

HISTOLOGÍA Y MORFOMETRÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL SILÚRIDO BAGRE TIGRITO (*Pimelodus pictus*)

Olaya CM, Ovalle CH, Gómez E¹, Rodríguez D, Caldas ML, Hurtado H²

Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Programa de Biología Aplicada. Laboratorio Histoembriología.

RESUMEN

El bagre tigrilo *Pimelodus pictus* es un pez ornamental con gran aceptación en el mercado acuarista internacional, sin embargo, se desconocen muchos aspectos de la biología básica de esta especie. Por tal motivo, se realizó un estudio histológico y morfométrico del sistema digestivo a fin de contribuir al diseño de futuras dietas. Se sacrificaron 7 individuos adultos de *P. pictus* de $10 \pm 0,5$ cm de longitud total con una sobredosis de MS-222 (0,5 g/l). Los especímenes se fijaron en formaldehído al 4%, durante cinco días a 4 °C. Luego se siguió el procedimiento para técnica en parafina. Se realizaron cortes de 5 μ m de espesor y se colorearon con H&E. El sistema digestivo presentó cuatro capas: mucosa, submucosa, muscular y serosa. En el esófago la mucosa estaba compuesta por epitelio plano estratificado con gran número de células caliciformes, y una submucosa de tejido conectivo laxo, seguida por músculo estriado esquelético con dos orientaciones (circular y longitudinal). En todos los órganos evaluados la capa serosa fue muy delgada. En el estómago se identificaron dos regiones, la pilórica y la cardíaca, encontrándose glándulas gástricas en esta última, ambas regiones presentaban una mucosa con epitelio cilíndrico simple, una submucosa de tejido conectivo laxo, y una capa de músculo liso con dos orientaciones (circular y longitudinal) así mismo, este órgano fue el que exhibió el mayor espesor en la capa mucosa y muscular. La histología de la mucosa, la submucosa y la capa muscular del intestino fue similar a lo presentado por el estómago, aunque morfométricamente esta región fue la que exhibió los menores valores en todas las capas evaluadas. El estómago bien definido y el intestino con pocos ciegos pilóricos hace suponer que *P. pictus* es de hábitos omnívoros con preferencia de los alimentos de origen animal.

Palabras clave: *P. pictus*, histología, morfometría, sistema digestivo, estómago, esófago, intestino.

HISTOLOGY AND MORPHOMETRY OF THE DIGESTIVE SYSTEM OF BAGRE TIGRITO (*Pimelodus pictus*)

ABSTRACT

The bagre tigrilo *Pimelodus pictus* is an ornamental fish with great acceptance in international aquarist market: However, it's basic biology is largely unknown. A histological and morfometric study of the digestive system of *P. pictus* was made, in order to contribute to the future design of diets. Seven adult individuals of *P. pictus* ($10 \pm 0,5$ cm total length) were sacrificed with an overdose of MS-222 (0,5 g/l). The fish were fixed in 4% formaldehyde, during five days at 4 °C. Five μ m thick sections were obtained and stained with H&E. The digestive system presented four layers: mucosae, submucosae, muscular and serosa. The mu-

1 hhurtado@umng.edu.co

2 edwin.gomez@umng.edu.co

cosae of the esophagus exhibits a stratified squamous epithelium with large number of goblet cells. The mucosae of the stomach was constituted by cylindrical simple epithelium. Pyloric and cardiac regions were identified, the latter presenting cardiac glands. This organ presented the thicker muscular layer. The mucosae of the intestine was composed by cylindrical simple epithelium, although the mucosae of this region showed greater area of absorption. The serosa layer in all the evaluated regions was very thin. The stomach well defined and the intestine with few pyloric caecae suggest that *P. pictus* is a fish with omnivorous habits with preference to animal food.

Key words: *P. pictus*, histology, morfometry, digestive system, stomach, esophagus, intestine.

INTRODUCCIÓN

La exportación de peces ornamentales desde Colombia tiene una tradición de más de treinta años, siendo uno de los países pioneros de esa actividad en América del Sur. Este recurso se comercializa a más de treinta países, y se rige de acuerdo con la demanda de los países compradores (1).

Según el desaparecido Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), entre los años comprendidos de 1991 a 1999 el número total de unidades exportadas de *Pimelodus pictus* fue el 2,7% del total enviado al exterior, además actualmente esta especie continúa teniendo un lugar de preferencia para Estados Unidos y Europa. Para Junca *et al.* (2), la explotación de esta especie se ha convertido en un gran problema para sus poblaciones naturales, las cuales se han sometido a una presión de pesca muy alta que las pone en peligro y afecta sus ecosistemas. Además, esta especie se encuentra reportada en el libro rojo de peces como una de las especies que se exporta con mayor frecuencia –920.230 ejemplares hasta el año 1999–, siendo quizá una de las más sometidas a cambios durante su mantenimiento en las áreas de captura (3).

En Colombia, la especie *P. pictus* se distribuye en los ríos Meta y Guaviare del sistema del río Orinoco, y en el río Caquetá del sistema del río Amazonas; la especie se concentra alrededor de esteros y arroyos, aguas claras y de pH ácido, con rangos de temperatura entre 24 y 30 °C (2).

Dentro de las características biológicas de *P. pictus* se destaca una piel desnuda, sin

placas o escudos, alcanzando longitudes totales hasta de 15 cm. Boca subterminal con los dientes dispuestos en una banda en cada mandíbula, presenta dos grupos de dientes en la mandíbula superior. Barbicelos largos y cilíndricos, los maxilares son protáctiles y se extienden hasta la base de la aleta caudal (4). La base de la aleta adiposa es más larga que la base de la aleta anal. Aleta caudal furcada con bandas negras. Aletas anal y pélvica incoloras. Las aletas pectorales son incoloras con un leve teñido negruzco (5, 1).

Es una especie de hábitos crepusculares y semi-nocturnos, territorialista; habita en lugares donde existe una alta oferta alimenticia y depredan a los de menor tamaño (2). Su dieta está compuesta principalmente por restos de peces e insectos especialmente coleópteros (larvas e imagos), dípteros (simúlidos y dolichoteros), tricópteros (larvas) e himenópteros, siendo los dos últimos de poca importancia en la dieta de la especie, considerándolos ítems ocasionales o circunstanciales (1). De acuerdo con esto, la especie es catalogada como omnívora con preferencia hacia los insectos, restos de pescado y material en alto grado de descomposición, por lo que algunos la conocen como de hábitos carroñeros (1).

El sistema digestivo tiene dos unidades funcionales: un tracto alimenticio que sirve como compartimiento para la asimilación de comida, y las glándulas anexas que funcionan en el procesamiento metabólico de las sustancias orgánicas e inorgánicas contenidas dentro del tracto digestivo (6). En térmi-

nos generales, los peces pueden clasificarse morfológicamente de acuerdo con el tipo de sistema digestivo que posean: los que carecen de estómago y generalmente no poseen dientes en la boca, conocidos como agastos (7), y los peces con estómago que se conocen como peces depredadores que poseen dientes más o menos constituidos (8).

El tracto digestivo en teleósteos es un tubo muscular recubierto por un epitelio cuya función es la recepción y digestión del alimento. Inicia desde la boca expandiéndose a través del celoma, y finalmente se comunica al exterior por medio de un orificio anal (9). Su morfología es muy variable, dependiendo tanto del régimen alimenticio como del tipo de hábitat que ocupan, existen amplias diferencias en la constitución del canal digestivo (7).

Por tal motivo, el estudio histológico y morfométrico del sistema digestivo de esta especie pretende servir como fuente de información básica para futuras investigaciones en el área de histología y su posterior aplicación en la acuicultura. Además, si tenemos en cuenta que *P. pictus* es uno de los peces ornamentales con mayor potencial económico según lo observado en los últimos años, se hace necesario crear estrategias encaminadas a la producción comercial de este organismo, por lo que este trabajo podría contribuir al diseño de dietas que permitan mantener esta especie con óptimos crecimientos en cautividad. Por otro lado, se espera aportar al conocimiento de la diversidad piscícola del país, para en un futuro cercano contribuir al diseño de programas de utilización de recursos pesqueros, como es el caso de los programas de repoblamiento en cuerpos de aguas tanto naturales como artificiales.

Este tipo de estudios genera información básica de gran valor en la posterior evaluación de los periodos del desarrollo ontogénico de los individuos. También es importante para el futuro estudio de la actividad enzi-

mática de diferentes regiones del sistema digestivo (10).

MATERIALES Y MÉTODOS

La disposición y conformación histológica y morfológica de los órganos del tracto digestivo de *P. pictus* fue descrita a partir de siete ejemplares adultos de $10 \pm 0,5$ cm de longitud total. Todos los ejemplares fueron adquiridos en tiendas especializadas, ubicadas en Bogotá, y provenían del departamento del Meta.

Análisis histológico

Los peces se anestesiaron usando 0,5 g/l de MS-222 (11) y se sacrificaron haciendo un corte en la médula espinal a nivel cervical. A todos los individuos se les realizó una incisión en la región abdominal para permitir la penetración del fijador. Los individuos fueron fijados en formaldehído al 4% a 4 °C durante cinco días (12). Las cabezas se sometieron a un proceso de decalcificación con ácido clorhídrico al 8% y ácido fórmico al 8% en proporción (1:1) durante 10 días, cambiando cada 24 horas la solución. Posteriormente se realizaron lavados con buffer fosfato (1M, pH $7 \pm 0,2$) durante cinco días haciendo cambios diarios (12). Se procedió a la extracción de los órganos de interés con ayuda de un estereoscopio y equipo de disección. Posteriormente fueron sometidos a un proceso de deshidratación (11) e inclusión en parafina (12). Se realizaron cortes a 5 μ m de espesor con el micrótomos rotativo manual Microm HM340 E, seguidamente se hizo la tinción de Meyer hematoxilina-eosina (H&E) (12). Por último, se capturaron imágenes con un microscopio marca Zeiss acoplado a una cámara digital Canon Power Shot G5, donde se realizó la observación e identificación de los tejidos de interés.

Para la descripción morfológica e histológica del aparato digestivo del tigruto se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: forma y disposición de la boca, y de cada

uno de los órganos en la cavidad abdominal, presencia de las diferentes capas características del sistema digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa, tipo de tejidos que conforman cada una de las capas en cada uno de los órganos.

Análisis morfométrico

El estudio morfométrico se realizó con imágenes tomadas en un aumento de 200X utilizando el microscopio QX3 Intelplay. Las medidas se hicieron con la ayuda del programa Scion Image de libre distribución en Internet con el cual se calculó el espesor de las capas (13).

En cada una de las imágenes del esófago, estómago e intestino se midió:

- Espesor de la mucosa, tomando como punto de referencia el borde apical del epitelio hasta el límite de la submucosa. Es importante mencionar que en el estómago la túnica de la mucosa se subdividió en dos capas: una mucosa glandular y una mucosa epitelial. Esto con el fin de tener un valor estimado de la capacidad de secreción de este órgano.
- Espesor de la submucosa.
- Espesor de túnica muscular.

Para el análisis estadístico se utilizó el software "R" de libre distribución en internet (14). A los datos obtenidos de longitud se les realizó un análisis de varianza (ANAVA) con el fin de determinar si existían diferencias en el espesor de las capas en los órganos evaluados (esófago, estómago e intestino) ($P < 0,05$). Por último, se realizó una prueba de Tukey para realizar comparaciones entre las zonas y determinar entre cuáles había diferencias.

RESULTADOS

Descripción macroscópica

P. pictus posee un tracto digestivo conformado por la cavidad bucal, esófago, estómago, intestino y glándulas anexas como el páncreas e hígado. La cavidad bucal es

grande y está ubicada en la parte inferior de la cabeza. Se observa claramente la presencia de pequeños y numerosos dientes viliformes y ausencia de lengua. A continuación de la cavidad bucal se encuentra un esófago corto que se une inmediatamente al estómago, el cual tiene forma de "U", y una longitud aproximada de 6 mm. El intestino se encuentra hacia la parte ventral de la cavidad abdominal, sin embargo, no fue posible distinguir macroscópicamente dónde termina el intestino y dónde comienza el ano. La porción anterior del intestino es recta, mientras que la región posterior es más enrollada o sinuosa. La longitud total del intestino en promedio es de $4,8 \pm 0,4$ cm de longitud en ejemplares de $10 \pm 0,5$ cm. El hígado es de color café oscuro, se ubica sobre el esófago hacia la parte ventral y se comunica con la vesícula biliar a través de varios conductos. En cuanto al páncreas fue imposible observarlo ya que éste es muy difuso en los teleosteos.

Descripción microscópica

Cavidad bucal: en la mandíbula superior se observó una estructura ósea alrededor de las cavidades oculares así como numerosos dientes viliformes los cuales presentan estructuras como dentina y odontoblastos (Figura 1).



Fig 1. Detalle del diente (corte transversal): (O) Odontoblastos, (DE) Dentina. 400X.

Esófago: la capa de revestimiento más interna es la mucosa; ésta presenta prolongaciones hacia el lumen e invaginaciones hacia la lámina basal, que pueden variar en altura y profundidad de acuerdo con la región del tubo digestivo. Fue posible reconocer dos zonas diferentes del esófago por el tipo de mucosa y la organización de la capa muscular longitudinal y la muscular circular. Una región anterior y una región posterior de transición hacia el estómago. En la región anterior del esófago se encontró que la mucosa está compuesta por un epitelio plano estratificado no queratinizado, en el que se aprecia una capa de células planas ubicadas sobre células caliciformes cuya apariencia es cúbica, también es posible observar posibles células de sustancia alarma inmersas en la mucosa (figuras 2 y 3).

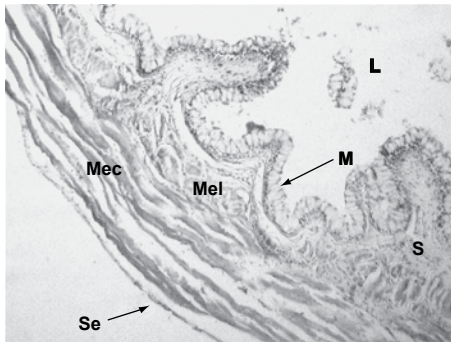


Fig 2. Corte Transversal del Esófago anterior: (L) Lumen, (Mel) Músculo estriado longitudinal, (Mec) Músculo estriado circular, (S) submucosa (M) Mucosa. (Se) Serosa. 100X.

La submucosa está compuesta por tejido conectivo laxo formando pliegues longitudinales, en esta capa se encontraron pocos vasos sanguíneos (Figura 3).

La capa muscular se organiza de forma que la muscular longitudinal se ubica hacia el lumen, mientras que la muscular circular se ubica hacia la parte basal. El esófago posee una capa de músculo estriado, y se encuentra delimitado por una capa serosa en la que se aprecia tejido conectivo laxo, altamente irrigado por vasos sanguíneos.

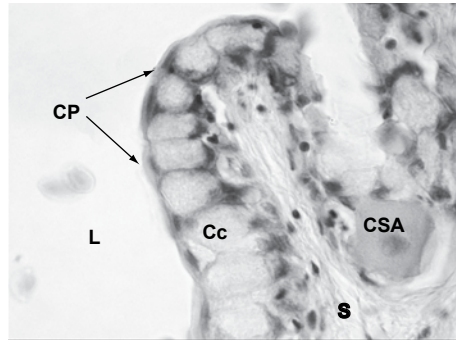


Fig 3. Detalle de la Mucosa del esófago anterior: (CSA) Posible célula de sustancia alarma, (Cc) Células caliciformes, (Cp) Células planas, (S) Submucosa. (L) Lúmen. 1000X.

En la región posterior del esófago se puede observar la transición hacia la región cardiaca del estómago, ya que se reconoce un cambio en el epitelio de la mucosa y la presencia de glándulas gástricas, así como la organización de la capa muscular (Figura 4). La mucosa de esta región está conformada por un epitelio cilíndrico simple cuyo núcleo se ubica hacia la base de las células. Las células caliciformes se encuentran en menor proporción que la región anterior y la submucosa sigue estando conformada por tejido conectivo laxo.

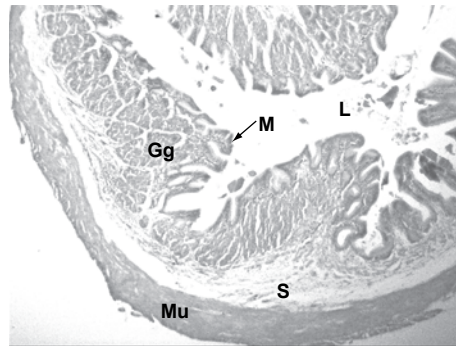


Fig 4. Región Posterior del Esófago: (Gg) Glándulas gástricas (M) Mucosa, (S) Submucosa, (Mu) Capa muscular. 100X

En la capa muscular de esta región posterior del esófago existe una variación con respecto a la región anterior, ya que la capa

muscular longitudinal se ubica hacia la parte basal, mientras que la capa muscular circular se ubica hacia el lumen. Esta disposición se mantendrá a lo largo de todo el tracto digestivo, siendo continua con la capa muscular que se observa en el estómago.

Estómago: histológicamente se pudieron reconocer dos regiones: la cardiaca y la pilórica. En ambas se observan las cuatro capas constitutivas: mucosa, submucosa, muscular y serosa (Figura 5).

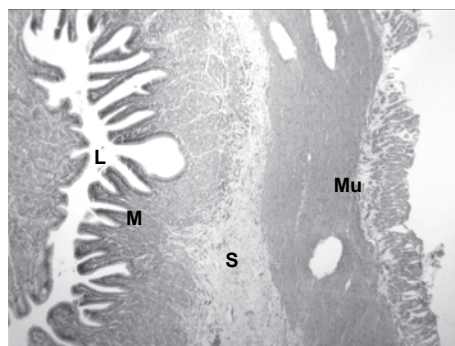


Fig 5. Corte transversal del estómago cárdico: (L) Lumen (M) Mucosa, (Mu) Capa muscular, (S) Submucosa. 100X.

La mucosa del estómago está conformada por un epitelio cilíndrico simple de células columnares. La región cardiaca se caracterizó por presentar glándulas gástricas compuestas de células cuyos núcleos se localizan centralmente. Esta capa fue reconocida como la región del tracto digestivo con una mucosa muy amplia en comparación con las otras capas. Se hallaron además posibles linfocitos, sobre todo hacia la región apical (Figura 6). La mucosa de la región pilórica no presenta glándulas gástricas, está compuesta solamente por células columnares simples de núcleo basal, soportadas por el tejido conectivo laxo de la submucosa que es mucho más amplia en comparación con la de la región cardiaca. La submucosa del estómago en general se halla conformada por tejido conectivo laxo. Es además una capa altamente irrigada por capilares y venas observándose también la presencia de nervios.

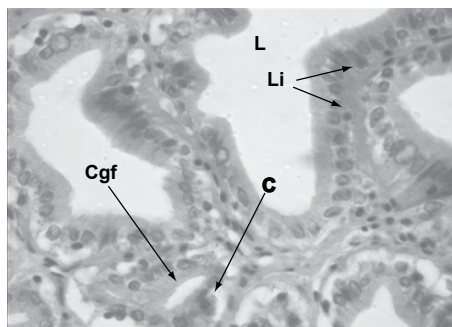


Fig 6. Detalle Mucosa de Región cardiaca del estómago: (C) Células parietales, (Cgf) Cuello glándulas fúndicas, (L) Lumen, (Li) Linfocitos. 1000X.

La capa muscular del estómago, a diferencia de la que se presentaba en el esófago, se caracteriza por tener músculo liso dispuesto en una circular interna y una longitudinal externa, siendo la capa muscular circular más amplia en relación con la capa muscular longitudinal, tanto en la región cardiaca como en la región pilórica; además, esta capa es mucho más amplia en comparación con la observada en el esófago y el intestino. Las células que conforman el músculo se hallan dispuestas paralelamente, de manera que forman fibras musculares organizadas como haces.

En la porción más externa se aprecia la capa serosa que recubre el órgano, ésta se encuentra más desarrollada en comparación con la que se observó en el esófago. Se pueden distinguir algunos capilares y el tejido conectivo que la conforma, el cual parece más denso que el encontrado en el esófago.

Histológicamente, el intestino fue dividido en tres porciones: una anterior, una media y una posterior. Al igual que el resto del tracto digestivo su conformación tisular conserva las capas que se mantienen a lo largo de todo el sistema digestivo. También se encontró gran número de células caliciformes en la mucosa del intestino, similar a lo presentado en el esófago.

En general, se observan pliegues de la mucosa mucho más anchos y largos, en

comparación con los observados en el esófago y el estómago, así como una notoria disminución en el espesor de la capa muscular. La mucosa del intestino anterior, medio y posterior estaba conformada por epitelio cilíndrico simple cuyas células son de apariencia más alargada en comparación con el estómago. Sin embargo, en la región posterior del tracto digestivo las vellosidades de la mucosa se disponen de forma más compleja, de manera que se presentan numerosos pliegues secundarios a partir de los pliegues primarios (figuras 7 y 8).

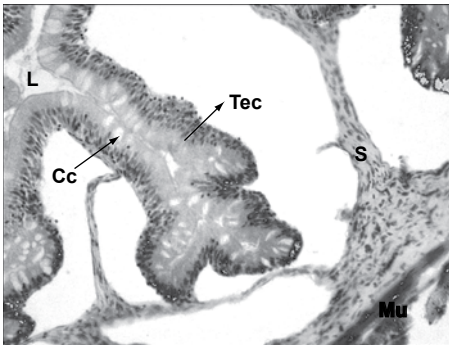


Fig 7. Intestino Medio Corte Transversal: (Cc) Células caliciformes, (Mu) Capa muscular, (Tec) Tejido epitelial columnar, (S) Submucosa. (L) Lúmen. 400X.

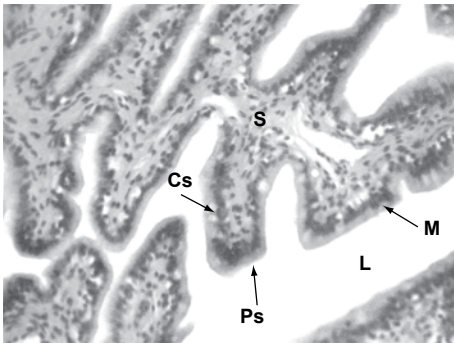


Fig 8. Detalle de la Mucosa Intestino Posterior: (Cc) Células caliciformes, (M) Mucosa, (Ps) Pliegues secundarios, (S) Submucosa. (L) Lúmen. 400X.

En las tres regiones evaluadas del intestino se observó una submucosa delgada,

siendo está de menor espesor que la presentada por el estómago y el esófago ($P < 0,05$). La submucosa del intestino se encuentra altamente vascularizada, aunque en el intestino posterior ésta poseía pliegues más prominentes que los observados en las otras regiones del intestino. La capa de músculo liso en el intestino se dispone en una capa circular interna y una longitudinal externa, y la capa serosa estaba compuesta por tejido conectivo laxo.

Ciegos pilóricos: los ciegos pilóricos no fueron distinguibles con facilidad en la región anterior del tracto digestivo, solo unos pocos fueron reconocidos junto al estómago posterior y la región anterior del intestino. Su conformación tisular se mantiene igual a la observada a lo largo de todo el tracto digestivo. Los ciegos poseen una mucosa compuesta por epitelio columnar simple formando pliegues prominentes hacia el lumen, una submucosa de tejido conectivo laxo, y una capa muscular en la que solo es posible distinguir la capa muscular longitudinal.

Glándulas anexas

Hígado: El hígado de *P. pictus* es un órgano no lobulado conformado por hepatocitos de forma poligonal, con un núcleo que se localiza centralmente y delimitados por sinusoides que se encargan de irrigar el tejido (Figura 9). Este órgano presenta numerosos ductos biliares fácilmente distinguibles por poseer un epitelio cúbico simple cuyos núcleos se ubican centralmente. Estos ductos están rodeados por tejido conectivo laxo (Figura 10). El hígado está altamente irrigado, se observan numerosas arterias y venas. Igualmente, es posible observar cúmulos color café oscuro que corresponden a precipitados de bilis.

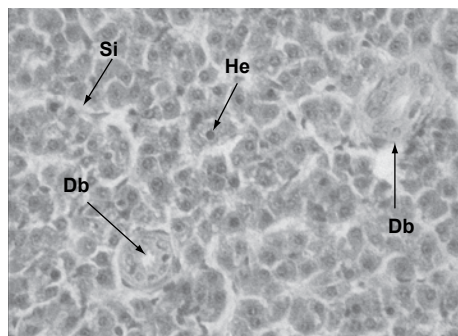


Fig 9. Corte de Hígado: (Db) Ducto biliar, (He) Hepatocitos, (Si) Sinusoides. 400X.

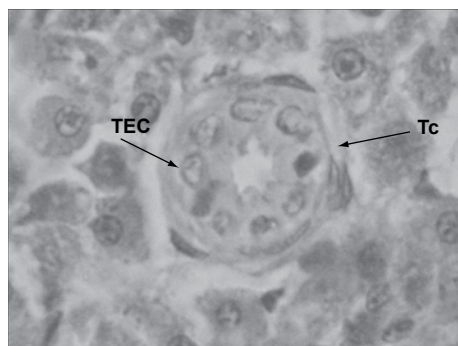


Fig 10. Ductos biliares: (TEC) Tejido epitelial cúbico, (Tc) Tejido conectivo laxo. 1000X.

Páncreas: es un órgano muy difuso en la mayoría de los teleósteos, en el caso de *P. pictus* fue posible observarlo asociado a la vesícula biliar y, en algunas ocasiones, junto al hígado. Histológicamente es posible distinguir una porción exocrina y otra endocrina (Figura 11). La porción exocrina del páncreas se halla dispuesta entre tejido conectivo laxo, y está compuesta por células acinares que poseen un núcleo bien definido y citoplasma con gránulos de zimógeno. Estas células no se observan en arreglos específicos, y junto a ellas es posible observar ocasionalmente ductos pancreáticos con epitelio cuboidal. La porción endocrina está conformada por los islotes de Langerhans, los cuales se agrupan como masas celulares separadas por tejido conectivo. En estos

islotes fue posible reconocer dos tipos de células por el tipo de coloración; unas células tipo A de coloración tenue con respecto a las células tipo B cuya coloración del núcleo es más evidente.

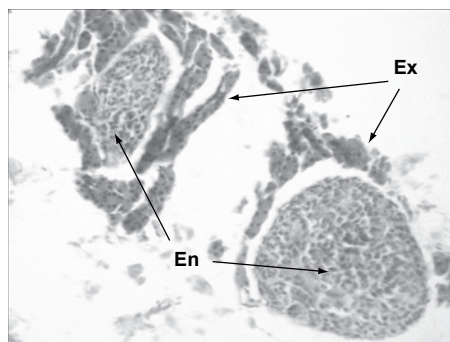


Fig 11. Páncreas: (Ex) Porción exocrina, (En) Porción endocrina. 100X.

Morfometría

La comparación entre las medidas de las capas o túnicas del esófago mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). La capa muscular fue más gruesa, seguida de la submucosa y el epitelio de la mucosa (Figura 12).

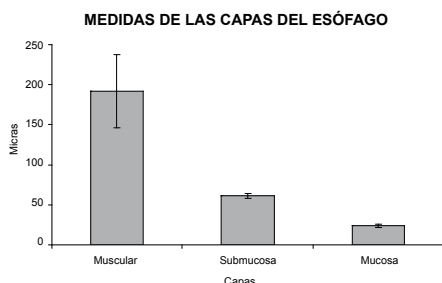


Fig. 12. Medidas de la capas del Esófago en individuos de *P. pictus*. n=7, ($P < 0,05$).

El estómago muestra la misma tendencia del esófago, sin embargo, el músculo es mucho más grueso ($P < 0,05$). En esta región es importante mencionar que se tomó la medida de la capa de glándulas gástricas que representó un valor importante en este órgano (Figura 13).

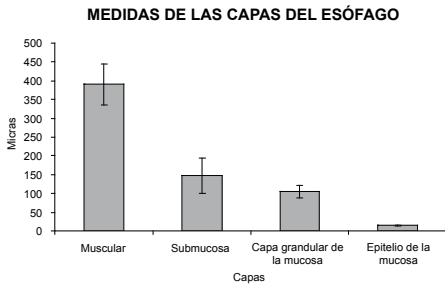


Fig. 13. Medidas de las capas del Estómago en individuos de *P. pictus*. n=7, (P<0,05)

Los espesores de las capas en el intestino difieren de los anteriores órganos (esófago y estómago), mostrando similares valores entre la submucosa y el músculo (P<0,05) (Figura 14).

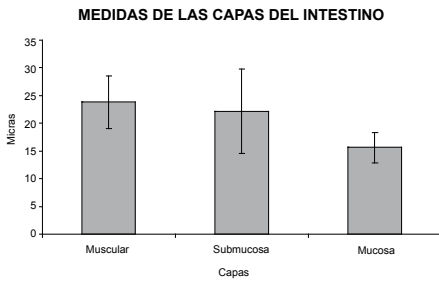


Fig. 14. Medidas de las capas del intestino en individuos de *P. pictus*. n=7, (P<0,05)

DISCUSIÓN

A nivel macroscópico el *P. pictus* presenta una cabeza deprimida, boca sin lengua, y dientes de tipo viliforme que dan una apariencia de lija, lo cual se asemeja a lo descrito por Torres (15) para *Pimelodus clarias*, y por Beltrán y Beltrán (16) para *Pseudoplatystoma*. Como señala Vásquez (17), la posición de la boca y los dientes es característica de peces adaptados a raspar en el fondo, lo que se corrobora con el trabajo realizado por Blanco (5), en el cual los contenidos estomacales revelan la preferencia de *P. pictus* por los ambientes bentónicos.

Debido a que los peces reciben el alimento lo suficientemente húmedo, es poco

frecuente encontrar glándulas salivares que realicen la función de lubricación del alimento en la boca; igualmente, la lengua es un órgano inexistente y se presenta solo como un repliegue de la cavidad bucal sin movilidad (18). La presencia de músculo estriado en el piso de la boca nos indica que hay un movimiento voluntario del músculo, necesario para atrapar el alimento, aunque los dientes viliformes sugieren que se ha adaptado para raspar alimento del fondo y no para masticar las presas (17).

P. pictus es una especie cuyo tracto digestivo se halla organizado de manera habitual como los teleósteos que poseen estómago (8,19), estando conformado por la cavidad bucal, esófago, estómago, ciegos pilóricos e intestino, y acompañado de glándulas como el hígado y el páncreas (6, 19, 20, 21, 22, 23). Esta especie está reportada como un pez de hábitos omnívoros (1) compartiendo características del tracto digestivo de peces de hábitos carnívoros en los cuales el estómago está bien definido y se presentan ciegos pilóricos (8).

Histológicamente, a lo largo del tracto digestivo la disposición de cada túnica es similar, pero dependiendo del órgano, su forma y función pueden variar (23). En todos los órganos, desde el esófago hasta el ano, fue posible reconocer una capa mucosa, una submucosa, una muscular y una serosa dispuestas en el mismo orden pero con algunas diferencias significativas en su espesor (6, 9, 17, 19, 20, 22, 23).

El esófago no es muy plegado en comparación con lo reportado por Acosta *et al.* (10) para Neon Tetra, de forma que llega a ser mayor que en especies herbívoras y menor que en especies carnívoras como ocurre con *Pimelodus blochii* (24). Aunque no se midió el área de la luz del tracto digestivo, aparentemente ocupa un área menor que el resto de los órganos, lo que puede suceder debido a que dentro de sus funciones está evitar la

excesiva ingestión de agua, para lo cual se cierra herméticamente una vez ingiere el alimento (25).

La capa mucosa de este órgano está compuesta por un epitelio plano estratificado como el que presenta la Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (19), la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (20) y el bacalao (*Gadus morhua*) (6,22). Igualmente, está acompañada de numerosas células caliciformes que, a diferencia del *G. morhua*, en donde se encuentran dispersas en la mucosa, en *P. pictus* se disponen justo debajo del epitelio escamoso como una única capa; esta característica sugiere que el alimento ingerido es de naturaleza dura, razón por la cual debe lubricarse muy bien antes de pasar al estómago para evitar dañar las demás capas tegumentarias. Este tipo de células, junto con el epitelio plano, posiblemente actúan como un regulador de secreciones mucosas durante el paso del alimento (19, 22).

En menor frecuencia se hallaron inmersas en la mucosa células de sustancia alarma las cuales se reconocen por su gran tamaño y por poseer un núcleo ubicado en el centro de ésta. Aunque este tipo de células se encuentran regularmente en la piel de algunos peces, es posible encontrarlas en el esófago de algunas especies como se observa en el estudio realizado por Grizzle y Rogers (21), y su función específica es liberar una sustancia alarma (señal química) cuando el pez sufre alguna herida, y así alertar a individuos de la misma especie sobre el posible ataque de depredadores. Sin embargo, por la ubicación en el tracto digestivo puede que en *P. pictus* actúe como una señal de tipo inmunológico.

Al comparar el músculo estriado del esófago con el de *O. mykiss* (20) y el de juvenil de *P. brachypomus* (19), se evidencia el movimiento voluntario para el paso del alimento hacia el estómago o incluso para que éste sea regurgitado (25), además, permite supo-

ner que gracias a la disposición del músculo longitudinal hacia la porción apical, existe la posibilidad de un mayor distensionamiento del órgano durante la ingestión y el movimiento del alimento en una sola dirección. Igualmente, el análisis morfométrico muestra que la capa muscular cumple una función importante en el movimiento del alimento hacia el estómago, ya que es mucho más gruesa que las otras capas.

Tal como sugieren Tyagi y Shukla (9), las paredes de epitelio cambian en diferentes porciones del tracto alimenticio; el epitelio de la región anterior del esófago es plano estratificado, mientras que en la región posterior del mismo –estómago, intestino y ciego pilóricos– el epitelio es columnar simple; estas diferencias en el epitelio de la mucosa se observaron a lo largo del sistema digestivo de *P. pictus* ($P < 0,05$).

Aunque tanto microscópica como macroscópicamente no se observaron estructuras que diferencien la porción posterior del esófago y la porción anterior del estómago, como es el caso de esfínteres, histológicamente fue posible diferenciarlos por la presencia de los dos tipos de epitelio (plano estratificado y columnar simple), y de glándulas gástricas en los cortes transversales del esófago posterior.

El estómago presenta una estructura compatible con la digestión de los alimentos, ya sea de forma mecánica, que se evidencia por la gruesa capa muscular, o química, gracias a las glándulas gástricas, lo cual fue soportado por el estudio morfométrico. La función de secreción enzimática que ocurre en este órgano se debe en gran medida a la presencia de glándulas gástricas cuya función es producir sustancias que ayudan a degradar el alimento (26, 27).

Tanto en la región posterior del esófago como en la región cardiaca del estómago, la proporción de células caliciformes disminuye notablemente ya que la lubricación de la

mucosa es menos necesaria una vez se inicia la actividad enzimática (26). Sin embargo, no deja de ser importante para proteger al estómago de la acidez provocada por la secreción de las células gástricas (18), puesto que solo para peces herbívoros, el pH se ve menos afectado durante la ingestión debido que el bolo alimenticio crea una especie de efecto tampón (7).

La capa muscular del estómago presenta una variación en cuanto a la disposición de la túnica muscular, en ésta se observa una capa circular interna y una longitudinal externa, ambas lisas, que probablemente ayudan a triturar mejor el alimento. De esta forma, los movimientos peristálticos se realizan en varias direcciones permitiendo que la acción enzimática sea más eficiente durante el proceso de digestión. Dicho proceso asegurará el desdoblamiento de gran parte de los alimentos antes de llegar al intestino ya que por tratarse de un pez con estómago verdadero, la mayor parte de la absorción debe ocurrir a lo largo del intestino. En este contexto se puede decir que el estómago de *P. pictus* está bien diferenciado y posee una capa muscular gruesa, lo que sugiere la capacidad para almacenar grandes presas (17).

Debido a que la absorción del alimento es proporcional a la superficie de contacto, una forma de aumentar la superficie en el intestino ha sido mediante numerosos pliegues en la mucosa y la submucosa, o mediante las microvellosidades apicales que mejoran la eficiencia de la absorción de nutrientes (7, 17, 18). Este incremento de área gracias a la presencia de pliegues se observó en el *P. pictus*, además de ser un órgano muy vascularizado sobre todo en la submucosa que se presenta más amplia que en el resto de los órganos del aparato digestivo, lo cual también nos da un indicio de que es allí donde se realiza la absorción, puesto que numerosos vasos sanguíneos permiten que el oxígeno y los nutrientes lleguen a todas las células, y

también que salgan las sustancias de desecho (6).

Aunque comparativamente el análisis morfométrico muestra una capa submucosa intestinal de menor tamaño con respecto a los otros órganos, ésta desempeña un lugar importante dentro del intestino ya que ocupa una mayor área debido a los pliegues intestinales. De igual manera, la capa muscular del intestino es la más delgada del tracto digestivo ya que es en esta zona donde ocurre la mayor parte de la absorción de nutrientes y prácticamente no hay procesamiento mecánico.

Hacia la porción anterior y media del intestino se observan nuevamente células caliciformes que van aumentando desde el inicio del intestino hasta el final, y que ayudan en la lubricación del mismo. En la mucosa de la región posterior del intestino la protección por lubricación se refiere más a la acumulación de heces en esta región (27).

Aunque la presencia de ciegos pilóricos está relacionada con el tamaño de la presa (7), posiblemente pueden estar poco presentes en el sistema digestivo de *P. pictus*, debido a que la digestión de los alimentos se hace eficientemente en el estómago, lo cual es característico de peces carnívoros en donde el alimento llega al intestino en un estado de digestión muy avanzado, es por esto que éste tiene numerosos pliegues hacia la porción distal (17).

El hígado de *P. pictus* posee un típica conformación tisular descrita para los teleosteos (21, 23). Como describe Morrison (22) para *Gadus morhua* el hígado, como el de otros peces, no se encuentra lobulado como en mamíferos, éste se halla conformado por arterias hepáticas, ductos biliares y venas, aunque en este caso no se encontraron agrupados en triadas hepáticas como él mismo describe para el bacalao. Los numerosos ductos biliares encontrados en el hígado se pudieron diferenciar de las venas debido a

que estos poseen un epitelio cúbico que da a la luz del ducto y tejido conectivo que lo rodea (18). La cantidad de ductos biliares hallados podría indicar que por tratarse de un pez omnívoro se produce una gran cantidad de desechos. Como en los vertebrados superiores, los sinusoides permiten el intercambio de sustancias entre la sangre y las células del hígado, y se encuentran en contacto con los hepatocitos (26).

El páncreas, asociado al hígado, puede indicar que se realizan procesos y funciones en conjunto. El tejido pancreático de tipo exocrino produce enzimas digestivas, de las cuales en teleósteos se han encontrado proteasas (tripsina, quimotripsina, elastasa, carboxipeptidasa), amilasa, quitinasa y lipasas (21). Estas enzimas actúan durante los procesos de digestión, y son transportadas por los ductos pancreáticos (6, 23). En *P. pictus* se observaron células acinares con un núcleo localizado central y basalmente como las descritas por Morrison (22), las cuales son productoras de cimógeno. Los ductos pancreáticos se caracterizaron por estar rodeados de tejido conectivo y poseer epitelio cúbico, estos ductos son los responsables de transportar las enzimas digestivas secretadas por las células acinares, estas enzimas son las responsables de la catálisis de proteínas, grasas y carbohidratos (23). Por último, se puede mencionar que en la porción endocrina del páncreas se encontraron células de tipo B o beta, las cuales producen insulina, y células A o alfa, productoras de glucagón (26).

CONCLUSIONES

Las capas histológicas encontradas en todos los órganos del tracto digestivo fueron: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa del esófago está compuesta por epitelio plano estratificado, diferente a lo encontrado en las otras regiones evaluadas en este estudio, donde la mucosa presentó un

epitelio cilíndrico simple. El *P. pictus* posee un estómago bien definido con la presencia de glándulas gástricas, así mismo un intestino con pocos ciegos pilóricos. El hígado de *P. pictus* presentó abundancia de ductos biliares. El páncreas en *P. pictus* se encuentra difuso y asociado al hígado, por lo cual podría ser considerado como hepatopáncreas.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de investigaciones y a la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada.

REFERENCIAS

1. Ramírez GH, Ajiaco MR. La pesca en la baja Orinoquia colombiana: una visión integral. Bogotá: INPA; 2001.
2. Junca R, Vallejo A, Molano A, Pinilla A. Fecundidad en el tigrillo *Pimelodus pictus*. Número 7. Boletín científico INPA: Bogotá; 2002.
3. Mojica JIC, Castellanos C, Usma S, Álvarez R. Libro rojo de peces dulceacuicolas de Colombia. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. 1 ed. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente; 2002.
4. Sands DA. Fishkeeper's guide to South American Catfishes. 1ed. Bélgica: Tetra Press; 1988.
5. Blanco MC. Evaluación preliminar sobre la biología del Tigrillo *Pimelodus pictus*, Steindachner 1876, en el río Meta y resultados preliminares de algunos ensayos realizados en las instalaciones del vivero La Terraza sobre las especies *Pimelodus pictus* Steind, *Megalomphodus swegler* Gery y *Cheirodon axeldori* Schultz. Villavicencio: Inderena; 1988.
6. Groman DB. Histology of the Striped Bass. 3 ed. Bethesda: American Fisheries Society; 1982.
7. Soler JM. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. 1 ed. Bogotá: Insti-

- tuto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA); 1996.
8. Steffens W. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. 1 ed. Zaragoza: Acribia; 1987.
 9. Tyagi R, Shukla A. Anatomy of Fishes. 1 ed. Nueva Delhi: Anmol Publications PVT; 2002.
 10. Acosta K, Castro E, Hurtado H. Estudio histológico e histomorfológico preliminar del sistema digestivo de Neón tetra *Paracheirodon innesi* (Myers 1936). Procedente del III Congreso Iberoamericano de Acuicultura (CIVA 2004); Zaragoza; 2004.
 11. Scherck CB, Moyle PB. Methods for fish biology. 1 ed. Bethesda: American Fisheries Society; 1990.
 12. Arrington J, Mills B, Prophet E, Sobin L. Métodos histotecnológicos. 1 ed. Washington (DC): Registro de Patología de Estados Unidos de América (ARP); 1992.
 13. Scion Image [programa de ordenador]. Beta 4.02 for Windows 95, 98, ME, NT, 2000 y XP Maryland. Acquisition and Analysis Software. Supports Scion. URL: <http://www.scioncorp.com>
 14. R- Project for statistical computing. Statistics Department of Auckland [programa de ordenador]. 2.3.1. URL: <http://www.r-project.org/>
 15. Torres ME. Algunos aspectos de la biología del Nicuro, *Pimelodus clarias*, Bloch (Cypriniformes pimelodidae) [Tesis de pregrado]. Bogotá: Jorge Tadeo Lozano; 1978.
 16. Beltrán El, Beltrán CN. Contribución a la biología del Bagre Pintado *Pseudoplatystoma fasciatum*, Linnaeus, 1766 y su importancia pesquera. [Tesis de pregrado]. Medellín. Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano; 1973.
 17. Vásquez TW. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. 1 ed. Villavicencio: Universidad de los Llanos; 2004.
 18. Paniagua R, Nistal M. Introducción a la histología animal comparada. 3 ed. Barcelona: Labor Universitaria Manuales; 1983.
 19. Muñoz A, Caldas ML, Hurtado H. Análisis histomorfológico del sistema digestivo y glándulas anexas en alevinos de Cachama blanca, *Piaractus brachypomus* (Characidae: Piaractus). Revista Facultad de Ciencias Básicas; 2:137-164; 2006.
 20. Anderson BG, Mitchum DL. Atlas of Trout Histology. 1 ed. Wyoming game and fish department: Bulletin núm. 13. Wyiming; 1974.
 21. Grizzle J, Rogers W. Anatomy and Histology of the Channel Catfish. 1 ed. Alabama: Auburn Printing Inc; 1976.
 22. Morrison C. Histology of the Atlantic Cod, *Gadus morhua*: An Atlas. Digestive Tract and associated organs. 1 ed. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci; 1987.
 23. Yasutake WT, Wales JH. Microscopic Anatomy of Salmonids: An Atlas. 1 ed. Washington D.C.: Ed. Fish and Wild Life Service; 1983.
 24. Santana C, Verdugo P. Descripción histológica y anatómica del tracto digestivo de Nicuro (*Pimelodus blochii*, Valenciennens 1840) (Pisces: Siliuriformes, Pimelodidae) [Tesis de pregrado]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada; 2003.
 25. Collette B, Collette G, Facey D. The diversity of fishes. 5 ed. Massachusetts: Blackwell Science editorial officers; 2000.
 26. Kaye G, Romrell L, Ross M. Histology. A text and Atlas. 3 ed. Baltimore: Williams y Wilkins; 1995.
 27. Heath J, Young B. Wheeler's Functional Histology. A text and atlas. 4 ed. Sydney: Harcourt Publishers; 2000.