

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

ANATOMÍA MACRO Y MICROSCÓPICA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL DENTÓN (*Megaleporinus muyscorum*) EN ETAPA ADULTA

Macro and Microscopic Anatomy of the Digestive System of the Dentex (*Megaleporinus muyscorum*) in Adult Stage

Darlyn Fabiola MOSQUERA RAMOS¹, Edwin- GÓMEZ RAMÍREZ^{2*}

¹ Facultad de Ciencias Naturales. Grupo de Investigación en Zoología-Línea ictiología, Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Cra. 22 No 18B-10 B, Quibdó, Chocó, Colombia, darlyn.mosquera@unillanos.edu.co

² Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Programa de Biología Aplicada, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Ecotoxicología, evolución, medio ambiente y conservación. Km 2 Vía Cajicá-Zipacquirá, Cajicá, Colombia, edwin.gomez@unimilitar.edu.co

* Correspondencia: edwin.gomez@unimilitar.edu.co

Recibido: 12 de julio de 2022. **Revisado:** 19 de abril de 2023. **Aceptado:** 28 de junio de 2023.

Editor asociado: Sonia Antonieta Gallina Tessaro

Citation/ citar este artículo como: Mosquera, D.F., y Gómez, E. (2024). Anatomía macro y microscópica del sistema digestivo del dentón (*Megaleporinus muyscorum*) en etapa adulta. *Acta Biol Colomb*, 29(1), 61-69. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n1.100063>

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la anatomía macro y microscópica del sistema digestivo y los órganos anexos (hígado y páncreas) de *Megaleporinus muyscorum*, se sacrificaron 25 ejemplares adultos de ambos sexos, con longitud total de 32,5 cm y 339 g. Se obtuvieron cortes seriados de 5 mm mediante inclusión en parafina y teñido con hematoxilina – eosina. La boca es relativamente pequeña en posición subterminal, con dientes planos grandes y dirigidos hacia delante, las branquias son largas, separadas y definidas, el esófago y el estómago son cortos, y musculosos, este último tiene forma de “V”, y baja capacidad volumétrica. Los ciegos pilóricos son digitiformes y oscilaron entre diez y 15, el intestino es relativamente largo, con poca capacidad de distensión y tres circunvoluciones. El hígado es prominente, trilobulado y parduzco, y el páncreas difuso. Histológicamente el sistema digestivo estaba constituido por cuatro capas o tunicas: mucosa, submucosa, muscular y serosa, la mucosa en el esófago estaba conformada por pliegues longitudinales y epitelio plano estratificado con abundantes células caliciformes. La submucosa presentaba tejido conectivo laxo en los tres órganos evaluados: esófago, estómago e intestino. La capa muscular del esófago está constituida por músculo estriado con orientación circular interna y externa, diferente al reportado para el estómago e intestino (músculo liso con orientación circular y longitudinal). La estructura del sistema digestivo de *M. muyscorum* es similar a la presentada por otros teleósteos, la posición de la boca y los dientes permiten evidenciar que es de hábito omnívoro.

Palabras clave: Acuicultura, hábitos alimenticios, histología, teleósteo, tracto digestivo.

ABSTRACT

To study the gross and microscopic anatomy of the digestive system and adjoining organs (liver and pancreas) of *Megaleporinus muyscorum*, 25 adult specimens of both sexes, with a total length of 32.5 cm and 339 g, were euthanized. Serial 5 µm sections were obtained by paraffin technique and stained with hematoxylin-eosin. The mouth is relatively small in a subterminal position, with large flat teeth directed forwards, the gills are long, separated, and defined, the esophagus and stomach are short and muscular, and the latter is “V” shaped and low volumetric capacity. The pyloric ceca are digitiform and range between ten and 15, the intestine is relatively long, with little distention capacity and three convolutions. The liver is prominent, trilobed, and brownish, and the pancreas is diffuse. Histologically, the digestive system is composed of four layers: mucosa, submucosa, muscle, and serosa. The mucosa in the esophagus was made up of longitudinal folds and stratified flat epithelium with abundant goblet cells. The submucosa presented loose connective tissue in the three organs evaluated: the esophagus, stomach, and intestine. The muscular layer of the esophagus is made up of striated muscle with internal and external circular orientation, different from that reported for the stomach and intestine (smooth muscle with circular and longitudinal orientation). The structure of the digestive system of *M. muyscorum* is like that presented by other teleost, the position of the mouth and the teeth suggest that it has omnivorous feeding habits.

Keywords: Aquaculture, food habits, histology, teleost, digestive tract.

INTRODUCCIÓN

Existen aproximadamente 35 987 especies ícticas entre continentales y marinas, de las cuales 18 167 son especies de agua dulce (Fricke et al., 2021). Colombia es el segundo país con mayor riqueza de peces de agua dulce del mundo, posee aproximadamente 1572 especies, distribuidas en las cinco regiones hidrográficas (Amazonas, Orinoco, Magdalena-Cauca, Caribe y Pacífico) (Maldonado-Ocampo et al., 2019).

Dentro del orden Characiformes se encuentra la familia Anostomidae, la cual es endémica de América del Sur y está conformada aproximadamente por 14 géneros y 155 especies, (Garavello y Britski, 2003). Una de las especies pertenecientes a esta familia es el Dentón *Megaleporinus muyscorum* (Steindachner, 1900), el cual tiene el cuerpo fusiforme, la altura del cuerpo de mayor tamaño, se extiende desde la cabeza, hasta el inicio de las aletas ventrales, y de allí va disminuyendo hasta el pedúnculo caudal, la boca es puntiaguda, en posición subterminal, el labio superior es de mayor tamaño en comparación con el inferior. En la parte dorsal presenta una coloración oscura, que inicia desde el labio superior hasta el ensanchamiento de la cabeza, en los opérculos presenta color blanco, naranja y gris oscuro (Lasso et al., 2011).

Megaleporinus muyscorum es una especie endémica de Colombia y se encuentra distribuida en las cuencas del Caribe y Magdalena, habitando en las ciénagas generadas por los ríos Atrato, Truandó, Magdalena, San Jorge y Sinú (Maldonado-Ocampo et al., 2008), en aguas de pH entre 6,00-7,35, conductividad entre 24,9- 110 mS/cm, oxígeno disuelto entre 0,61 - 8,1 mg/L y temperaturas entre 26,5 - 31,2 °C (Lasso et al., 2011). El dentón se encuentra asociado a macrófitas flotantes, siendo una especie omnívora, con talla mínima de madurez para hembras de 23 cm de longitud estándar (LE) y para los machos 24 cm (Rivas-Lara et al., 2017).

En la cuenca del Atrato es la segunda especie más importante en las pesquerías, pero en los últimos años sus volúmenes de capturas han estado disminuyendo, lo cual se evidenciaría en las menores tallas que se ofrecen en el mercado. Presenta interés para la piscicultura, debido a que es un pez de carne blanca, tiene alta demanda en el mercado local y regional, y tiene la capacidad para adaptarse con facilidad a cautiverio y a raciones balanceadas (Rivas-Lara et al., 2017). Sumado a esto, es una especie que desde el 2005 está reportada en el Libro Rojo de Peces de Colombia, considerada bajo el estatus de vulnerable (Mojica et al., 2012).

No obstante, para que el cultivo de cualquier especie íctica sea exitoso a nivel acuícola es necesario conocer diversos aspectos biológicos (Uscanga-Martínez et al., 2011). En este sentido el sistema digestivo juega un papel importante, ya que el mismo es altamente variable debido a la diversidad de tipos de dietas y a los ambientes explotados (Dos Santos et al., 2015). En general, el sistema digestivo de los peces presenta varias estructuras comunes macroscópicamente: cavidad oral, faringe, esófago, estómago e intestino, presentando

microscópicamente cuatro capas constitutivas: mucosa, submucosa, muscular y serosa.

A pesar de la importancia que representa para el mercado local y regional *M. muyscorum*, y el potencial que ostenta para la diversificación de la piscicultura, se desconocen aspectos básicos de su biología que permitan establecer paquetes tecnológicos para implementar cultivos a mediana y gran escala. La información disponible se restringe a aspectos de su biología en el medio natural (Lasso et al., 2011; Rivas-Lara et al., 2017), y a algunos ensayos puntuales en reproducción inducida (Arguello et al., 2001). El objetivo de este trabajo es determinar la anatomía macroscópica y microscópica del sistema digestivo del Dentón *M. muyscorum*, permitiendo el diseño y formulación de dietas apropiadas para la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio macroscópico del tracto digestivo

Se capturaron 20 individuos adultos de sexos combinados de *M. muyscorum*, con trasmallos de pesca en la cuenca media del Río Atrato, a la altura del corregimiento de La Loma (municipio del Medio Atrato), departamento del Chocó - Colombia. Los ejemplares capturados fueron trasladados al laboratorio de acuicultura de la Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, donde posteriormente fueron anestesiados con benzocaína (0,1g/L) y sacrificados por sección medular al nivel de la espina supraoccipital (Gómez-Ramírez et al., 2011), teniendo en cuenta la guía para el manejo ético de peces para la investigación (AVMA, 2016). A cada ejemplar se le registró la longitud total (LT) con un ictiómetro de 1 cm de precisión y el peso corporal mediante una balanza electrónica Lexus (0.1g-3000g). Se realizó una incisión longitudinal, desde la abertura urogenital hasta la mandíbula inferior, con el objetivo de hacer la identificación, descripción y orientación macroscópica del esófago, estómago, intestino e hígado. De igual forma, se tuvo en cuenta: la forma, la distancia, posición y el tamaño relativo de la boca o cavidad bucal, tipo de dentición, forma y número de branquiespinas. Los ciegos pilóricos fueron descritos de acuerdo a su morfología (monotubulares o ramificados) (Atencio-García et al., 2008). Se calculó el coeficiente intestinal (CI), donde $CI = Li * Ls^{-1}$; donde Li es longitud intestinal (cm) y Ls es longitud estándar (cm) (Albrecht et al., (2001) y Guzmán-Beltrán et al., (2013).

Descripción histológica del tracto digestivo

Se procesaron diez individuos, los cuales fueron fijados en formaldehído al 4 % preparado en buffer fosfato, pH 7.2 mantenidos a 4°C durante diez días (Gómez-Ramírez et al., 2010). Los tejidos obtenidos fueron sometidos a un proceso de deshidratación por medio de cambios en concentraciones ascendentes de etanol (70, 90, 95 %), cada uno de 30 minutos. Posteriormente se realizaron tres

lavados de 30 minutos en etanol absoluto, se aclararon los tejidos en xilol (100%) por medio de dos cambios de cinco minutos. Para la inclusión, se realizaron dos cambios de una hora en parafina (MERCK®, punto de fusión 52-54 °C) (Gómez-Ramírez et al., 2010). Se realizaron cortes transversales semiseriados de 5 µm de espesor con un micrótopo rotatorio SLEE CUT 4060®, seguidamente los cortes fueron teñidos con hematoxilina y eosina, y se realizaron montajes permanentes con citoresina® (Guzmán-Beltrán et al., 2013). En la descripción histológica se tuvo en cuenta la presencia de las diferentes capas constitutivas del sistema digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa, del esófago, estómago, intestino, ciegos pilóricos y el hígado. Se obtuvieron imágenes utilizando una cámara Leica ICC50 integrada a un microscopio Leica Dm500.

RESULTADOS

Descripción morfológica y macroscópica

La especie *M. muyscorum* presenta una boca relativamente pequeña, en posición subterminal con labios carnosos y ausencia de lengua. Presenta dientes incisiformes que están ubicados en una sola hilera en cada maxilar, la maxila superior está conformada por seis dientes planos dirigidos hacia delante, sobreponiéndose uno sobre otro en forma de abanico, en la maxila inferior ostenta de cuatro a seis dientes, en donde los dientes del centro de la maxila superior e inferior son de mayor tamaño (Fig. 1). En la base de ambos maxilares se observan dientes de reposición, en el primer maxilar se presentan seis dientes y en el segundo cuatro, por lo tanto, se podría asegurar que por cada diente que tiene en los maxilares tiene uno de reposición (Fig. 1).

Las branquias de *M. muyscorum* están conformadas por cuatro arcos branquiales a cada lado de la cabeza. Su coloración es roja brillante; las branquiespinas son fuertes, largas y separadas entre sí. Oscilan entre 32-37, en tanto que los filamentos son largos, definidos y oscilan entre 95 y 100 (Fig. 1).

El esófago y el estómago conforman un tubo corto, grueso y musculoso. Este último tiene forma de “V” y baja capacidad volumétrica, y en él se identifican tres regiones distintas: cárdica, fúndica y pilórica, la región cárdica o anterior se encuentra en el primer tercio del estómago y es el fragmento que articula el esófago con el estómago; la región fúndica o media tiene forma de saco ciego. En la parte derecha superior se encuentra el bazo y la vejiga natatoria y en la parte inferior la vesícula biliar. La región pilórica es la parte más próxima al intestino con una disminución notable de su diámetro hacia la parte inicial de los ciegos pilóricos (Fig. 1). Los ciegos pilóricos son digitiformes, heterogéneos y alargados, se encuentran ubicados en la parte anterior del intestino, presentando entre 10-15 dígitos. El intestino es largo y de poca capacidad de distensión, inicia en la región

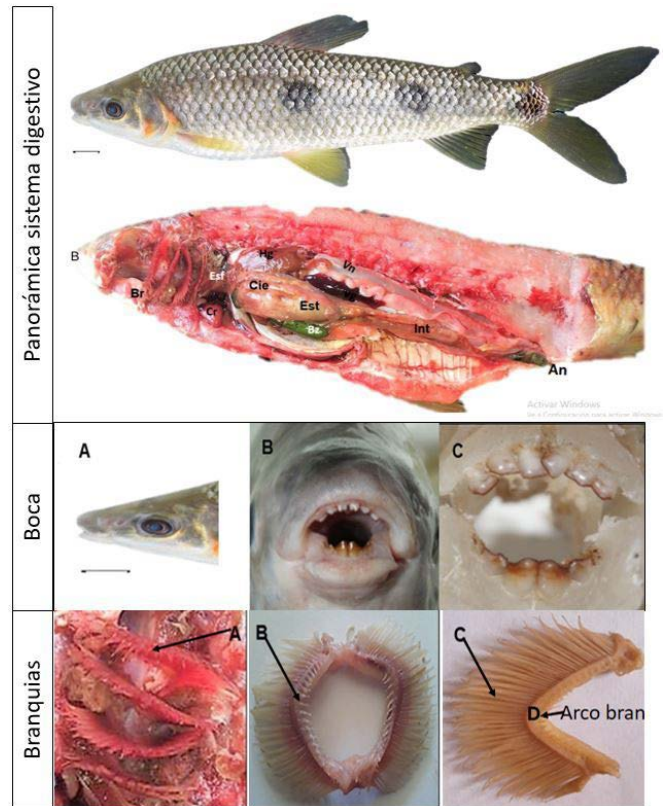


Figura 1. Sistema digestivo de *M. muyscorum*. B (boca), Br (branquia), Cr (corazón), Esf (esófago), Cie (ciegos pilóricos), Est (estómago), Hg (hígado), Int (intestino), Vb (vesícula biliar), Vn (vejiga natatoria), Bz (Bazo) y An (ano). Boca: (A) labio inferior y superior, (B) dentición maxilar superior e inferior y (C) transparencia dentaria maxilar superior. Branquias (A), branquiespinas (B), filamentos branquiales (C) y Arco branquial (D).

pilórica o posterior del estómago y termina en el orificio anal, está conformado por tres circunvoluciones y tiene una longitud promedio de 32,5 cm. El hígado es prominente y trilobulado, se encuentra situado entre la parte superior del estómago y la vejiga natatoria, su coloración es café pardo y presenta un índice hepatosomático de $0,58 \pm 0,12g$ (Fig. 1). El páncreas es difuso por lo cual no se identificó macroscópicamente.

Descripción microscópica del tracto digestivo

Esófago: El esófago se dividió histológicamente en dos regiones: una anterior y otra de transición o posterior, en la región anterior del esófago se observa la mucosa, con pliegues longitudinales y un epitelio plano estratificado con abundantes células caliciformes y una lámina basal. La capa submucosa está compuesta de un tejido conectivo laxo y la capa muscular por músculo estriado con orientación circular interna y externa (Fig. 1). En la región de transición o posterior del esófago, la única capa que varió su composición histológica fue la mucosa,

la cual estaba conformada por epitelio cilíndrico simple y células caliciformes con citoplasma de aspecto granular, correspondiente a depósitos de mucina (Fig. 2).

Estómago: Está conformado por la capa mucosa, submucosa, y muscular dividiéndose en tres regiones: región cardica o anterior, región fúndica o media y región pilórica o posterior (Fig. 2). No obstante, la organización tisular fue similar en todas las regiones. La capa mucosa estaba conformada por un epitelio cilíndrico simple soportado por una lámina basal presentando numerosas fositas gástricas o foveolas en el borde epitelial de los pliegues de la mucosa. Debajo del epitelio se encontraba una capa de gran espesor compuesta por abundantes glándulas gástricas. En la submucosa se observó tejido conectivo laxo con abundante matriz extracelular de tejido lipídico y vasos sanguíneos. La capa muscular está compuesta por una capa interna de músculo circular y una capa externa de menor espesor de músculo longitudinal (Fig. 2).

Ciegos pilóricos: La mucosa presenta pequeños pliegues y un epitelio cilíndrico simple, con núcleos basales el epitelio subyacente sobre una delgada lamina basal con un gran número de gránulos. La capa submucosa es bastante celular con abundantes núcleos ovalados y fusiformes, aflora distendida en la región subyacente de los pliegues de la mucosa y eventualmente se observan criptas glandulares. Bajo la submucosa se observa una capa delgada de fibras musculares lisas o fibras de colágeno, en corte longitudinal, seguida de una capa más amplia y desorganizada de músculo liso, que corresponde a la capa de músculo liso circular interna, con núcleos prominentes y debajo de esta aparece la capa de músculo liso longitudinal externa, la cual corresponde aproximadamente a la mitad del diámetro de la muscular interna. Finalmente, adherida a la capa muscular externa aparece un epitelio de aspecto cúbico simple que correspondería a la capa serosa o adventicia (Fig. 3).

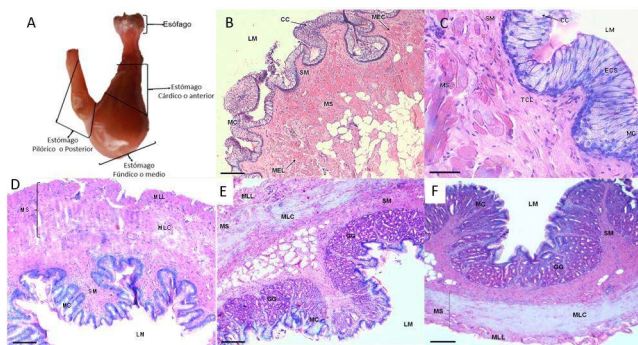


Figura 2. Esófago y estómago (A), esófago anterior (B) y posterior (C). Estómago: cárdico (D), fúndico (E) y pilórico (F). (LM) Lumen, (MC) capa mucosa, (ECS) epitelio cilíndrico simple, (CC) células caliciformes, (SM) capa submucosa, (TCL) tejido conectivo laxo, (GG) glándulas gástricas, (MS) capa muscular, (MEL) músculo estriando longitudinal, (MLC) músculo liso circular, (MLL) músculo liso longitudinal. Tinción H&E. Barra 50 μ m.

Intestino: El intestino está dividido en anterior y posterior; la capa mucosa está constituida por abundantes microvellosidades sobre un epitelio cilíndrico simple de enterocitos entremezclados con células caliciformes, que son más abundante en la región de la cripta. La capa submucosa es extensa y está constituida por tejido conectivo laxo. La capa muscular está conformada por una capa de músculo estriado con orientación circular interna, de similar espesor a la capa con orientación longitudinal externa (Fig. 3).

Hígado: En el hígado se aprecia abundante parénquima conformado por cordones de hepatocitos con morfología aparentemente cuboidales, con citoplasma denso y en algunas ocasiones con deposición de gránulos. Los núcleos se tiñen intensamente apreciándose la distribución de la cromatina desplazada a la periferia y sobre la membrana nuclear que da un aspecto de anillo a dicha estructura. Los sinusoides hepáticos delimitan en cierta medida los cordones hepáticos (Muralium dúplex). En la región central e inferior se observa una estructura de forma oval delineada que contiene un gran número de células distribuidas aleatoriamente, posiblemente debido a que en esta región no se aprecia la vena central. Finalmente, En la región central e inferior se observa una estructura de forma oval y delineada que contiene un gran número de células granulares organizadas en forma de acinos y que podría corresponder al páncreas intrahepático (Olaya et al., 2007). Algunos linfocitos parecen infiltrarse entre las células hepáticas y las células pancreáticas (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Nivel macroscópico

En general la estructura del tracto digestivo de *M. muyscorum* (boca, esófago, estómago, intestino e hígado, están directamente relacionados con la forma de su cavidad

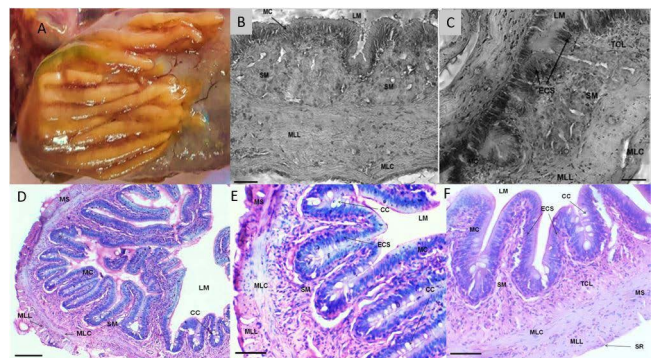


Figura 3. Ciegos pilóricos (A), histología ciegos pilóricos (B y C). Intestino (D, E y F). (LM) Lumen, (MC) capa mucosa, (ECS) epitelio cilíndrico simple, (CC) células caliciformes, (SM) capa submucosa, (TCL) tejido conectivo laxo, (GG) glándulas gástricas, (MS) capa muscular, (MEL) músculo estriando longitudinal, (MLC) músculo liso circular, (MLL) músculo liso longitudinal, (SR) capa serosa. Tinción H&E. Barra 50 μ m.

peritoneal y la forma del cuerpo fusiforme, son similares en términos de conformación y disposición a los presentados en otros Anostomidae, encontrándose también en muchos otros teleósteos de diferentes hábitos alimenticios (Gómez-Ramírez et al., 2011). La boca en posición subterminal, es similar a la presentada por otras especies de la familia Anostomidae como: *Leporinus taeniofasciatus* (Albrecht et al., 2001) y *Schizodon nasutus* (Villares-Junior et al., 2011). Por el tamaño de la misma, es posible inferir que la especie consumió partículas pequeñas y por la posición se podría deducir que la especie se alimenta a diferentes niveles de la columna del agua (Helfman et al., 2009 y Sampaio y Goulart, 2011). Los dientes incisiformes han sido reportados en especies como *Leporinus friderici* (Garavello, 1979) y *Leporinus taeniofasciatus* (Britski, 1997), la forma de los dientes indica que *M. muyscorum*, puede capturar, trozar y desgarrar el alimento. Evans y Claiborne (2006), manifiestan que este tipo de dientes presentan una superficie ancha y delgada que sirve para cortar y desgarrar plantas y algas, por lo que son de gran utilidad en peces herbívoros u omnívoros. Esto coincide con los estudios de biología trófica del *M. muyscorum*, reportados por Rivas-Lara et al., (2017), quienes evidenciaron que los principales recursos alimenticios eran tallos, hojas, semillas, raíces, y en menor proporción restos de insectos y peces. Es decir, una especie íctica de hábito alimenticio omnívoro.

Las branquiespinas de *M. muyscorum* son largas, definidas y separadas entre sí, lo cual es característico de especies ícticas con hábito alimenticio carnívoro y algunas omnívoras (Vásquez-Torres, 2004). Esta estructura permite a los peces una mayor filtración de los alimentos que se encuentran suspendidos en el agua (Salinas-Torres, 2011). En esta especie el número de branquiespinas oscila entre 32 y 37, lo que coincide con especies de hábitos alimenticios omnívoros como la cachama blanca *Piaractus brachyomus* que tiene entre 33 y 37 branquiespinas, y difiere de la cachama negra *Colossoma macropomum* que posee entre 84 y 107 branquiespinas (Vásquez-Torres, 2004). Por el tamaño, el espacio entre sí y el bajo número de branquiespinas se presume que *M. muyscorum* tendría poca capacidad filtradora en la etapa adulta.

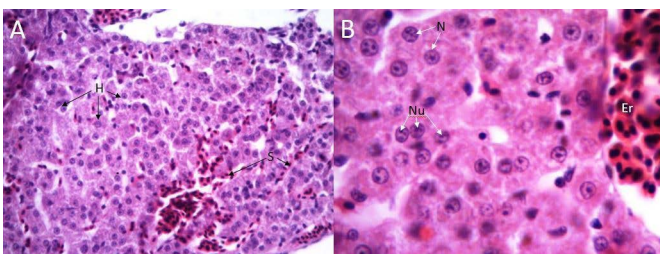


Figura 4. Histología del hígado de *M. muyscorum* (A y B). (H) hepatocitos, (SN) sinusoides hepáticos, (Er) eritrocitos nucleados, (N) núcleos y (Nu) nucléolos de los hepatocitos. Tinción H&E. A, Barra 50 μ m y B, Barra 20 μ m.

El estómago de *M. muyscorum* es corto y grueso, su tamaño depende de la frecuencia de alimentación y del tamaño de las partículas consumidas. A diferencia de los peces carnívoros que tienen un estómago grande, musculoso y de alta capacidad de distensión para alojar presas de mayor tamaño (Vásquez-Torres, 2004). En los peces omnívoros, como es el caso de la especie objeto de estudio, el estómago es de baja capacidad volumétrica, debido a que parte de su digestión se realiza a nivel del intestino (Santamaría, 2014).

M. muyscorum presenta entre 11 y 15 ciegos pilóricos, estando en el rango reportado para especies de la misma familia Anostomidae, como: *Schizodon nasutus* quien registra de 11 a 15 ciegos, *Leporinus friderici* 12 y *Leporinus taeniofasciatus* 10 (Albrecht et al., 2001). Los ciegos pilóricos están presentes en el 60 % de las especies ícticas, sin una estrecha relación con el hábito alimenticio de las especies: carnívoros, omnívoros o herbívoros (Atencio-García et al., 2008). El número y forma, varían de especie a especie y entre ejemplares del mismo tamaño o edad (Baldisserotto, 2013), incluso entre especies del mismo hábito alimenticio, como es el caso de algunas especies omnívoras como: *Piaractus brachyomus* que registra de 25 a 32 (Eslava, 2001), *Brycon orbignyianus* de 42 a 93 (de Seixas-Filho et al., 2000), *Brycon henny* de ocho a 13 y *Brycon amazonicus* entre 18 y 20 (Eslava, 2001). En el caso de algunas especies herbívoras como: *Mylossoma aureum* se encuentran entre nueve a 13, *Mylossoma duriventre* de diez a 17, y *Mylossoma acanthogaster* de 12 a 20 (Medina-Perozo et al., 2009). En especies carnívoras como: *Salminus affinis* se reportan entre 13 y 23 ciegos pilóricos (Atencio-García et al., 2008), en tanto que en las especies piscívoras *P. coruscans* (Seixas-Filho et al., 2001) y *M. australis* (Serrano, 2014) los ciegos pilóricos están ausentes.

En los peces carnívoros estas estructuras ayudan a aumentar la superficie de absorción y asimilación de nutrientes, como compensación a la corta longitud del intestino (Bakke et al., 2010). Lo anterior permite que las enzimas proteolíticas actúen en el proceso de digestión, mientras que en especies ícticas de hábitos herbívoros y omnívoros se incrementa la secreción de amilasas (Wilson y Castro, 2011).

El intestino en las especies ícticas es un órgano que varía en longitud según los hábitos alimenticios de las especies. *M. muyscorum* presentó un coeficiente intestinal (CI) de 1.0, ubicándose en el rango de especies omnívoras. Karachle y Stergiou (2010) reportan que un CI menor de 0.99 indica una dieta carnívora, un valor entre 1.0 y 3.0 es una especie omnívora, y valores superiores a 3.0 se trata de especies herbívoras o detritívoras. Estos resultados coinciden con los reportados para otras especies omnívoras como: *Brycon orbignyianus* 1.17 (de Seixas-Filho et al., 2000) *Leiariis marmoratus* de 1.6 (Ramírez y Ajiaco, 2011), pero difiere de los resultados obtenidos para las especies *Pimelodus blochii* de 0.93 (Guzmán-Beltrán et al., 2013) y *Trichomycterus bogotensis* de 0.59 (Ortiz-Ruiz, 2017), indicando especies carnívoras. Sin embargo, por medio de los análisis histológicos se

determinó que las especies eran omnívoras. Por tal motivo no se puede utilizar solo el coeficiente intestinal para determinar el hábito alimenticio de una especie íctica. El intestino de *M. muyscorum* es un tubo largo con tres circunvoluciones que difieren del omnívoro *Brycon orbyganianus* que presenta nueve circunvoluciones (de Sixas-Filho et al., 2000) y *P. blochii* que posee cinco (Guzmán-Beltrán et al., 2013), teniendo en cuenta que las circunvoluciones intestinales permiten el transporte lento del alimento y aumentan el tiempo de absorción de los nutrientes (Olaya et al., 2007), se puede deducir que *M. muyscorum* tiene una capacidad de absorción de nutrientes intermedia.

Macroscópicamente el hígado de *M. muyscorum* es lobulado, como el de *Oreochromis niloticus* (Torres et al., 2010) y *Brycon henni* (Londoño-Franco et al., 2017), y difiere de otras especies ícticas como *P. brachypomus* (Mendoza et al., 2013), *P. blochi* (Guzmán-Beltrán et al., 2013) y *T. bogotensis* (Ortiz-Ruiz, 2017). La tonalidad fue rojo pardo, lo cual es un indicativo del bienestar del organismo, aunque en especies carnívoras puede presentar un color marrón-rojizo, y en herbívoras un color marrón claro (Sierra et al., 2003).

Nivel microscópico

La descripción microscópica del tracto digestivo de *M. muyscorum* muestra una conformación tisular similar a la reportada para otros vertebrados, con cuatro capas o túnica: mucosa, submucosa, muscular y serosa.

El esófago de *M. muyscorum* presentó una mucosa de epitelio plano estratificado con abundantes células caliciformes. Este epitelio también ha sido observado en varias especies ícticas con hábitos alimenticios diferentes (Albrecht et al., 2001; Dos Santos et al., 2015). Este tipo de epitelio en la mucosa del esófago sirve para protección al momento de ingerir alimento de consistencia dura y para evitar la invasión de microorganismos (Olaya et al., 2007; Dos Santos et al., 2015). Las abundantes células caliciformes en el esófago han sido observadas en diferentes especies de teleósteos (Gómez-Ramírez et al., 2010; Gómez-Ramírez et al., 2011; Ramírez-Espitia et al., 2020). Dichas células presentan en su interior gránulos de mucina que son liberados por el proceso de exocitosis, las cuales al mezclarse con el agua forman la sustancia llamada moco o mocus (Dos Santos et al., 2015) y tiene como función la lubricación y protección de la mucosa contra la abrasión física al momento de ingerir las presas (Ramírez-Espitia et al., 2020). Por lo anterior, se deduce que el alimento consumido por *M. muyscorum* es de consistencia dura, razón por la cual debe ser bien lubricado antes de pasar al estómago, y así evitar daños en las otras capas tegumentarias (Olaya et al., 2007). En el caso de la submucosa, está compuesta de un tejido conectivo laxo, como en otros Anostomidae (Dos Santos et al., 2015), Characidae (Mendoza et al., 2013), Siluridae (Guzmán-Beltrán et al., 2013) y Cichlidae (Ramírez-Espitia et al., 2020). El tejido conectivo laxo le permite a la

submucosa mayor distensión, proporcionándole a la pared muscular mayor fuerza en los movimientos peristálticos (Gómez-Ramírez et al., 2010). La capa muscular estaba compuesta por músculo estriado voluntario con orientación circular interna y longitudinal externa, como en *L. friderici*, y *L. taeniofasciatus* (Albrecht et al., 2001), *P. blochii* (Guzmán-Beltrán et al., 2013) y *P. brachypomus* (Mendoza et al., 2013), difiriendo en la orientación a lo reportado en *S. knerii* quien tenía las fibras musculares dispuestas longitudinalmente en la capa interna y en forma circular en la externa. El músculo estriado ayuda al movimiento mecánico en el proceso de la digestión, y le permite al pez regurgitar el alimento ingerido cuando el tamaño y/o textura es inadecuado o desagradable (Guzmán-Beltrán et al., 2013).

El estómago de *M. muyscorum* presentó una capa mucosa compuesta por un epitelio columnar simple, además la región cardíaca exhibía algunas células caliciformes, mientras que en las regiones fúndica y pilórica presentaba abundantes glándulas gástricas. Existen diferencia intra-específicas en la localización de las glándulas gástricas en el estómago de los peces, en el caso del *M. muyscorum* estas se encontraron en la región fúndica y pilórica, similar a *Seriola seneganesis* (Arellano y 2006). Por el contrario, en *Pargus pargus* (Darias et al., 2007), *P. maculatus* (Santos et al., 2007), *P. pictus* (Olaya et al., 2007), y *A. seemanni* (Gómez-Ramírez et al., 2010), estas glándulas se localizaron en la región cárdica y fúndica; en cambio en *Pagellus erythrinus* se encontraron en todo el estómago (Micale et al., 2006). Esta variación en la ubicación de las glándulas gástricas hace suponer que la especie tiene diferentes estrategias para la digestión, lo cual podría ser atribuido al tamaño de las presas (Micale et al., 2006). Las glándulas gástricas están conformadas por células oxínticas y peptídicas, similares a las células principales y parietales del estómago de los mamíferos que secretan pepsinógeno y ácido clorhídrico (Santos et al., 2007; Wilson y Castro, 2011). Por lo tanto, es probable que *M. muyscorum* presente enzimas quitinasas, debido al tipo de alimento encontrado en el contenido estomacal, ya que este tipo de enzimas pueden digerir el principal componente del exoesqueleto de los crustáceos (quitina). Este tipo de enzimas han sido reportadas en las familias Percichthyidae y Scombridae especies ícticas que consumen crustáceos y zooplancton, dieta similar a la reportada para la especie objeto de estudio (Wilson y Castro, 2011). Por otro lado, la presencia del ácido clorhídrico en las glándulas gástricas ayudaría a hidrolizar y desnaturalizar las proteínas en el estómago y facilitar su asimilación posteriormente en el intestino (Gómez-Ramírez et al., 2010). El estómago presentaba una capa de músculo liso con dos orientaciones similar a otras especies ícticas: omnívoras (Guzmán-Beltrán et al., 2013), carnívoras (Lokka et al., 2013; Serrano et al., 2014), y herbívoras (Dos Santos, 2015). Esta disposición en la capa muscular le permite a la especie una adecuada mezcla de los jugos gástricos, mejoramiento de la digestión

y absorción de los nutrientes por parte del intestino (Gómez-Ramírez et al., 2011).

A nivel histológico el epitelio de los ciegos pilóricos y el intestino de *M. muyscorum* fueron similares, tal vez es debido a que llevan a cabo funciones análogas como la digestión de carbohidratos, lípidos y proteínas (Vásquez-Torres, 2004).

En cuanto al intestino, la mucosa de *M. muyscorum* está constituida por abundantes microvellosidades intestinales con un epitelio cilíndrico simple; similar a lo encontrado en otros teleosteos (Ortiz-Ruiz, 2017; Ramírez-Espitia et al., 2020). En este órgano las células caliciformes son menos abundantes que los enterocitos y su presencia en el intestino puede estar relacionada con la protección y la absorción de sustancias de fácil digestión (Darias et al., 2007). Además, las abundantes microvellosidades intestinales han sido reportadas en especies con hábitos alimenticios omnívoros (Guzmán-Beltrán et al., 2013; Ortiz-Ruiz, 2017) y carnívoros cuya función es aumentar el área de absorción de nutrientes (Guzmán-Beltrán et al., 2013).

Los hepatocitos se presentaron como células poliédricas y algunas veces cuboidales, caracterizadas por núcleos prominentes con nucléolos intensamente teñidos y generalmente centrales. Lo anterior fue similar a lo observado en peces sanos de especies omnívoras (Olaya et al., 2007; Torres et al., 2010). El hígado de los peces desempeña funciones tanto endocrinas como exocrinas, entre las que se destacan: almacenamiento de glucógeno, desintoxicación del organismo, síntesis de proteínas y hormonas, entre otras (Rojas-Lemus et al., 2017). Los hepatocitos o células parenquimatosas fueron el tipo celular más abundante en el hígado coincidiendo con Ríos-López et al., (2020) quienes reportan porcentajes entre el 60 al 80 %.

CONCLUSIONES

La estructura macroscópica de *M. muyscorum* en los órganos estudiados del tracto digestivo, el hígado y el coeficiente intestinal obtenido indican que esta especie presenta hábitos alimenticios omnívoros. La composición celular del tracto digestivo reveló cuatro capas constitutivas: mucosa, submucosa, muscular y serosa, similar a la observada en otros teleosteos. La estructura microscópica también permite inferir que la especie consume alimento de consistencia dura por lo que fue común identificar abundantes células caliciformes en el esófago e intestino.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

Darlyn Fabiola Mosquera Ramos: análisis macroscópico, procesamiento de muestras, estudio histológico y redacción del primer borrador del manuscrito.

Edwin Gómez Ramírez: concepción y diseño del estudio, análisis histológico, redacción y revisión del documento final.

AGRADECIMIENTOS

A Mónica Andrea Ortiz, a la Universidad Militar Nueva Granada y su Grupo de Ecotoxicología, evolución, medio ambiente y conservación, y a la Universidad de los Llanos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no presentar conflicto de intereses

REFERENCIAS

- Albrecht, M. P., Ferreira, M. F. N. & Caramaschi, E. P. (2001). Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Characiformes; Anostomidae). *Journal of Fish Biology*, 58(2), 419-430. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb02261.x>
- Arguello, L., González, H. y Atencio, V. (2001). Reproducción inducida de la liseta *Leporinus muyscorum* (Steindachner, 1902) con extracto pituitario de carpa (EPC). *Revista MVZ Córdoba*. 6(2), 97-101. <https://doi.org/10.21897/rmvz.529>
- Arellano J. y Sarasquete C. (2006). Atlas Histológico del Lenguado Senegalés *Solea Senegalensis* (Kauo, 1858). Madrid, Sociedad Anónima de Fotocomposición, Editor Consejo superior de investigaciones científicas (CSIC), p.184.
- Atencio-García, V. J., Hernández Muñoz, J. y Pardo Carrasco, S. C. (2008). Descripción morfológica del tubo digestivo de juveniles de rubio *Salminus affinis* (Pisces: Characidae). *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 97-110. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X200800300008&lng=en&tlng=es
- AVMA - American Veterinary Medical Association. Guidelines for the Euthanasia of Animals. (2016). Illinois, United States, p.102.
- Bakke, A. M., Glover, C. and Krogdahl, Å. (2010). Feeding, digestion and absorption of nutrients. *Fish physiology*, 30, 57-110. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(10\)03002-5](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(10)03002-5).
- Baldisserotto B. (2013). Fisiología de peixes Aplicada a Piscicultura. 3 Ed. Santa Maria, UFSM, p. 352.
- Darias, M. J., Ortiz-Delgado, J. B., Sarasquete, C., Martínez Rodríguez, G. and Yúfera, M. (2007). Larval organogenesis of *Pagrus pagrus* L., 1758 with special attention to the digestive system development. *Histology and histopathology*. (22): 753-768.
- Dos Santos, M. L., Arantes, F. P., Santiago, K. B. and Santos, J. E. D. (2015). Morphological characteristics of the digestive tract of *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875), (Characiformes: Anostomidae): An anatomical, histological and histochemical study. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87(2), 867-878. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140230>

- Eslava, R., Suarez, M., Pardo, C., Arias, C. y Cruz, C. (2001). Morfología macro y microscópica del esófago, estómago y ciegos pilóricos de yamú *Brycon siebenthalae*. *Orinoquia*, 5, 111-128.
- Evans D. H., y Claiborne J. B. (2006). The physiology of fishes Third. Edition, Press United States of America, p.601.
- Fricke R, Eschmeyer WN, Van der Laan R. (2021). Catálogo de peces de Eschmeyer. Versión electrónica recuperado el 8 de septiembre del 2021 de, <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Garavello, J. C. and H. A. Britski, 2003. Anostomidae (Headstanders). p. 71-84. In R.E. Reis, S.O. Kullander and C.J. Ferraris, Jr. (eds.) Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, Brasil.
- Garavello, J. C. (1979). *Revisão taxonomica do gênero leporinus spix, 1829 (Ostariophysi, Anostomidae)* (Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Gómez-Ramírez, E., Obando, M. J., Tovar, M. O., Caldas, M. L. and Hurtado, H. (2011). Histological Study of Digestive Tract of the Neon Cardenal *Paracheirodon axelrodi* (Characidae). *International Journal of Morphology*, 29(3), 782-786. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022011000300018>
- Gómez-Ramírez, E., Tovar Bohorquez, M. O., Obando Bulla, M. J. and Hurtado Giraldo, H. (2010). ESTUDIO HISTOLÓGICO DEL TRACTO DIGESTIVO DEL PEZ *Ariopsis seemanni* (Ariidae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 6(2):216-225. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2075>
- Guzmán-Beltrán, L., Santana, D., Verdugo, H., Gómez-Ramírez, E. y Hurtado Giraldo, H. (2013). Descripción anatómica e histológica del tracto digestivo de Nicuro *Pimelodus blochii* (Valenciennes, 1840). *Orinoquia*, 17(1), 102-110. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092013000100011&lng=en&tlng=es.
- Helfman, G., Collette, B. B., Facey, D. E. and Bowen B. W. (2009). The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology. Wiley-Blackwell USA. Second Editen, p.737.
- Karachle, P.K., and Stergiou, K.I., (2010). Intestine morphometrics of fishes: a compilation and analysis of bibliographic data. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 40(1), 45-54. <http://dx.doi.org/10.3750/AIP2010.40.1.06>
- Lasso, C. A., Agudelo Córdoba, E., Jiménez-Segura, L. F., Ramírez-Gil, H., Morales-Betancourt, M., Ajiaco-Martínez, R. E., de Paula Gutiérrez, F., Usma Oviedo, J. S., Muñoz Torres, S. E. y Sanabria Ochoa, A. I. (Editores). (2011). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.
- Lokka, G., Austbo, L., Falk, K., Bjerås, I. and Koppang, E. O. (2013). Intestinal morphology of the wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of morphology*, 274(8), 859-876. <https://doi.org/10.1002/jmor.20142>
- Londoño-Franco, L. F., Laverde-Trujillo, L. M. y Muñoz-García, F. G. (2017). Descripción anatómica e histológica del aparato digestivo de la sabaleta (*Brycon henni*), Antioquia, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(3), 490-504. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13354>
- Maldonado-Ocampo, J. A., Do Nascimento, C., Usma Oviedo, J. S., Herrera Collazos, E. E. y Garcia Melo, J. E. (2019). Biodiversidad de los peces de agua dulce en Colombia en *Colombia país de peces* (pp. 19-31). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Conservación Internacional Colombia WWF. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35410>
- Maldonado-Ocampo, J. A., Vari, R. P. y Usma, J. S. (2008). Lista de los peces de agua dulce de Colombia. *Biota Colombiana*, 9(2). Recuperado a partir de <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/201>.
- Medina-Perozo, Z., Martínez Leones, T., Machado Allison, A., Bonilla Rivero, A. y López Rojas, H. (2009). Anatomía e histología de los ciegos pilóricos en cinco especies de peces de la familia Characidae. *Revista Científica*, 19(6), 607-618. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000600008&lng=es&tlng=es
- Mendoza, M. Á., Comas Corredor, J. y Romero Hurtado, C. S. (2013). Estudio histológico del sistema digestivo en diferentes estadios de desarrollo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista de Medicina veterinaria*, (25), 21-38. <https://doi.org/10.19052/mv.2296>.
- Micale, V., Garaffo, M., Genovese, L., Spedicato, M. T. and Muglia, U. (2006). The ontogeny of the alimentary tract during larval development in common pandora *Pagellus erythrinus* L. *Aquaculture*, 251(2-4), 354-365. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.048>
- Mojica, J., Usma, J. S., Álvarez-León, R. y Lasso, C. A. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D.C., Colombia, p. 319. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34197>.
- Olaya, C. M., Ovalle, C. H., Gómez, E., Rodríguez, D., Caldas, M. L., y Hurtado, H. (2007). Histología y morfometría del sistema digestivo del Silurido bagre tigrillo (*Pimelodus pictus*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54(II), 311-323.
- Ortiz-Ruiz, M. (2017). Anatomía, histología y Morfometría del Tracto digestivo e hígado del Capitaneó *Trichomycterus bogotensis* (Siluriformes: Trichomycteridae). Trabajo de grado para optar al título de Bióloga Universidad Militar Nueva Granada, facultad de Ciencias Básicas y Aplicada, p. 52.

- Ramírez-Espitia, E. J., Hurtado-Giraldo, H. y Gómez-Ramírez, E. (2020). Anatomía general, histología y morfometría del sistema digestivo del pez *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae). *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1371-1383. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i4.40393>
- Ramírez, H. y Ajiaco, R. E. (2011). *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870). Ficha Orinoco. En C. Lasso, E. Agudelo-Córdoba H, Ramírez-Gil M, Morales-Betancourt R. Ajiaco-Martínez, F. Gutiérrez A, Sanabria-Ochoa (Eds.), *Catálogo de recursos pesqueros continentales de Colombia*. Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia, p. 451 - 454.
- Ríos-López, D. G., Aranda-López, Y., Sosa-Garrocho, M. y Macías-Silva, M. (2020). La plasticidad del hepatocito y su relevancia en la fisiología y la patología hepática. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 231-19. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.225>
- Rivas-Lara, T., Vidal-Mosquera, M. y Gómez-Vanegas, H. (2017). Principales especies de importancia comercial en la pesca del Atrato. En: Rivas Lara T, Mosquera-Murillo Z, Vidal-Mosquera M, Gómez-Vanega H. Aproximación al conocimiento de los peces y las pesquerías en el río Atrato en el marco del proyecto “Diseño e implementación de protocolos de producción de especies ícticas nativas de la cuenca del Atrato, Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Colombia, p. 33–85.
- Rojas-Lemus, M., Milán Chávez, R., Delgado Medina, A., Bizarro Navares, P., Cano Gutiérrez, G., Cafaggi Padilla, D. y Fortoul van der Goes, T. I. (2017). El hepatocito como un ejemplo de interacción entre la biología celular y las rutas metabólicas. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 60(2), 52-58.
- Salinas-Torres V. (2011). El sistema digestivo de peces teleosteos. Trabajo de grado para obtener el título de maestro en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma De México. Biología de sistemas y recursos Acuáticos, p.119.
- Sampaio, A. L. A. y Goulart, E. (2011). Ciclídeos neotropicales: ecomorfología trófica. *Oecologia Australis*, 15(4), 775-798. <https://doi.org/10.4257/oeco.2011.1504.03>
- Santos, C. M., Duarte, S., Souza, T. G., Ribeiro, T. P., Sales, A. y Araújo, F. G. (2007). Histologia e caracterização histoquímica do tubo gastrintestinal de *Pimelodus maculatus* (Pimelodidae, Siluriformes) no reservatório de Funil, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 97(4), 411-417. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212007000400009>
- Santamaría, S. (2014). Nutrición y alimentación en peces nativos. *Monografía. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), Universidad Nacional Abierta ya Distancia, Bogotá, DC.* p.170.
- de Seixas-Filho, J. T. D., de Moura Brás, J., de Mendonça Gomide, A. T., de Almeida Oliveira, M. G., Donzele, J. L. and Menin, E. (2000). Anatomia Funcional e Morfometria dos Intestinos e dos Cecos Pilóricos do Teleostei (Pisces) de Água Doce Piau (Leporinus friderici, Bloch, 1794). *Rev. bras. zootec*, 29(6), 2181-2192. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000200001>
- Seixas-Filho, J. T. D., Brás, J. D. M., Gomide, A. T. D. M., Oliveira, M. G. D. A., Donzele, J. L. and Menin, E. (2001). Anatomia funcional e morfometria do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce surubim (Pseudoplatystoma coruscans-Agassiz, 1829). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1670-1680. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700003>
- Serrano, E., Leiva, C., Lonza, C., Sánchez, J. C., Wacyk, J., Zegers, T. y Godoy, M. (2014). Caracterización histológica y morfológica del tracto digestivo de la merluza austral (*Merluccius australis*). *International Journal of Morphology*, 32(3), 1079-1084. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300054>
- Sierra, E. M., Espinosa de los Monteros, A., Real Valcárcel, F., Herráez Thomas, P., Castro, P., y Fernández Rodríguez, A. J. (2003). Histología y patología de los peces. Parte 1: Biología y necropsia de los peces. *Revista canaria de las ciencias veterinarias*, 5 (1), 44-51 https://acceda.cris.ulpgc.es/bitstream/10553/8144/2/0280574_00001_0007.pdf
- Torres, G. A., González, S. and Pena, E. (2010). Anatomical, histological and ultrastructural description of the gills and liver of the Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Morphology*, 28(3), 703-712. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000300008>
- Uscanga-Martínez, A., Moyano López, F., Álvarez-González, C., y Perales-García, N. (2011). Aplicaciones a la Mejora de la Utilización Nutritiva del Alimento en Cíclidos Cultivados en México. *Avances En Nutrición Acuicola*. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/85>
- Vásquez-Torres, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Villavicencio, Colombia: Universidad de Los Llanos. p.66.
- Villares-Junior, G. A., Gomiero, L. M., and Goitein, R. (2011). Biological aspects of *Schizodon nasutus* Kner, 1858 (Characiformes, Anostomidae) in the low Sorocaba river basin, São Paulo state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71, 763-770. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000400023>.
- Wilson, J. M. and Castro, L. F. C. (2010). Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. *Fish physiology*, 30, 1-55. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(10\)03001-3](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(10)03001-3)