limite a la leche. En los terneros, existe una estructura llamada surco esofágico, ubicada en la pared del retículo, que permite que la leche pase por alto el rumen y entre directamente al omaso y abomaso. El comportamiento de succión del ternero provoca una acción refleja que cierra el surco para formar una estructura tubular (canal), lo que impide que la leche entre al rumen.

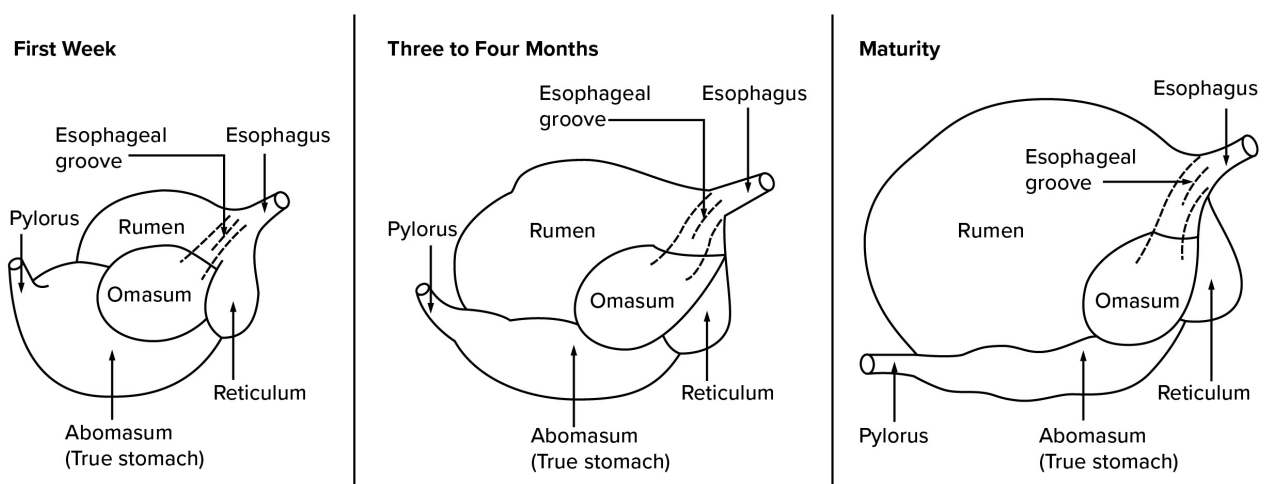


Figura 7. Desarrollo de los compartimentos del estómago bovino desde el nacimiento hasta la madurez.

A medida que el ternero comienza a comer grano y forraje, se desarrollará una población microbiana en el rumen y el retículo. Los productos finales de la fermentación microbiana son responsables del desarrollo del rumen. Además, a medida que el rumiante madura y transita a una dieta de alimentos sólidos, el surco esofágico pierde su importancia funcional.

A medida que el ternero madura, el reticulorumen y el omaso se expanden significativamente, ocupando una mayor porción del área total del estómago. En el ganado adulto, el abomaso representa solo el 14% de la capacidad total del estómago, mientras que el reticulorumen y el omaso representan el 64% y el 22%, respectivamente. Durante el desarrollo del rumen, las papilas del rumen (que son responsables de la absorción de nutrientes) se alargan y disminuyen en número.

Dinámica de la digestión en los rumiantes

Particularmente en los rumiantes, el sistema digestivo tiene las siguientes funciones: captura de alimento, masticación, rumiado, salivación, deglución, proporcionando tiempo de retención, generando condiciones para el crecimiento microbiano en el rumen y los intestinos, digestión de alimentos, absorción de nutrientes, eructación de los gases de fermentación y excreción de residuos no digeribles.

A medida que el alimento llega al rumen, puede ser vuelto a masticar a través del proceso de rumiado y luego tragado nuevamente. Una vez dentro del compartimento reticulorumen, el alimento pasa por el proceso de fermentación, que ocurre por acción microbiana. Esos microbios digieren el alimento y utilizan esos nutrientes para su propio beneficio. La digestión por parte de los microbios genera para los rumiantes AGV (sustancias ricas en energía eliminadas por los microorganismos y absorbidas por la pared del rumen, siendo la principal fuente de energía para los rumiantes) y proteína microbiana (proteína de microorganismos que escaparon del rumen y empezaron a digerirse en el abomaso), la cual tiene un alto valor biológico. Después de un cierto tiempo retenido en el compartimento reticulorumen, el alimento es empujado hacia el omaso a través del orificio reticuloomasal para la absorción de agua y los AGV restantes (Figura 8).

El compartimento reticulorumen tiene motilidad que ayuda a mezclar el digesta y facilita la actividad microbiana, así como separar y mover los gases hacia la parte superior del rumen por encima de la fracción líquida para ser eliminados más adelante. El proceso de eliminación de gases (dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno) del proceso de fermentación se llama eructación.

Desde el abomaso en adelante, el proceso de digestión es muy similar al de los seres humanos y otros animales con estómago simple. Hay una digestión enzimática producida por los rumiantes y absorción de nutrientes (Figura 8). El hígado, el páncreas y el intestino producen enzimas que juegan papeles importantes en la digestión en el intestino delgado. Estas enzimas descomponen proteínas, carbohidratos y lípidos en componentes más pequeños (por ejemplo, aminoácidos, glucosa y ácidos grasos) que son lo suficientemente pequeños como para atravesar la pared intestinal e ingresar al torrente sanguíneo para ser utilizados por el cuerpo (Figura 9).

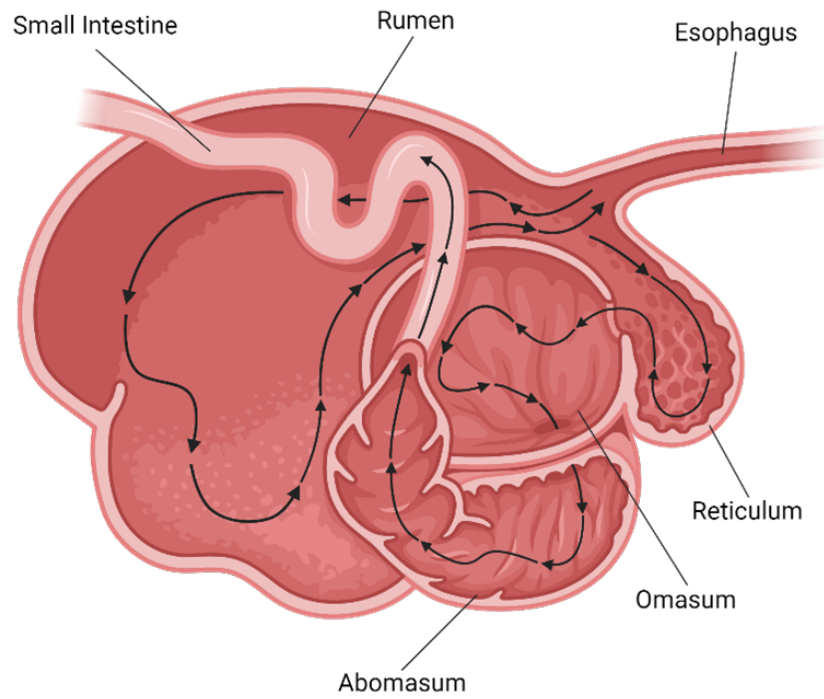


Figura 8. Cinética y dinámica del proceso digestivo en los preestómagos, abomaso e intestino. Gráfico creado por los autores utilizando BioRender.

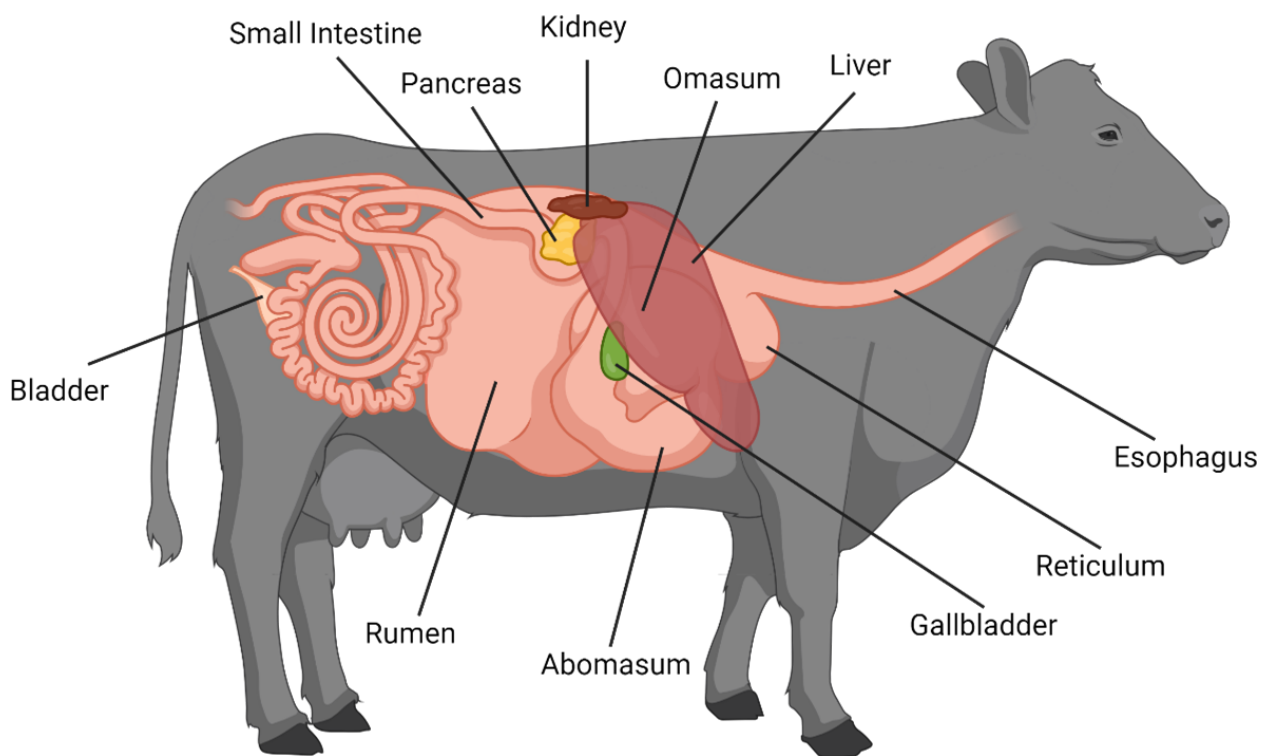


Figura 9. Sistema digestivo de los rumiantes y otros órganos involucrados en el proceso de digestión y metabolismo. Gráfico creado por los autores utilizando BioRender.

Fuente.

<https://www.lsuagcenter.com/articles/page1728411297432>

Clic Fuente

