



Facultad de Veterinaria

Trabajo de
Fin de Grado

Estudio histológico del tubo
digestivo del cachalote pigmeo
(*Kogia breviceps*)

Elena Julia Ruiz Gil

Grado en Veterinaria

Año 2024

Modalidad del Trabajo: Experimental

Licencia

Esta obra pertenece a Elena Julia Ruiz Gil, y está sujeta a la licencia Reconocimiento-Compartir Igual 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Resumen

Las descripciones histológicas sobre el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*) son escasas y limitadas a algunos órganos. La dificultad de estudiar esta especie se debe a su hábitat oceánico, escasa frecuencia de varamientos y a que, cuando varan, suelen ser cadáveres en avanzado estado de putrefacción. Este trabajo se enfoca en la anatomía microscópica del tubo digestivo del cachalote pigmeo ya que se tuvo la oportunidad de contar con muestras procedentes de un individuo que tuvo que ser eutanasiado tras varar vivo en la costa gallega, una hembra de 229 cm de longitud total. Se tomaron muestras del tubo digestivo desde la lengua hasta la última porción de intestino, se fijaron en formol tamponado y se incluyeron en parafina. Sobre las secciones obtenidas se realizaron cuatro técnicas de tinción: hematoxilina-eosina, PAS-azul alcian, azán y OMSB. El esófago del cachalote pigmeo era corto y desembocaba en un estómago policavitario con cuatro compartimentos: cámaras anterior, principal, de conexión y porción pilórica. En el intestino se diferenciaron los siguientes tramos de craneal a caudal: ampolla duodenal, duodeno propiamente dicho, yeyuno, asas cólicas en el colon proximal, colon medio, ampolla cólica y colon distal. Toda la luz del colon estaba ocupada por heces viscosas de color marrón negruzco, compactas en el colon proximal, fluidas desde el colon medio; en la ampolla cólica se acumulaban más de 2 l de heces. A simple vista llamó la atención la presencia de venas con aspecto arrosariado en la superficie de los órganos y en el peritoneo de conexión. Histológicamente observamos que el tracto digestivo del cachalote pigmeo presentaba unas características histológicas similares a las de otros odontocetos en sus porciones craneal y media (lengua, esófago, estómago, intestino delgado y primera parte del intestino grueso), pero altamente modificadas y únicas en su porción caudal (colon medio, ampolla cólica y colon distal). En estos tramos de intestino se observó una mucosa especializada revestida por un epitelio pseudoestratificado cilíndrico bajo que se invaginaba hacia la lámina propia para formar glándulas tubulares, cortas y sin luz. Esta especialización de la parte final del intestino está relacionada con un comportamiento exclusivo del género *Kogia*, el almacenamiento y expulsión brusca de heces como estrategia de evasión frente a sus depredadores. El aspecto arrosariado de las venas resultó ser debido a la presencia de esfínteres musculares en la pared de los vasos; los esfínteres musculares se encontraron en venas de todos los calibres y en todas las capas del canal alimentario desde el esófago hasta el colon distal. Esta especialización vascular sugiere que el canal alimentario del cachalote pigmeo actúa como reservorio de sangre, muy probablemente durante las inmersiones profundas y/o prolongadas.

Palabras clave: *Kogia breviceps*, cachalote pigmeo, cetáceo, odontoceto, tracto digestivo, canal alimentario, histología, esfínteres venosos.

Resumo

As descrições histolóxicas do cachalote pequeno (*Kogia breviceps*) son escasas e limitadas a algúns órganos. A dificultade para estudar esta especie débese ao seu hábitat oceánico, a baixa frecuencia de varamentos e a que, cando varan, adoitan ser cadáveres en avanzado estado de putrefacción. Este traballo céntrase na anatomía microscópica do tracto dixestivo do cachalote pequeno xa que tivemos a oportunidade de ter mostras dun individuo que tivo que ser sacrificado despois de varar vivo na costa galega, unha femia de 229 cm de lonxitude total. Tomáronse mostras do tracto dixestivo desde a lingua ata a última porción do intestino, fixéronse en formol tamponado e incluíronse en parafina. Realizáronse catro técnicas de tinguidura nos cortes obtidos: hematoxilina-eosina, azul PAS-alcíán, azán e OMSB. O esófago do cachalote pequeno era curto e abríase nun estómago policavitario con catro compartimentos: anterior, principal, cámara de conexión e porción pilórica. No intestino diferenciáronse de cranial a caudal os seguintes tramos: ampola duodenal, duodeno propiamente dito, xexuno, asas cólicas no colon proximal, colon medio, ampola cólica e colon distal. Todo o lume do colon estaba ocupado por feces viscosas de cor marrón negruzca, compactas no colon proximal, fluídas desde o colon medio; máis de 2 l de feces acumulábanse na ampola cólica. A simple vista chamou a atención a presenza de veas cun aspecto arrosariado na superficie dos órganos e no peritoneo de conexión. Histoloxicamente observamos que o tracto dixestivo do cachalote pequeno presentaba características histolóxicas similares ás doutros odontocetos nas súas porcións craniais e medias (lingua, esófago, estómago, intestino delgado e primeira parte do intestino grosso), pero moi modificadas e únicas na súa porción caudal (colon medio, ampola cólica e colon distal). Nestes tramos do intestino observouse unha mucosa especializada cuberta por un epitelio pseudoestratificado cilíndrico baixo que se invaxinaba cara á lámina propia formando glándulas curtas e tubulares sen lume. Esta especialización da parte final do intestino está relacionada cun comportamento exclusivo do xénero *Kogia*, o almacenamento e expulsión repentina de feces como estratexia de evasión contra os seus depredadores. O aspecto arrosariado das veas resultou ser debido á presenza de esfínteres musculares na parede dos vasos; atopáronse esfínteres musculares en veas de todos os calibres e en todas as capas do tubo dixestivo desde o esófago ata o colon distal. Esta especialización vascular suxire que o canal alimentario do cachalote pequeno actúa como un reservorio de sangue, moi probablemente durante inmersións profundas e/ou prolongadas.

Palabras chave: *Kogia breviceps*, cachalote pequeno, cetáceo, odontoceto, tracto dixestivo, canal alimentario, histoloxía, esfínteres venosos.

Abstract

Histological descriptions of the pygmy sperm whale (*Kogia breviceps*) are scarce and limited to a few organs. The difficulty of studying this species is due to its oceanic habitat, infrequent strandings and the fact that, when they do strand, the carcasses are usually in an advanced state of putrefaction. This work focuses on the microscopic anatomy of the digestive tract of the pygmy sperm whale since we had the opportunity to have samples from an individual that had to be euthanised after stranding alive on the Galician coast, a female pygmy sperm whale of 229 cm in total length. Samples were taken from the digestive tract from the tongue to the last portion of the intestine, fixed in buffered formalin and embedded in paraffin. Four staining techniques were performed on the sections obtained: haematoxylin-eosin, PAS-alcian blue, azan and OMSB. The oesophagus of the pygmy sperm whale was short and led to a polycavitary stomach with four compartments: anterior, main, connecting and pyloric chambers. In the intestine, the following sections were differentiated from cranial to caudal: duodenal ampulla, duodenum proper, jejunum, colic coils in the proximal colon, middle colon, colic ampulla and distal colon. The entire lumen of the colon was occupied by blackish-brown viscous faeces, compact in the proximal colon, fluid from the middle colon; more than 2 litres of faeces accumulated in the colic ampulla. The naked eye was struck by the presence of veins with an moniliform appearance on the surface of the organs and in the connecting peritoneum. Histologically, we observed that the digestive tract of the pygmy sperm whale had histological features similar to those of other odontocetes in its cranial and middle portions (tongue, oesophagus, stomach, small intestine and first part of the large intestine), but highly modified and unique in its caudal portion (mid-colon, colic ampulla and distal colon). In these intestinal parts, a specialised mucosa lined by a low cylindrical pseudostratified epithelium was observed invaginating into the lamina propria to form short, short, tubular glands without lumina. This specialisation of the final part of the intestine is related to a behaviour unique to the genus *Kogia*, the storage and abrupt expulsion of faeces as an evasion strategy against predators. Moniliform veins were found to be due to the presence of muscular sphincters in the vein wall; muscular sphincters were found in veins of all calibres and in all layers of the alimentary canal from the oesophagus to the distal colon. This vascular specialisation suggests that the alimentary canal of the pygmy sperm whale acts as a reservoir for blood, most likely during deep and/or prolonged dives.

Key words: *Kogia breviceps*, pygmy sperm whale, cetacean, odontocete, digestive tract, alimentary canal, histology, venous sphincters.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Descripción del cachalote pigmeo	5
1.2 Distribución.....	6
1.3 Dieta.....	7
1.4 Aparato digestivo de los cetáceos	8
2. OBJETIVO	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1 Ejemplar de cachalote pigmeo.....	14
3.2 Obtención, procesamiento de las muestras y técnicas histológicas empleadas.....	15
4. RESULTADOS	17
4.1 Lengua y orofaringe	17
4.2 Esófago.....	18
4.3 Estómago: cámara anterior	18
4.4 Estómago: cámara principal.....	19
4.5 Estómago: cámara de conexión	21
4.6 Estómago: porción pilórica.....	21
4.7 Intestino delgado: duodeno.....	21
4.8 Intestino delgado: yeyuno	22
4.9 Intestino grueso: parte proximal del colon	26
4.10 Intestino grueso: parte media del colon.....	27
4.11 Intestino grueso: dilatación o ampolla cólica.....	27
4.12 Intestino grueso: colon distal.....	28
4.13 Esfínteres en venas	28
5. DISCUSIÓN	31
6. CONCLUSIONES	37
7. BIBLIOGRAFÍA	38

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudios histológicos en cetáceos se centran en delfines, sobre todo en delfín mular (*Tursiops truncatus*), delfín común de hocico corto (*Delphinus delphis*) y delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), puesto que son las especies más abundantes en todos los mares y océanos y, por tanto, de las que se producen más varamientos. Para otras especies de cetáceos las descripciones histológicas son escasas, inexistentes o centradas únicamente en órganos importantes o singulares (Cozzi *et al.*, 2017; Simpson & Gardner, 1972). Esto último es lo que sucede en el caso del cachalote pigmeo, en el que tan solo se ha estudiado la anatomía microscópica de la glándula branquial cervical (Keenan *et al.*, 2021), de los folículos pilosos faciales (Lamas *et al.*, 2023), de su peculiar aparato nasal implicado en la ecolocalización (Thornton *et al.*, 2015) y del estómago (Rice & Wolman, 1990).

Hay varias razones por las que es difícil el estudio, no solo histológico, sino también de muchos otros aspectos de la biología del cachalote pigmeo: en la naturaleza tiene un hábitat oceánico y un comportamiento solitario y esquivo, pero es que además en cautividad son difíciles de mantener ya que de 33 intentos de rehabilitación en los Estados Unidos de América entre 1948 y 1981, todos los individuos murieron en el plazo de 1 mes (Sylvestre, 1983). Un aspecto crítico para su supervivencia en cautividad parece ser el funcionamiento normal de su tracto digestivo, puesto que en las necropsias se han identificado roturas gastrointestinales, bloqueos, torsiones o impactaciones, junto con la miocardiopatía inducida por estrés, como las causas más frecuentes de muerte (Manire *et al.*, 2004).

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en la anatomía microscópica del tubo digestivo del cachalote pigmeo. El motivo de la elección de este tema radica en la ausencia de descripciones histológicas previas y en una característica de la biología de esta especie relacionada con su tracto digestivo: su capacidad para almacenar y expulsar de forma explosiva una cantidad considerable de heces líquidas de color marrón rojizo como estrategia de defensa y huida (McAlpine, 2018; Yamada, 1954).

1.1 Descripción del cachalote pigmeo

Los cetáceos se clasifican dentro del Orden Artiodactyla, Infraorden Cetacea, donde se reconocen dos grandes parvórdenes: los misticetos, ballenas o cetáceos con barbas, y los odontocetos o cetáceos con dientes. En el grupo de los odontocetos se encuentra la especie objeto de este trabajo: cachalote pigmeo, *Kogia breviceps* (Blainville, 1838), en gallego cachalote *pequeno*, perteneciente a la familia Kogiidae, género *Kogia*; compartiendo género se encuentra la especie *Kogia sima* o cachalote enano (Committee on Taxonomy, 2023).

Los cachalotes pigmeos adultos alcanzan como máximo 4,25 m de longitud y pueden llegar a pesar 515 kg. Aunque hay discrepancia entre autores, es posible que las hembras alcancen mayor longitud que los machos. Los recién nacidos miden alrededor de 1,2 m y pesan aproximadamente 53 kg (Jefferson *et al.*, 2015).

La forma corporal es bastante robusta y no son tan estilizados como la mayoría de los odontocetos. Su cabeza es cónica y roma, y la mandíbula pequeña, no alcanza el extremo más rostral del hocico. Las aletas pectorales son pequeñas y redondeadas; la pequeña aleta dorsal está fuertemente encorvada y ubicada mucho más caudal del punto medio del lomo (Figura 1). A menudo se percibe una especie de joroba entre el espiráculo y la aleta dorsal en esta especie, especialmente cuando los animales están flotando en la superficie (Jefferson *et al.*, 2015). La mandíbula presenta 12–16 (a veces 10 u 11) pares de dientes largos, afilados y con forma de gancho; normalmente no hay dientes en la arcada superior (Bloodworth & Odell, 2008; McAlpine, 2018).

Presentan una coloración contrasombreada que varía desde un gris marrón oscuro o negro en la parte superior hasta blanco en la parte inferior. Un parche de coloración algo más oscura rodea los ojos y tienen una característica marca en forma de corchete de color claro, conocida como “falsa branquia”, vertical y caudal al ojo (Bloodworth & Odell, 2008; McAlpine, 2018). Se cree que esta pigmentación cutánea es una adaptación destinada a mimetizarse con sus principales depredadores, los tiburones (Plön, 2004).

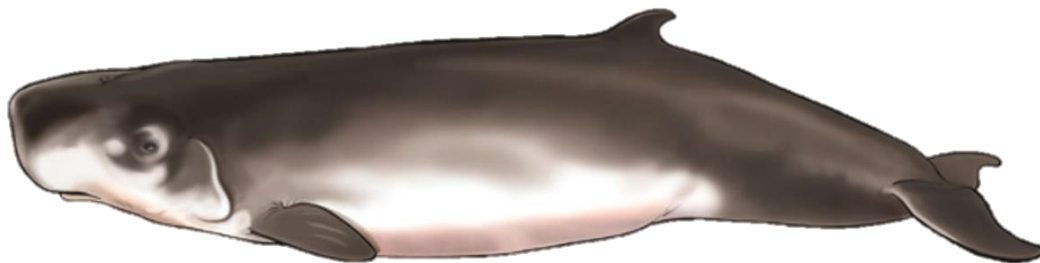


Figura 1. Aspecto externo del cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*). Ilustración cedida por Alfredo López (©Tokio Ilustración).

1.2 Distribución

Estos animales son endémicos de las aguas oceánicas del Pacífico, Atlántico e Índico en regiones templadas y tropicales. En base a los registros conocidos de avistamientos, varamientos o capturas accidentales de *K. breviceps* se ha estimado la distribución mundial de esta especie, obteniendo un rango de distribución probable que comprende generalmente regiones entre los 45° N y los 45° S (Figura 2). Adicionalmente han sido obtenidos registros

fuera de estos límites, alcanzando incluso los 54° N (Kiszka & Braulik, 2020; Bloodworth & Odell, 2008).

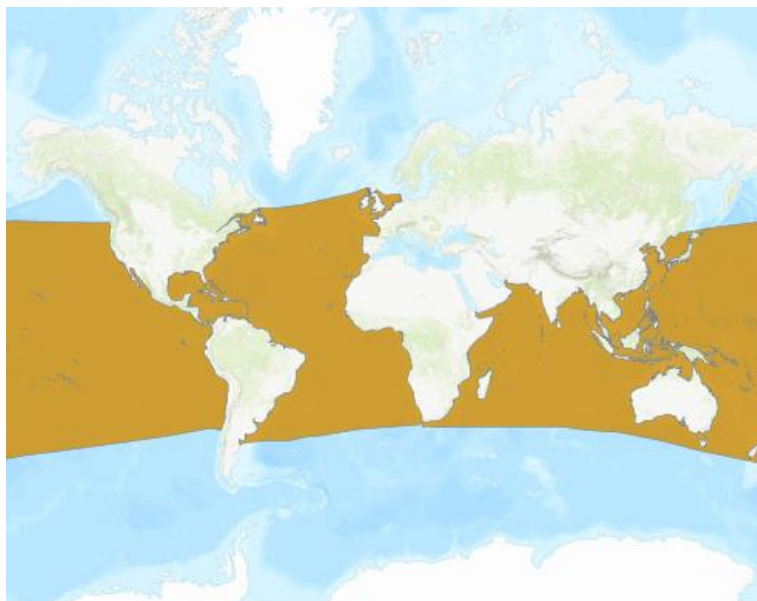


Figura 2. Distribución mundial estimada de *Kogia breviceps* en hábitats marinos.
Fuente: Kiszka, & Braulik (2020).

La distribución precisa de la especie en el mar se desconoce, pero el análisis del contenido estomacal de los animales varados sugiere que generalmente habita aguas sobre la plataforma continental y el talud en las zonas epipelágica y mesopelágica (McAlpine, 2018).

1.3 Dieta

El contenido estomacal (Plön, 2004), la capacidad de unión de oxígeno de la hemoglobina (Lenfant, 1969) y las largas duraciones de inmersión de hasta 18 min (McAlpine, 2018; Scott & Cordaro, 1987) respaldan la gran capacidad de buceo profundo en ambas especies de *Kogia*. Se ha sugerido que estas especies atrapan sus presas por succión mientras permanecen estacionarias o bucean lentamente a través de grupos de presas (Bloodworth & Odell, 2008).

En base a la información dietética obtenida de numerosos ejemplares varados y algunos capturados vivos, se sabe que los cefalópodos constituyen la dieta básica de *K. breviceps*. Dentro de esta dieta han sido documentados 4 órdenes de cefalópodos (Octopoda, Sepiida, Sepiolida y Teuthida), 23 familias y al menos 50 especies de 39 géneros distintos (Plön, 2004; Ross, 1979; Santos *et al.*, 2006; Secchi *et al.*, 1994; Wang *et al.*, 2002). Las presas más comunes habitan en ambientes oceánicos de aguas medias (Clarke, 1996), aunque también se han identificado camarones de aguas profundas (*Notostomus*) y camarones peneidos (*Farfantepenaeus californiensis*) (Ross, 1979; Vidal *et al.*, 1987). Ocasionalmente parece ingerir peces mesopelágicos, incluyendo el pez sable plateado (*Rexea solandri*), el pez linterna

(*Scopelopsis multipunctatus*), y el bacalao (*Gadus morhua*) (McAlpine *et al.*, 1997; Plön, 2004; Ross, 1979).

1.4 Aparato digestivo de los cetáceos

En la práctica totalidad de los cetáceos se han llevado a cabo descripciones anatómicas detalladas de su aparato digestivo. Sin embargo, como ya se comentó anteriormente, las descripciones histológicas son escasas y se centran en las especies de delfines más comunes.

La lengua en los delfines es corta y ancha, con una movilidad limitada. En los individuos jóvenes se ha observado la presencia de papilas mecánicas marginales en el vértice que ayudan a sellar la lengua y el techo de la cavidad oral alrededor de la hendidura mamaria y el pezón de la madre, facilitando la alimentación por succión durante la lactancia; estas papilas desaparecen tras la lactancia en pocos años (Ferrando *et al.*, 2010; Sonntag, 1922). La mucosa del dorso está cubierta por un epitelio escamoso plano altamente queratinizado y no presenta ninguna papila, ni mecánica ni gustativa (Werth, 2007). Se ha descrito la presencia de glándulas salivales menores mucosas y serosas en la lámina propia-submucosa del dorso de la lengua; su distribución, estructura y secreción varía bastante entre las diferentes especies de odontocetos (Arvy & Pillery, 1972; Donaldson, 1977; Sokolov & Volkova, 1973), características que están aparentemente relacionadas con el tipo de alimentación (raptorial *vs.* succión) (Ferrando *et al.*, 2010; Yamasaki *et al.*, 1976). Los orificios de desembocadura de las glándulas son tan amplios que se pueden ver a simple vista sobre la mucosa del dorso de la lengua (Sonntag, 1922).

El esófago de los cetáceos tiene la estructura típica de los mamíferos. Debido a que no mastican y se alimentan de presas prácticamente vivas y enteras, el esófago tiene una gran capacidad de distensión y una potente capa muscular para acomodar grandes volúmenes de alimentos que son empujados con fuerza hacia el estómago (Cozzi *et al.*, 2017). En ciertos géneros de delfínidos (especies pertenecientes a la familia Delphinidae como *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*) se ha descrito la presencia de pliegues longitudinales más o menos continuos con respecto a los existentes en la faringe. Histológicamente se caracteriza por presentar un epitelio escamoso estratificado grueso, no queratinizado, una lámina propia rica en colágeno y papilas dérmicas muy prominentes. La muscular de la mucosa se describe como potente y la submucosa muy vascularizada y sin glándulas. Con respecto a la capa muscular, se ha observado la presencia de musculatura estriada en la parte craneal del esófago y lisa en la parte caudal del mismo (Harrison *et al.*, 1970; Simpson & Gardner, 1972).

Todos los cetáceos tienen un estómago complejo (mucosa glandular y aglandular) y compartimentado (policavitario), a diferencia del estómago simple (solo mucosa glandular) y monocavitario de humanos y otros mamíferos (Tyson, 1680; Hunter, 1787; Home, 1807; Jungklaus, 1898). El estómago de los cetáceos presenta una cámara craneal o anterior, una

cámara fúndica o principal, canales o cámaras de conexión, y una cámara o porción pilórica (Horstmann, 2018). Esta organización no es igual para todos los cetáceos ya que géneros tan diversos como *Ziphius*, *Hyperoodon*, *Tasmacetus* y ciertas especies de *Mesoplodon* (*M. densirostris*, *M. perrini*, *M. stejnegeri*) y *Pontoporia blainvillei*, no presentan cámara anterior o presentan particiones dentro de cada compartimento (Mead, 2007; Tostado-Marcos *et al.*, 2024b).

La cámara anterior de los delfines, a diferencia de la mayoría de los mamíferos terrestres, no presenta un esfínter en la desembocadura del esófago (Cozzi *et al.*, 2017). Esta cámara es un saco muscular grande y distensible con capacidad para albergar grandes volúmenes de presas. Se caracteriza por la ausencia de glándulas y estar revestido con un epitelio escamoso estratificado que puede o no estar queratinizado. Se comunica por una abertura estrecha con la cámara principal, limitando el tránsito a contenido de tamaño adecuado a la siguiente cámara (Horstmann, 2018; Harrison *et al.*, 1970) describieron macroscópicamente en este compartimento la presencia de un revestimiento firme y blanco con numerosos pliegues, principalmente longitudinales. Histológicamente definieron este epitelio como escamoso estratificado muy queratinizado, cuyas células basales presentaban forma cuboidal; las papilas dérmicas eran más delgadas e irregulares que las que observaron en el esófago y podían llegar a ser extremadamente largas; la lámina propia no era tan gruesa como la del esófago y las dos capas de la muscular de la mucosa eran muy gruesas y estaban claramente delimitadas (Harrison *et al.*, 1970).

La cámara principal está revestida con una mucosa de color rojo-púrpura, significativamente circunvolucionada y, a veces, trabeculada (Mead, 2007). La mucosa es glandular, siendo muy abrupto el cambio en el orificio de comunicación con la cámara anterior, pasando de un epitelio escamoso estratificado queratinizado a una mucosa glandular con células mucosas superficiales. Las glándulas son tubulares simples y las células parietales numerosas, encontrándose hasta en la base de las mismas. La muscular de la mucosa es delgada y la capa muscular externa presenta tres capas de músculo liso (Harrison *et al.*, 1970). Este compartimento comunica con la o las cámaras de conexión (Mead, 2007).

Las cámaras o canales de conexión comunican con la porción pilórica mediante un orificio regulado por un esfínter en la última cámara de conexión; a menudo este esfínter está ligeramente evertido hacia la porción pilórica (Harrison *et al.*, 1970). La cámara de conexión puede tener múltiples compartimentos, siendo particularmente complejo en los zifios, donde se han descrito hasta 11 subdivisiones (Mead, 2007). Los canales de conexión pueden funcionar para regular la velocidad del flujo de contenido hacia la porción pilórica y duodeno, y para asegurar el adecuado contacto del contenido gástrico con la mucosa antes de pasar a la porción

pilórica (Horstmann, 2018); Yamasaki *et al.* (1974) describieron histológicamente la cámara de conexión del delfín de La Plata o franciscana (*Pontoporia blainvillei*): en esta especie la mucosa presenta glándulas tubulares aparentemente mucosas, sin poder ser clasificadas de forma precisa, conteniendo nódulos linfáticos aislados en la lámina propia de la mucosa, una muscular de la mucosa irregular, y la capa submucosa es más delgada y compacta que la de la cámara principal. Estos autores observaron una zona de transición muy marcada entre la mucosa de la cámara principal y la de conexión, que también había sido descrita por Harrison *et al.* (1970) en las especies más habituales de delfines, pasando de las glándulas típicas de la cámara principal a unas glándulas típicas de la porción pilórica.

La porción pilórica presenta una mucosa glandular similar a la región pilórica de otros estómagos de mamíferos, con un epitelio de revestimiento y glándulas gástricas donde predominan las células mucosas. Esta cámara termina en un esfínter pilórico a través del cual se regula el flujo del contenido digestivo hacia la ampolla duodenal. En la porción pilórica pueden encontrarse subdivisiones; por ejemplo, las ballenas de Groenlandia (*Balaena mysticetus*) tienen un tabique pilórico, y en belugas (*Delphinapterus leucas*) y narvales (*Monodon monoceros*) se ha descrito una separación completa que lleva a la existencia de una cuarta y quinta cámaras (Horstmann, 2018). En los delfines se ha descrito una pared muscular más delgada que la de los otros compartimentos, con un revestimiento interno de apariencia púrpura y aterciopelada con la presencia de algunos pliegues longitudinales bajos. Histológicamente su membrana mucosa está revestida de un epitelio formado por células mucosas columnares que se hunden en la lámina propia para formar pequeñas “fosas” que continúan en profundidad como glándulas tubulares simples. La lámina propia se encuentra bien desarrollada y vascularizada. La muscular de la mucosa es gruesa, y también está bien desarrollada la capa muscular externa (Harrison *et al.*, 1970).

La longitud del intestino delgado en cetáceos puede ser muy variable, siendo muy corto en el rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*) y de hasta 12 veces la longitud del cuerpo en cachalotes y delfines (Horstmann, 2018). En muchos cetáceos se ha descrito la presencia de ampolla duodenal, una dilatación de la parte inicial del duodeno, con la misma organización histológica que el resto del duodeno (Cozzi *et al.*, 2017). La presencia de un septo duodenal que actúa a modo de válvula constituye la separación física entre la ampolla duodenal y el resto del duodeno (Cave, 1982). El conducto hepatopancreático puede desembocar tanto en la ampolla duodenal como en el duodeno inmediatamente caudal (Cozzi *et al.*, 2017).

Yamasaki *et al.* (1975) detallaron tanto el intestino delgado como el intestino grueso de la franciscana o delfín de La Plata (*Pontoporia Blainvillei*). Macroscópicamente, describieron la presencia de pliegues circulares en la mucosa del duodeno y la ausencia de estos en yeyuno e

íleon. Destacaron la existencia de un pliegue de mucosa longitudinal ininterrumpido que comenzaba a unos 10 cm de la ampolla duodenal y llegaba hasta el final del íleon.

Microscópicamente, la ampolla duodenal y el inicio del duodeno presentan un epitelio columnar simple y numerosas glándulas tubulares no ramificadas situadas en la lámina propia de la mucosa. El epitelio glandular está compuesto por un solo tipo de células, siendo las células glandulares de la ampolla duodenal más alveolares y mucosas. En la parte caudal del duodeno, las glándulas reducen su altura. La capa muscular del duodeno consta de dos estratos de musculatura lisa: una circular interna gruesa y una longitudinal externa delgada. La composición de yeyuno e íleon es similar a la de la parte caudal del duodeno (Yamasaki *et al.*, 1975). En cetáceos resulta muy complicado obtener buenas preparaciones histológicas de intestino ya que la mucosa sufre autólisis muy rápidamente tras la muerte, pero se ha descrito la existencia de vellosidades cortas y delgadas en intestino delgado (Cozzi *et al.*, 2017; Simpson & Gardner, 1972).

En los misticetos se ha descrito la presencia de ciego, mientras que en la mayoría de los odontocetos, exceptuando el delfín del río Ganges (*Platanista gangetica*), está ausente (Horstmann, 2018). La ausencia de ciego explica por qué es tan difícil diferenciar con claridad el intestino delgado del intestino grueso en los odontocetos. En el estudio de Tostado-Marcos *et al.* (2024) se establecieron dos criterios para reconocer el final del intestino delgado y el comienzo del intestino grueso: diámetro (leve cambio macroscópico de tamaño) y grosor de la pared (íleon más delgado y colon más grueso); en este estudio se destaca la presencia de dos pliegues gruesos en la mucosa del colon, excepto en su última porción.

Histológicamente, la mucosa del colon no tiene vellosidades y las criptas intestinales muestran un trayecto recto y sin ramificaciones, con gran cantidad de células caliciformes. En la lámina propia de la mucosa se observan abundantes nódulos linfáticos bien desarrollados, especialmente en los pliegues. La capa muscular tiene dos estratos, siendo ligeramente más delgada que la del intestino delgado. En la superficie interna del recto se ven varios pliegues longitudinales con finas arrugas transversales. Las criptas intestinales del recto son mucho más profundas que las del colon y se observa una mayor presencia de células caliciformes en las glándulas. También se encuentran numerosos nódulos linfáticos bien desarrollados en la lámina propia de la mucosa (Cozzi *et al.*, 2017; Simpson & Gardner, 1972; Yamasaki *et al.*, 1975).

En lo que se refiere a la especie objeto de este trabajo, el estómago del cachalote pigmeo consta de las cuatro partes anteriormente descritas (Figura 3) (Kernan & Schulte, 1918; Rice & Wolman, 1990).

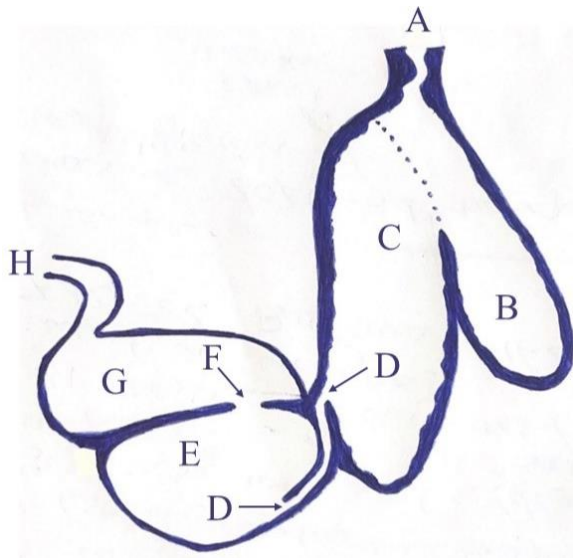


Figura 3. Esquema del estómago del cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*). La línea de puntos indica el límite entre el epitelio no glandular (cámara anterior) y el epitelio glandular (cámara principal). **A:** esófago, **B:** cámara anterior, **C:** cámara principal, **D:** extremos de la cámara de conexión, **E:** porción pilórica, **F:** orificio pilórico, **G:** ampolla duodenal, **H:** duodeno. Modificado de Rice & Wolman (1990).

Los datos obtenidos de un único estómago congelado describen la cámara anterior del estómago como una estructura de mucosa no glandular, comunicada con la cámara principal sin un esfínter. La cámara principal es glandular, con potencial por tanto para reflujo de jugo gástrico hacia la cámara anterior. Una cámara de conexión estrecha da acceso a la porción pilórica glandular, que luego se abre hacia la ampolla duodenal (Rice & Wolman, 1990).

En ambas especies de *Kogia* la parte final del intestino grueso está dilatada formando un “saco de tinta” que en realidad contiene heces notablemente líquidas de color marrón rojizo (Benham, 1901; Caldwell & Caldwell, 1989).

2. OBJETIVO

El objetivo perseguido en este Trabajo de Fin de Grado fue realizar un estudio histológico detallado y completo del tubo digestivo del cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Ejemplar de cachalote pigmeo

Las muestras empleadas para realizar el estudio histológico se obtuvieron de un ejemplar hembra de *Kogia breviceps* con una longitud total (desde el extremo más rostral de la cabeza hasta la hendidura entre los lóbulos de la aleta caudal) de 229 cm. El ejemplar varó vivo el 22 de noviembre de 2022 en la playa de Lago, Xove (Lugo) (Figura 4), por lo que se reintrodujo en el mar por voluntarios presentes en la zona, pero volvió a varar con muy mal estado general, por lo que los biólogos y veterinarios de la Red de Varamientos de Galicia decidieron eutanasiarlo (P. Covelo, comunicación personal, 22 de noviembre de 2022). La Red de Varamientos de Galicia está gestionada por la CEMMA (Coordinadora para o Estudo dos Mamíferos Mariños), gracias a convenios con la Dirección Xeral de Patrimonio Natural da Xunta de Galicia (CEMMA, s.d.).



Figura 4. Cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*) hembra de 229 cm varada viva en la playa de Lago, Xove (Lugo) el 22 de noviembre de 2022. Imagen cedida por P. Covelo (CEMMA).

Tras tomar las biometrías sobre el cadáver, se llevó a cabo la necropsia y recolección de muestras para realizar numerosos estudios (parasitológicos, genéticos, histopatológicos, de contaminantes, radiológicos...). El tracto digestivo desde la lengua hasta el ano, pero sin glándulas anejas, fue cedido al Grupo de Investigación GI-1725 MORFAN de la USC, transportándose lo más rápido posible hasta la Facultad de Veterinaria. Cabe destacar la importancia de la recolección de estas muestras, ya que muy pocas veces se tiene la oportunidad de contar con un cetáceo al cual se le haya realizado la eutanasia, reduciendo la presencia inevitable de los cambios *postmortem* autolisis y putrefacción.

Una vez recibidas las muestras en la Sala de Disección de la Facultad de Veterinaria, se realizaron fotografías macroscópicas y se tomaron muestras de los diferentes tramos del tracto

digestivo, desde la lengua hasta el extremo distal del intestino, que se fijaron en formol tamponado al 10%.

Las muestras se identificaron con un código que asegurase su trazabilidad utilizando una etiqueta de papel vegetal escrita a lápiz: iniciales del nombre científico de la especie (*Kogia breviceps*, “KBR”), sexo (macho o hembra, “F”), longitud total en cm (“229”) y fecha y lugar del varamiento (“22/11/22 Xove”), acompañado por el tejido o tramo específico.

3.2 Obtención, procesamiento de las muestras y técnicas histológicas empleadas

El tallado de las muestras y su posterior estudio histológico se llevó a cabo en el laboratorio de Citología e Histología de la Facultad de Veterinaria de la USC. Una vez talladas, las muestras se incluyeron en parafina siguiendo un protocolo histológico estándar hasta obtener los bloques. De ellos se obtuvieron posteriormente secciones de entre 4 y 5 micrómetros de grosor que se recogieron en portaobjetos recubiertos de gelatina para aumentar su capacidad de adhesión. Tras pasar 24 h en una estufa a 56 °C, las secciones se desparafinaron sumergiéndolas en dos baños de xileno y se hidrataron mediante baños de alcohol en concentración decreciente (100% → 90% → 70%) hasta sumergirlos en agua para realizar las siguientes tinciones (Luna, 1968; Hasumi, 2003; Suvarna et al., 2012; Megías et al., 2019; Gajda et al., 2017):

- **Hematoxilina-Eosina:** es una tinción sencilla y usada comúnmente en histología debido a que permite diferenciar claramente una gran cantidad de tejidos y estructuras. La hematoxilina tiñe los núcleos celulares de azul/morado oscuro y la eosina tiñe el citoplasma de las células, además de la mayoría de fibras conectivas, en tonalidades e intensidades variables de rosa, naranja y rojo.
- **PAS-azul alcian:** permite distinguir los tipos de secreción glandular. Si una secreción es positiva al PAS (*periodic acid Schiff*), significa que contiene carbohidratos y se marcarán las glándulas mucosas. La combinación de azul alcian con PAS se realiza con la finalidad de poder diferenciar los mucopolisacáridos ácidos del resto de mucopolisacáridos o mucinas. El resultado final resulta en la tinción de color azul de los mucopolisacáridos ácidos y el resto de glúcidos de rosa intenso o fucsia. Los tejidos y células que contengan los dos tipos de mucopolisacáridos, ácidos y neutros, adquieren tonalidades diferentes de morado.
- **Tinción de azán:** es una tinción tricrómica cuya utilidad consiste en diferenciar una mayor variedad de estructuras histológicas ya que el color resultante varía según cada elemento celular. Los núcleos y el tejido muscular adquieren colores desde naranja a rojo, el colágeno azul y otros citoplasmas presentan colores diversos.
- **Tinción de orceína *martius scarlet blue* (OMSB):** es una tinción tricrómica que permite distinguir correctamente las fibras elásticas de las de colágeno, tiñendo estas

últimas de azul y las primeras de rojo/granate. Además, permite distinguir bien los eritrocitos, los cuales se tiñen de amarillo, y las fibras musculares, coloreándose de rojo claro o rosa. Por último, los núcleos se tiñen de rojo.

Tras teñir las secciones se procedió a su deshidratación mediante baños en alcohol de concentración creciente (70% → 90% → 100%) y, por último, se sumergieron en un baño de xileno para desengrasarlas y aclararlas. Finalmente, se realizó el montaje de las muestras con una solución de montaje permanente y un cubreobjetos. Para concluir, se observaron y fotografiaron las preparaciones con un fotomicroscopio óptico Olympus DP74 y con un estereomicroscopio binocular Olympus SZX16 acoplado a una cámara digital Olympus EP50.

4. RESULTADOS

4.1 Lengua y orofaringe

La lengua era corta y ancha con un vértice redondeado. Su mucosa dorsal era blanquecina, con numerosas grietas y surcos en la mitad caudal. Se observaron depresiones puntiformes —correspondientes a orificios de desembocadura de glándulas salivales— en el tercio caudal de la mucosa del dorso, aisladas entre sí y muy poco numerosas. La mucosa de la orofaringe mostraba un color rosado y numerosos surcos orientados principalmente en sentido transversal (Figura 5A). En la orofaringe también se apreciaron los orificios de desembocadura de las glándulas salivales, siendo poco numerosos y distribuidos sin un patrón definido por la mucosa.

Histológicamente, la mucosa de la lengua se caracterizó por presentar un epitelio estratificado plano queratinizado y carecer de papilas mecánicas o gustativas. El epitelio de la parte caudal de la lengua era más delgado y su estrato córneo estaba menos desarrollado que en la mitad rostral; en la mitad caudal también se observó un pequeño número de glándulas salivales mucosas en la propia-submucosa. La capa muscular estaba muy desarrollada (Figuras 5B y 5C). En la orofaringe el epitelio era mucho más fino y estaba poco queratinizado, pero presentaba mayor cantidad de glándulas salivales mucosas en la propia-submucosa (Figura 5D).

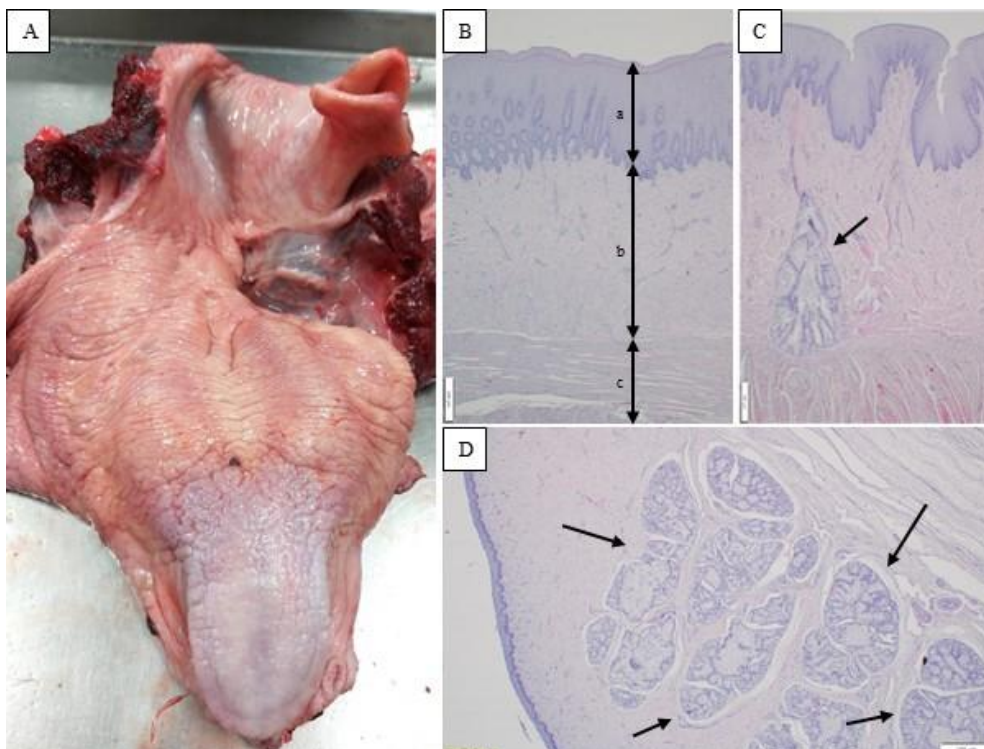


Figura 5. Lengua y orofaringe de KBR F 229. **A:** Aspecto macroscópico. **B:** Sección transversal de la mitad rostral de la lengua: la mucosa está formada por un epitelio estratificado plano queratinizado (a), sin presencia de glándulas en la propia-submucosa (b) y con una capa muscular desarrollada (c). **C:** Sección transversal de la mitad caudal de la lengua: presencia de una glándula mucosa (flecha) en la propia-submucosa. **D:** En la orofaringe el epitelio es más delgado y las glándulas mucosas más numerosas (flechas). Tinción: Hematoxilina-Eosina. Barra: 500 μ m (B, C y D).

4.2 Esófago

El esófago era corto en longitud y ancho en diámetro (Figura 6). La mucosa era blanquecina y mostraba numerosos pliegues longitudinales unidos entre sí por surcos transversales que eran más irregulares en la parte caudal.

Histológicamente, el epitelio de la mucosa del esófago era estratificado plano queratinizado (Figura 7A), siendo más grueso en su porción caudal; la muscular de la mucosa se apreciaba solo raramente y estaba restringida a unas pocas fibras musculares lisas. Las glándulas en la propia-submucosa eran muy escasas y de naturaleza mixta (Figura 7B). La capa muscular estaba más desarrollada en la parte craneal donde estaba formada por fibras musculares estriadas (Figura 7C); en la parte más caudal se observaron fibras musculares lisas (Figura 7D). No se observaron agregados de tejido linfóide asociado a la mucosa en ninguna sección realizada en este órgano.



Figura 6. Tracto digestivo de KBR F 229 fuera de la cavidad abdominal desde el esófago (a la derecha de la imagen) hasta el ano (izquierda de la imagen). (1) Esófago craneal, (2) esófago caudal, (3) cámara anterior, (4) cámara principal, (5) porción pilórica, (6) ampolla duodenal, (7) duodeno descendente, (8) yeyuno, (9) comienzo de la parte proximal del intestino grueso, (10) parte media del intestino grueso, (11) dilatación o ampolla cólica, (12) parte distal del intestino grueso.

4.3 Estómago: cámara anterior

La cámara anterior presentaba una forma ovalada (Figura 6) y estaba revestida internamente por una mucosa de color blanquecino con abundantes pliegues. La mucosa se encontraba revestida por un epitelio estratificado escamoso altamente queratinizado, con una muscular de la mucosa discontinua y sin glándulas en la capa submucosa (Figura 8A). La capa muscular era muy gruesa, formada por músculo liso y sin que se definieran con claridad el número de estratos que la formaban. No se observaron agregados de tejido linfóide asociado a la mucosa en las secciones analizadas. La transición entre la cámara anterior y la principal se observó como un cambio abrupto, pasando de un epitelio estratificado escamoso queratinizado a un epitelio glandular típico de estómago (Figura 8B).

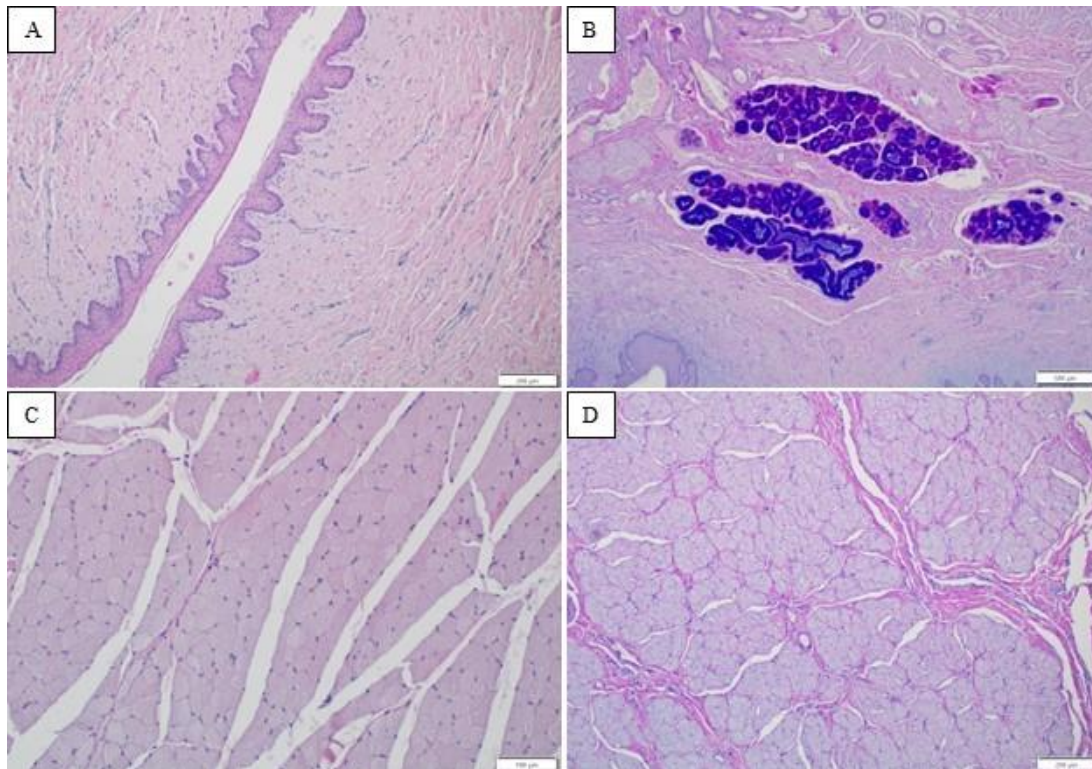


Figura 7. A: Sección transversal del esófago craneal: mucosa revestida con un epitelio estratificado plano queratinizado. **B:** Sección transversal del esófago caudal: glándulas de naturaleza mixta en la propia-submucosa. **C:** Sección transversal de las fibras musculares estriadas de la capa muscular del esófago craneal. **D:** Sección transversal de las fibras musculares lisas pertenecientes a la capa muscular del esófago caudal. Tinciones: Hematoxilina-Eosina (A, C y D), PAS-azul alcian (B). Barras: 200 μm (A y D), 500 μm (B), 100 μm (C).

4.4 Estómago: cámara principal

La cámara principal era la de mayor tamaño y tenía una morfología alargada (Figura 6). Comunicaba con la cámara anterior a través de una amplia abertura y con la cámara de conexión a través de un orificio de menor tamaño. La mucosa de esta cámara era de color rojizo y presentaba pliegues gruesos.

Histológicamente, su mucosa estaba revestida por un epitelio simple cilíndrico formado por células mucosas que se invaginaba para formar glándulas gástricas en la lámina propia. Las glándulas estaban compuestas por células parietales muy numerosas y células principales, además de células mucosas en el cuello. Al realizar la tinción PAS-azul alcian resultó llamativa la secreción de estas células mucosas del cuello, ya que cerca de la luz contenían mucoproteínas neutras (teñidas de color morado) y más en profundidad mucoproteínas ácidas (teñidas de color azul) (Figura 8C). En la submucosa se observaron numerosos vasos de recorrido tortuoso y la capa muscular estaba formada por un estrato interno que se evidenciaba claramente, no tanto el estrato externo. No se observó tejido linfoide asociado a la mucosa.

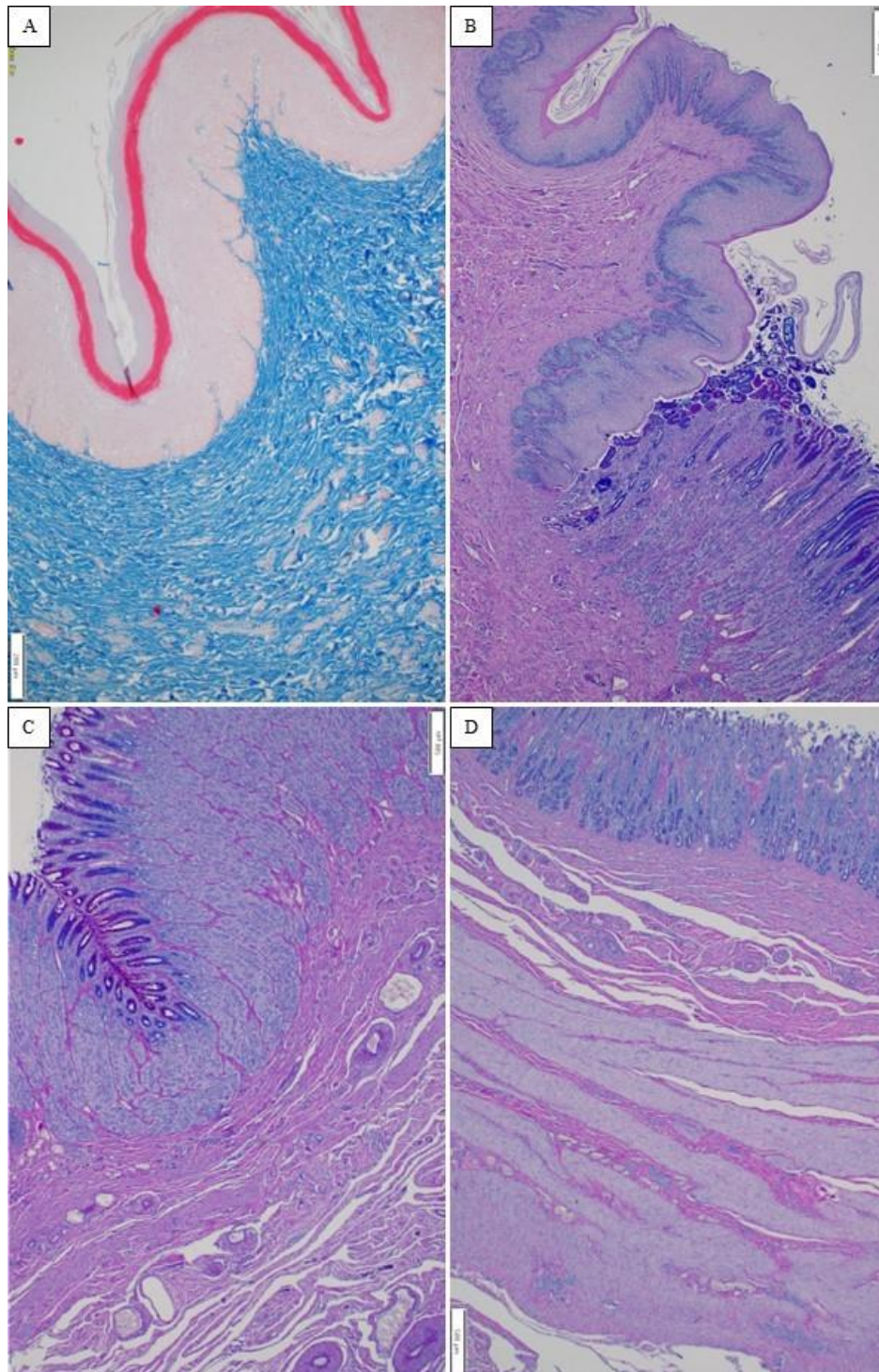


Figura 8. **A:** Sección transversal de la cámara anterior: epitelio estratificado escamoso altamente queratinizado; lámina propia de la mucosa y capa submucosa sin glándulas. **B:** Sección transversal de la zona de transición entre la cámara anterior y la principal. **C:** Sección transversal de la cámara principal: epitelio simple cilíndrico y glándulas gástricas en la lámina propia. El epitelio de revestimiento y las células mucosas del cuello de las glándulas secretan mucoproteínas neutras (color morado) y más en profundidad mucoproteínas ácidas (color azul). La submucosa se encuentra muy vascularizada. **D:** Sección transversal de la porción pilórica: epitelio de revestimiento y glándulas mucosas. La capa muscular está muy desarrollada. Tinciones: OMSB (A), PAS-azul alcian (B, C y D). Barras: 200 μm (A), 500 μm (B, C y D).

4.5 Estómago: cámara de conexión

La cámara de conexión era un conducto estrecho con un recorrido en forma de “S” que conectaba la cámara principal con la porción pilórica a través de unas pequeñas aberturas. La mucosa presentaba algunos surcos transversales y pliegues longitudinales, y un color más claro que la cámara principal.

Histológicamente, las capas mucosa y submucosa eran iguales a las de la cámara principal. Sin embargo, sí se diferenciaban claramente los estratos interno y externo de la capa muscular. No se observó tejido linfóide asociado a la mucosa.

4.6 Estómago: porción pilórica

Externamente, la porción pilórica no era fácil de delimitar de la ampolla duodenal por estar parcialmente superpuestas (Figura 6). Internamente su mucosa mostraba pliegues longitudinales de poca altura, menos llamativos que los de las cámaras anterior y principal; uno de esos pliegues atravesaba el orificio pilórico hacia la ampolla duodenal.

Histológicamente, las glándulas gástricas presentes en este compartimento eran las propias de la porción pilórica de los mamíferos domésticos, es decir, compuestas por células mucosas. La submucosa estaba muy vascularizada y los dos estratos musculares de la capa muscular muy desarrollados (Figura 8D). Tampoco se observaron agregados de tejido linfóide en esta cámara del estómago.

4.7 Intestino delgado: duodeno

El intestino delgado comenzaba con una gran dilatación, la ampolla duodenal. Esta dilatación tenía mayor longitud que la porción pilórica, aunque externamente no se podía establecer el límite entre ambas (Figura 6). La mucosa presentaba unos pocos pliegues longitudinales de escasa altura; donde finalizaba la dilatación y continuaba el duodeno con un menor diámetro se observaban algunos pliegues de la mucosa intercomunicados entre sí en todas las direcciones del espacio.

Histológicamente, en las muestras analizadas la mucosa de la ampolla duodenal había perdido el epitelio de revestimiento, pero la lámina propia presentaba glándulas ramificadas en profundidad. Las glándulas eran tubulares y enrolladas, compuestas por células mucosas; al realizar la tinción PAS-azul alcián se observó que su secreción era ácida (azulada) en la parte apical de las glándulas y básica (rosada) en profundidad (Figura 9A). Una muscular de la mucosa discontinua separaba la mucosa de la capa submucosa, esta última muy poco desarrollada excepto a nivel de los pliegues (Figura 9B). Los dos estratos de la capa muscular se diferenciaban con claridad (Figura 9C). No se observó tejido linfóide asociado a la mucosa.

En la zona inicial de duodeno tras la ampolla duodenal, la pared y los pliegues presentaban dos tipos de mucosa (Figura 9D): unos pliegues estaban revestidos con una mucosa similar a la de la porción pilórica, mientras que otros pliegues y las paredes presentaban una mucosa típica de intestino delgado con vellosidades y glándulas intestinales. El duodeno situado más distalmente a esta zona de transición presentaba ya únicamente una mucosa típica de intestino delgado, pero la luz del órgano estaba ocupada por un pliegue largo y estrecho que se unía en varios puntos a la pared y que estaba formado por mucosa y submucosa (Figura 10A). El epitelio de revestimiento de las vellosidades intestinales estaba descamado y la luz del órgano llena de restos celulares. En las glándulas intestinales de la lámina propia predominaban las células mucosas; mediante la tinción PAS-azul alcián se observó la presencia de una secreción mixta de estas glándulas, siendo neutra (morada) en la parte apical y más básica (rosada) en profundidad (Figura 10B). No se identificó la muscular de la mucosa. En la capa muscular ambos estratos estaban desarrollados, pero mucho más el estrato circular interno que el longitudinal externo (Figura 10C). Tampoco se identificó tejido linfoide asociado a la mucosa.

4.8 Intestino delgado: yeyuno

Macroscópicamente el yeyuno se diferenció del duodeno por formar numerosas asas (Figura 6). El contenido intestinal en el tramo final del yeyuno ya empezaba a adquirir una tonalidad negruzca, característico de esta especie (Figura 11A).

Histológicamente, la mucosa presentaba vellosidades más largas y estrechas que en el duodeno (Figura 11B), y los pliegues ramificados, formados por las capas mucosa y submucosa, no ocupaban toda la luz del órgano. El epitelio de revestimiento de las vellosidades se había descamado. Las células mucosas, muy numerosas en el fondo de las glándulas intestinales en los tramos iniciales del yeyuno, iban disminuyendo su número distalmente. En la capa submucosa resultó llamativa la presencia de tejido adiposo en su parte más profunda (Figura 11C). En la capa muscular, el estrato más desarrollado volvía a ser el interno circular. No se observó tejido linfoide asociado a la mucosa.

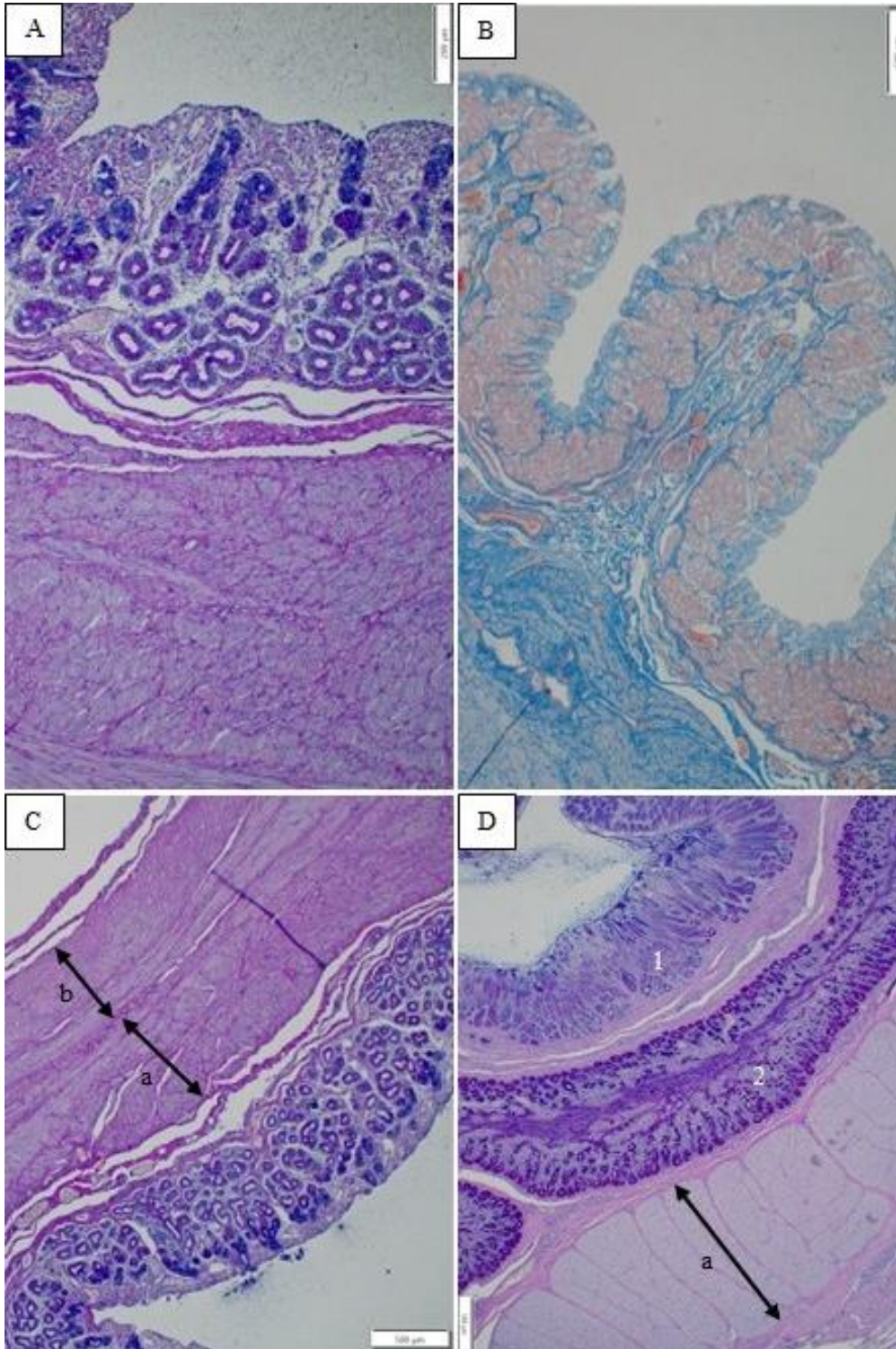


Figura 9. Secciones transversales de la ampolla duodenal de KBR F 229. **A:** Sección sin pliegues: se ha perdido el epitelio de revestimiento, la lámina propia contiene glándulas tubuloalveolares ramificadas y la capa submucosa es muy delgada. En la parte apical de las glándulas hay una secreción ácida (azul), mientras que en profundidad es neutra o básica (rosa). **B:** Sección con pliegues: submucosa altamente vascularizada y con fibras musculares lisas de la muscular de la mucosa. **C:** Capas musculares interna (a) y externa (b) de igual grosor. **D:** Sección de la zona más caudal de la ampolla duodenal: se observa un pliegue revestido por un lado con mucosa similar a la de la cámara pilórica (1) y por el otro lado y en la pared del órgano con mucosa típica de intestino delgado con vellosidades (2); destaca el gran desarrollo del estrato muscular interno de la capa muscular. Tinciones: PAS-azul alcian (A, C y D), OMSB (B). Barras: 200 μ m (A), 500 μ m (B, C y D).

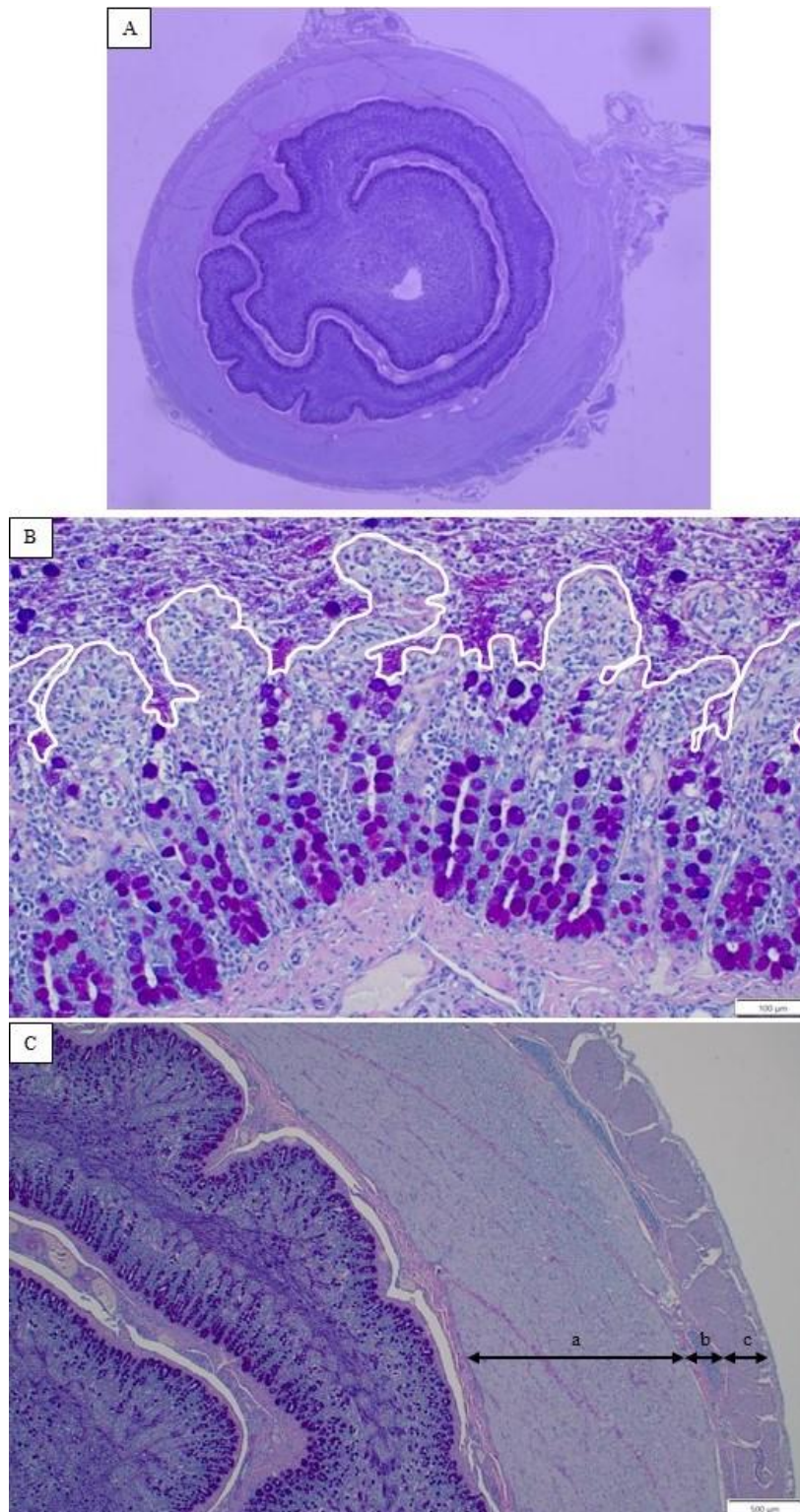


Figura 10. Secciones transversales del duodeno de KBR F 229. **A:** Sección transversal completa donde se observa un gran pliegue espiral estrecho unido en dos puntos a la pared del órgano; la luz del duodeno está ocupada por detritus celulares. Foto realizada con un estereomicroscopio óptico. **B:** Vellosidades de la mucosa duodenal (delimitando su longitud con una línea blanca). Con la tinción PAS-azul alcian se observa una secreción mixta en las glándulas, siendo neutra (morada) en la parte apical y a medida que se avanza hacia la base se vuelve más básica (rosada). **C:** El estrato circular interno (a) está mucho más desarrollado que el longitudinal externo (c), y entre ellos se observa el plexo mientérico (b). Tinción: PAS-azul alcian. Barras: 100 μm (B), 500 μm (C).

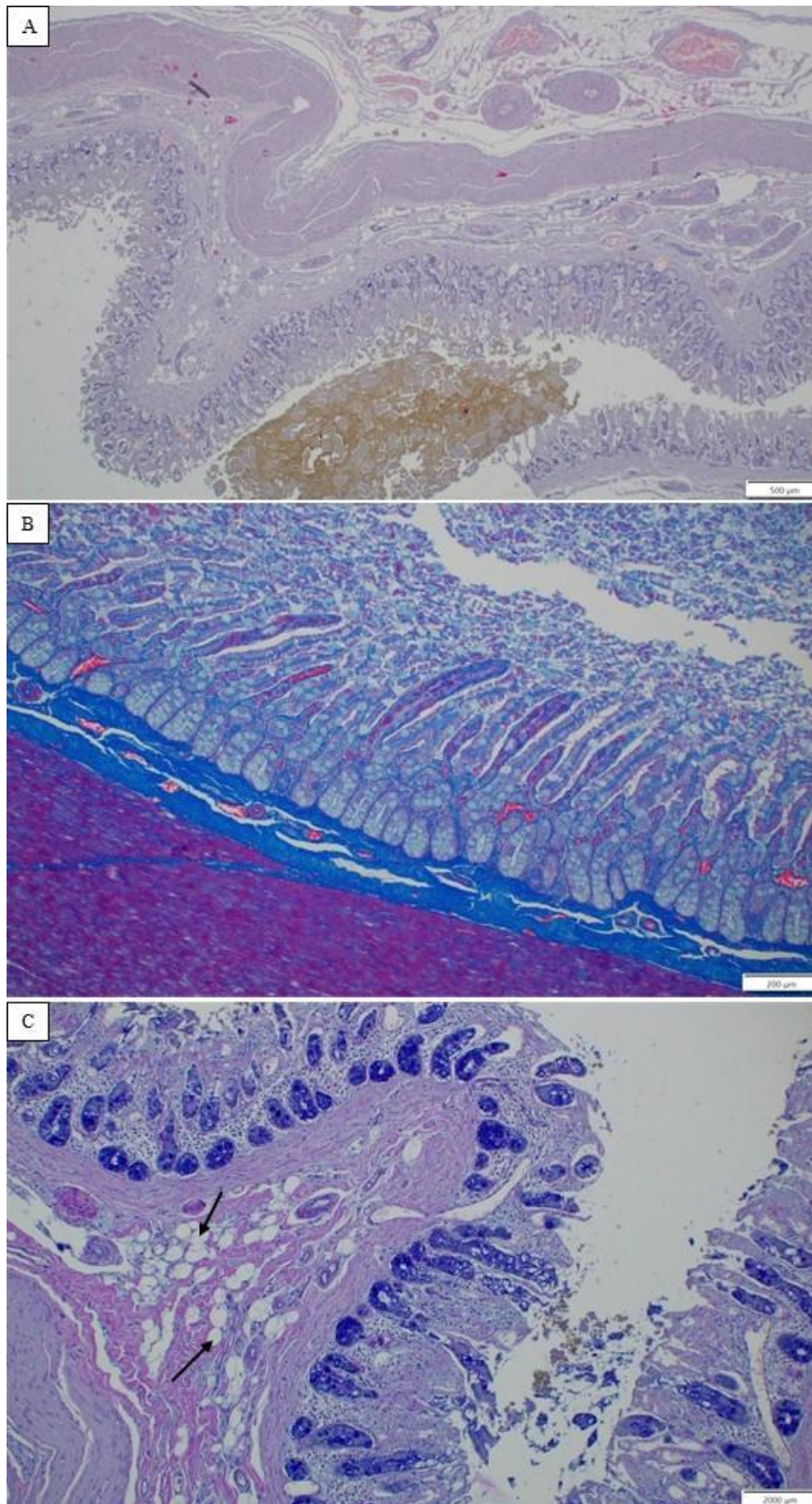


Figura 11. Secciones transversales del yeyuno de KBR F 229. **A:** Aspecto general del órgano; se aprecie una capa submucosa gruesa y muy vascularizada, y el gran desarrollo del estrato circular interno de la capa muscular. En la luz intestinal se aprecia un contenido marrón-anaranjado. **B:** Mucosa con vellosidades y glándulas compuestas por células mucosas. **C:** Capa submucosa muy desarrollada y con tejido adiposo en profundidad (flechas). Tinciones: Hematoxilina-Eosina (A), Azán (B), PAS-azul alcian (C). Barras: 500 µm (A), 200 µm (B), 2000 µm (C).

4.9 Intestino grueso: parte proximal del colon

Resultó difícil establecer el límite entre el final del intestino delgado y el comienzo del intestino grueso ya que esta especie no presenta ciego; tampoco se pudo definir la existencia de íleon al no encontrar un pliegue peritoneal de conexión entre tramos de intestino ni tejido linfoide asociado (placas de Peyer). El inicio del intestino grueso se observó como un incremento del diámetro intestinal y, a la palpación, por un considerable incremento de la consistencia del contenido. Este tramo de intestino era largo y formaba asas que se diferenciaban claramente de las yeyunales (Figura 6). Tras la apertura, el contenido era negruzco y pastoso, y la mucosa no presentaba pliegues evidentes, aunque era difícil de valorar por estar adherido el contenido intestinal a su superficie.

Histológicamente la mucosa presentaba una organización típica de intestino grueso con un epitelio de revestimiento cilíndrico simple y glándulas tubulares simples en la lámina propia. En la base de las glándulas aparecían células mucosas de secreción ácida, pero su número se reducía hacia la superficie. Resultó llamativo el sistema de sellado a nivel del cuello de estas glándulas, encajando las superficies celulares enfrentadas; en esta zona de sellado la secreción era neutra, mientras que más en profundidad era ácida (Figura 12). No se observó muscular de la mucosa. La capa submucosa presentaba abundante tejido adiposo y el estrato muscular interno estaba muy desarrollado. Tampoco se observó tejido linfoide asociado a la mucosa.

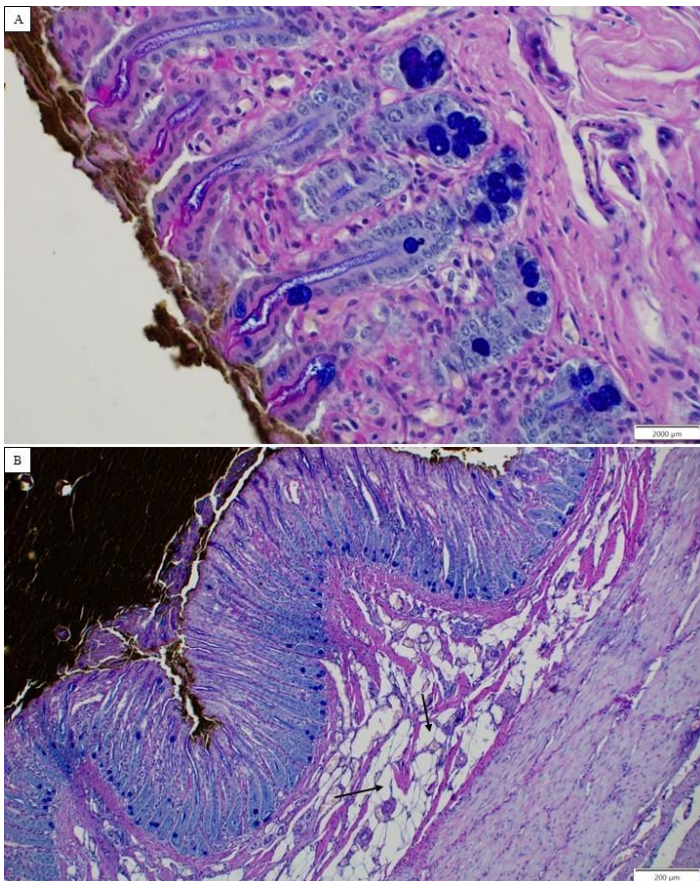


Figura 12. Secciones transversales de colon proximal de KBR F 229. **A:** Detalle de las glándulas intestinales, tubulares simples con células mucosas de secreción ácida sobre todo en su parte más profunda. La parte apical del cuello de las glándulas forma un sistema de sellado donde la secreción es ácida en profundidad y básica y/o neutra cerca de la luz. **B:** Capas mucosa, submucosa y estrato muscular interno circular. Se observa el abundante tejido adiposo (flechas) en la capa submucosa y el contenido negruzco de la luz del órgano. Tinción: PAS-azul alcian. Barras: 2000 µm (A), 200 µm (B).

4.10 Intestino grueso: parte media del colon

Macroscópicamente se diferenció esta porción del intestino grueso por ser un tramo corto dispuesto entre las asas cólicas y la dilatación posterior (Figura 6). El aspecto de la mucosa fue imposible de valorar por estar adherido el contenido negruzco a su superficie, contenido que presentaba una consistencia menos dura que en el tramo previo.

Histológicamente su mucosa se caracterizó por presentar un epitelio de revestimiento pseudoestratificado cilíndrico bajo que se invaginaba periódicamente en la lámina propia para formar glándulas intestinales tubulares simples, cortas y con la luz prácticamente cerrada; las glándulas estaban formadas también por células cilíndricas bajas (Figura 13) con escasas células mucosas que, de estar presentes, se localizaban en la parte más profunda de las glándulas. Se distinguió una muscular de la mucosa discontinua. La capa submucosa contenía tejido adiposo y, en la capa muscular, el estrato circular interno era el más desarrollado. Llamó la atención el gran grosor de la capa serosa (Figura 14A). No se observó tejido linfoide asociado a la mucosa.

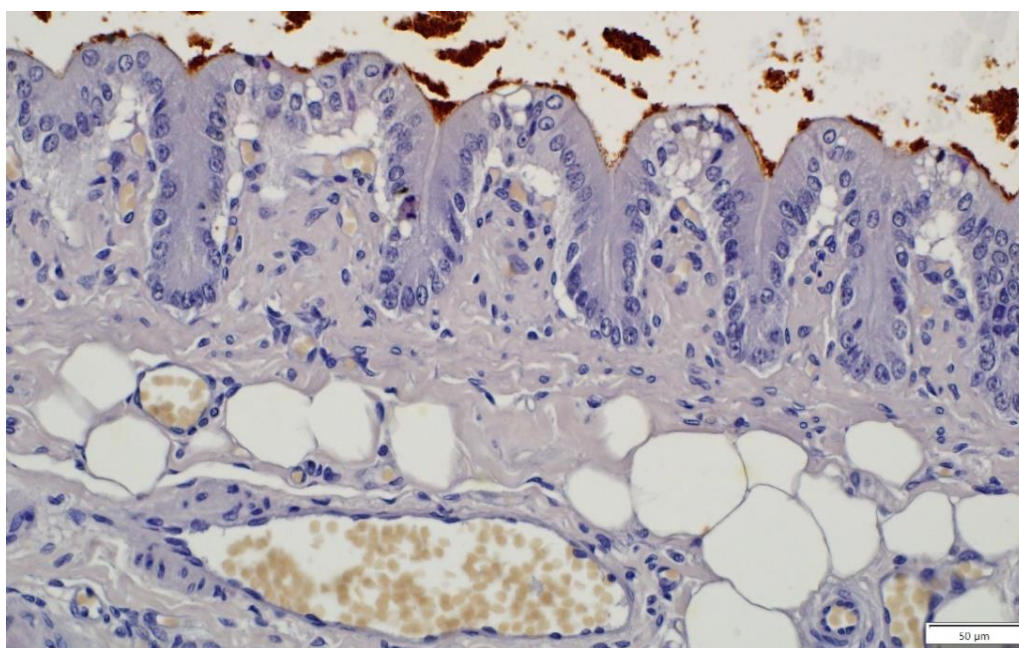


Figura 13. Sección transversal de la parte media del colon de KBR F 229. Epitelio pseudoestratificado cilíndrico bajo que forma glándulas tubulares simples cortas en la lámina propia. Tinción: Hematoxilina-Eosina. Barra: 50 µm.

4.11 Intestino grueso: dilatación o ampolla cólica

El colon se dilataba para formar una ampolla de gran longitud y diámetro (Figura 6). En nuestro ejemplar, esta dilatación se encontraba llena de contenido negruzco, denso y pegajoso —en volumen más de 2 l— que no dejaba observar el aspecto de la superficie de la mucosa.

Microscópicamente la estructura de esta ampolla cólica era similar al tramo anterior, salvo por la presencia de pliegues longitudinales ocasionales, algunos largos, que se proyectaban hacia la luz del órgano y estaban formados por las capas mucosa y submucosa (Figura 14B). El epitelio de revestimiento era, por tanto, pseudoestratificado cilíndrico bajo y formaba glándulas tubulares simples y cortas en la lámina propia, con escasas células mucosas situadas en profundidad. La muscular de la mucosa estaba muy desarrollada y se introducía en los pliegues acompañando a la capa submucosa. En la capa submucosa no se observó tejido adiposo. Ambos estratos de la capa muscular estaban desarrollados por igual y la capa serosa era gruesa (Figura 14B). No se observó tejido linfóide asociado a la mucosa.

4.12 Intestino grueso: colon distal

Este era el último tramo del intestino grueso, continuación de la ampolla cólica pero con diámetro reducido (Figura 6).

Histológicamente presentaba la misma organización que el tramo anterior. Como única diferencia, el estrato muscular externo de la capa muscular estaba más desarrollado que el interno. Tampoco se observó tejido linfóide asociado a la mucosa (Figura 14C).

4.13 Esfínteres en venas

Durante el examen externo del tubo digestivo llamó la atención la existencia de venas superficiales con aspecto arrosariado o moniliforme sobre la serosa y en el peritoneo de conexión de todo el canal alimentario, desde el esófago hasta el colon distal (Figura 15).

Histológicamente observamos que estas venas presentaban esfínteres musculares y que, además, no solo había grandes venas con esfínteres en las serosas, sino que sus tributarias de todos los calibres situadas en los órganos también los tenían. Por tanto, observamos esfínteres en un gran número de venas localizadas en todas las capas de los órganos, incluso en las pequeñas venas de la capa mucosa. Los esfínteres musculares se configuraban como incrementos puntuales de la capa muscular, con fibras musculares lisas dispuestas perpendicularmente a la luz de la vena, reduciendo la luz del vaso (Figura 16).

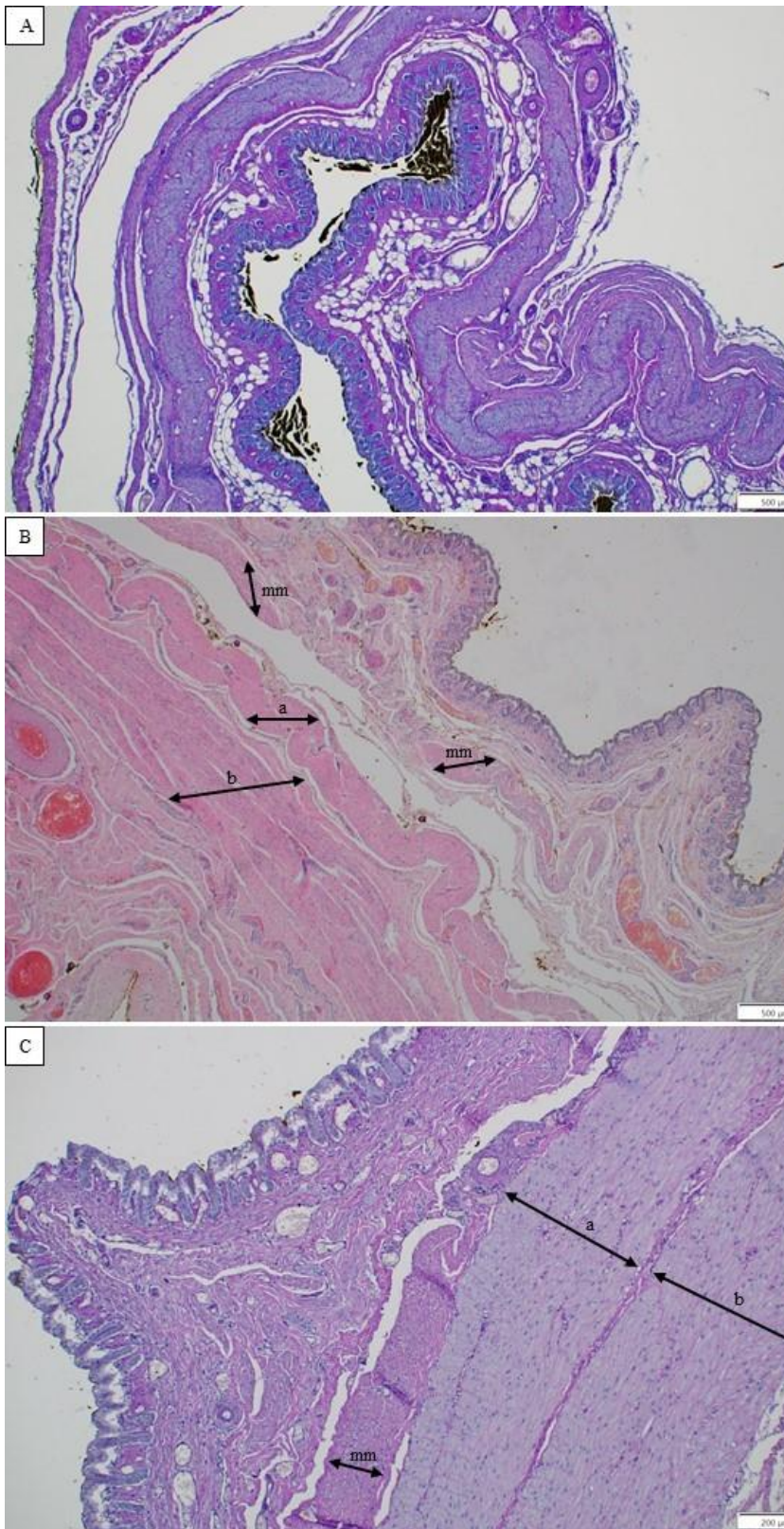


Figura 14. Secciones transversales de parte media del colon (A), ampolla cólica (B) y colon distal (C) de KBR F 229. **A:** Epitelio pseudoestratificado cilíndrico bajo, tejido adiposo en la submucosa, capa muscular interna más desarrollada que la muscular externa y serosa gruesa. **B:** Muscular de la mucosa muy desarrollada (mm) y no hay tejido adiposo en la capa submucosa. Los estratos musculares interno (a) y externo (b) están muy desarrollados. **C:** Ausencia de tejido adiposo en la capa submucosa, muscular de la mucosa (mm) muy desarrollada junto con los estratos musculares interno (a) y externo (b). Tinciones: PAS-azul alcian (A y B), Hematoxilina-Eosina (C). Barras: 500 μm (A y B), 200 μm (C).

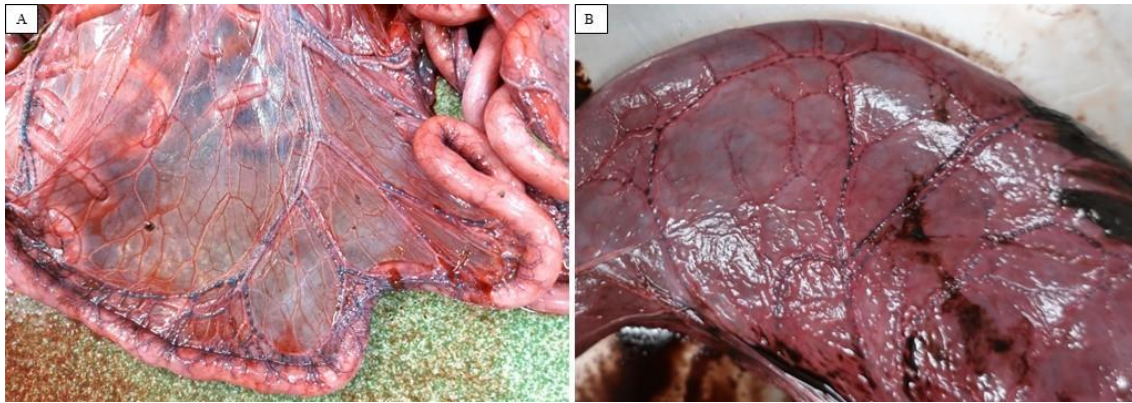


Figura 15. Vasos de apariencia moniliforme en mesoyeyuno y asas yeyunales (A) y en la ampolla cólica (B) de KBR F 229.

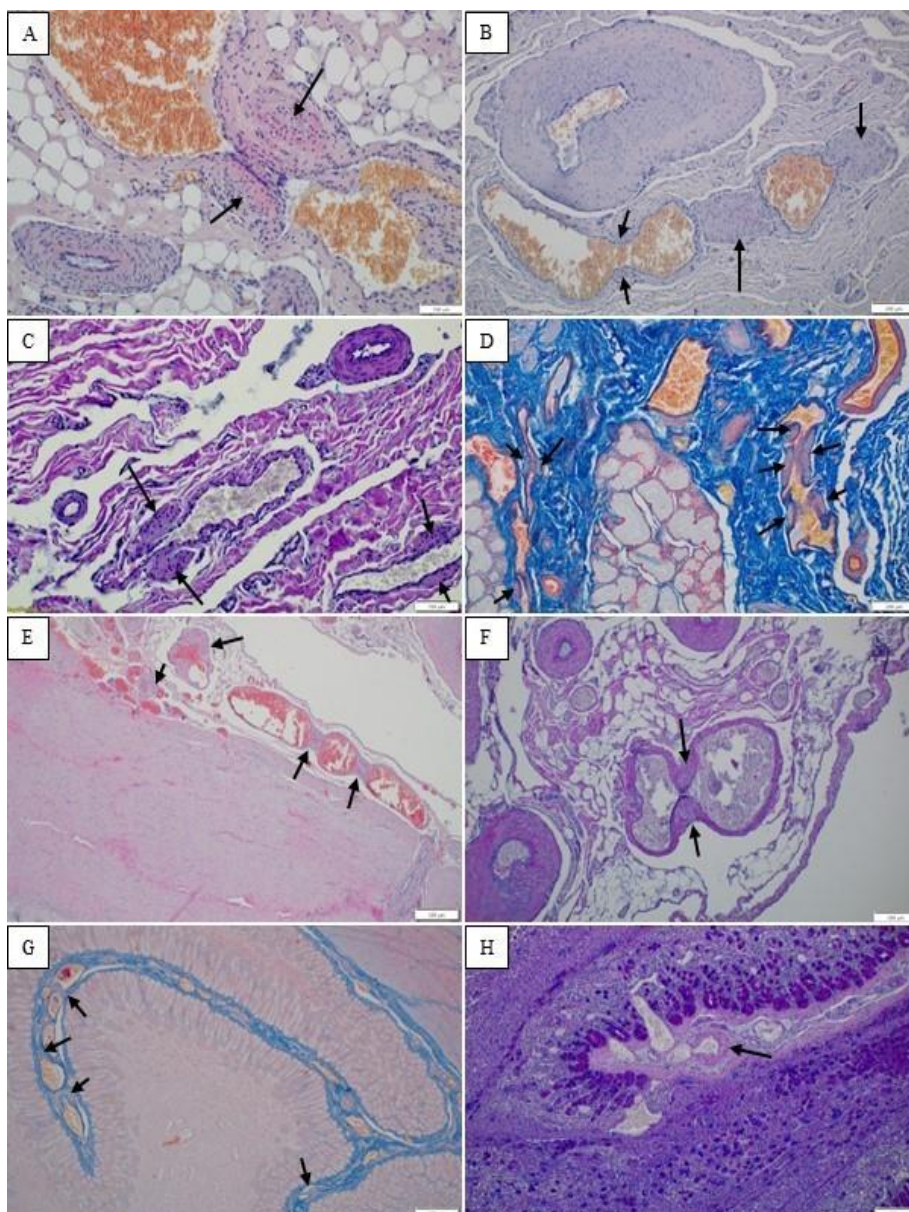


Figura 16. Secciones longitudinales de las venas con esfínteres observadas a lo largo del canal alimentario de KBR F 229. **A, B, C y D:** Venas con esfínteres musculares (flechas) en la capa submucosa. **E y F:** Venas con esfínteres musculares en la capa serosa. **G y H:** Venas con esfínteres musculares en la capa submucosa de un pliegue yeyunal. Tinciones: Hematoxilina-Eosina (A, B y E), PAS-azul alcian (C, F y H), OMSB (D y G). Barras: 100 μ m (A y C), 200 μ m (B, D, F y H), 500 μ m (E y G).

5. DISCUSIÓN

El cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*) es un cetáceo odontoceto bastante desconocido debido a su biología ya que, al habitar aguas profundas y tener un comportamiento esquivo y solitario, la mayor parte de lo que sabemos de la especie deriva del estudio de cadáveres que varan en las costas (Bloodworth & Odell, 2008; McAlpine, 2018; Plön, 2004). A nivel histológico tan solo se han estudiado cuatro estructuras singulares del cachalote pigmeo: la glándula branquial cervical (Keenan *et al.*, 2021), los folículos pilosos faciales (Lamas *et al.*, 2023), la parte de la cavidad nasal implicada en la ecolocalización (Thornton *et al.*, 2015) y el estómago (Rice & Wolman, 1990). La razón que explica la falta de estudios microscópicos en esta especie radica en la escasez de cadáveres frescos que permitan llevar a cabo un estudio exhaustivo, ya que normalmente los cadáveres arriban a las costas en avanzado estado de putrefacción. En este Trabajo de Fin de Grado tuvimos la oportunidad de realizar un estudio histológico sobre el tubo digestivo de un cachalote pigmeo que varó vivo y tuvo que ser eutanasiado; aunque la toma de muestras se realizó rápidamente, algunos tramos de intestino ya mostraban signos de autólisis, lo que subraya la dificultad para llevar a cabo el estudio histológico del tubo digestivo de cualquier especie. Además de que este trabajo supone la primera descripción detallada de la histología del tubo digestivo del cachalote pigmeo, su ejecución permitió identificar unas especializaciones vasculares nunca descritas en ninguna especie de mamífero terrestre o marino: venas con esfínteres musculares en todo su canal alimentario.

La lengua del cachalote pigmeo adulto analizado en este estudio carecía de especializaciones de la mucosa del dorso más allá del aspecto arrugado de su parte caudal y la presencia en esta misma zona de un escaso número de orificios de desembocadura de glándulas salivales menores. En muchas especies de delfínidos, pero también en marsopa común (*Phocoena phocoena*), beluga (*Delphinapterus leucas*) y zifio común (*Ziphius cavirostris*), se ha descrito la ocurrencia de un pequeño número de criptas en el límite entre cuerpo y raíz de la lengua, normalmente dispuestas en “V” con el vértice apuntando hacia caudal separando cuerpo de raíz, unas estructuras muy llamativas, pero sin función determinada (Ferrando *et al.*, 2010; Repullés, 2022; Yamasaki *et al.*, 1978). En este sentido la lengua del cachalote pigmeo se asemeja más a la de especies de delfines de río como el delfín del Amazonas (*Inia geoffrensis*), delfín del Ganges (*Platanista gangetica*) y delfín de La Plata (*Pontoporia blainvillei*), donde no se ha observado la existencia de tales criptas (Yamasaki *et al.*, 1976). En lo que se refiere a las glándulas salivales menores, en nuestro ejemplar se apreciaban muy pocos orificios de desembocadura a simple vista y solo en el tercio caudal de la lengua y en la orofaringe; histológicamente se observaron glándulas de naturaleza mucosa que, aunque en escaso número, eran más abundantes en la propia-submucosa de la orofaringe que en el tercio caudal de la lengua. Yamasaki *et al.* (1976) sugirieron que la densidad de glándulas salivales y, por tanto, la

cantidad de saliva necesaria para deglutir podría estar relacionada con el estilo de alimentación, mientras que Ferrando *et al.* (2010) lo vincularon con la textura de sus principales presas. Es probable que ambos factores influyan en la cantidad de glándulas salivales menores. Por ejemplo, las especies raptorales y/o piscívoras, como la mayoría de los delfínidos, necesitan una gran cantidad de saliva y por tanto su lengua está dotada de un elevado número de glándulas por prácticamente toda su mucosa excepto en el tercio rostral; por el contrario, las especies que atrapan sus presas por succión y/o teutófagas, como marsopas, zifios, calderones y, como hemos visto en este estudio, el cachalote pigmeo, apenas presentan glándulas salivales en la lengua o están restringidas a su raíz.

El esófago del cachalote pigmeo presentaba un epitelio estratificado escamoso queratinizado, la muscular de la mucosa estaba reducida a algunas fibras musculares dispersas e inconstantes y, aunque escasas, contenía glándulas seromucosas en la parte más profunda de la propia-submucosa. Esta estructura contrasta con lo descrito en especies de delfínidos (*Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*), donde el esófago está revestido internamente por un epitelio estratificado escamoso no queratinizado, una muscular de la mucosa gruesa y bien definida, y sin glándulas en la submucosa (Harrison *et al.*, 1970; Simpson & Gardner, 1972). De nuevo la estructura microscópica esófago del cachalote pigmeo se parece más a especies de delfines de río como el delfín del Ganges (*Platanista gangetica*) (Yamasaki *et al.*, 1971), pero la presencia de glándulas seromucosas en la submucosa no ha sido descrita previamente en ninguna otra especie de odontoceto.

En cuanto al estómago del cachalote pigmeo, nuestras observaciones macroscópicas y microscópicas completan las realizadas para la especie por Rice y Wolman (1990) y, microscópicamente, coinciden con las reportadas para otras especies de odontocetos (Harrison *et al.*, 1970; Yamasaki *et al.*, 1974). Los aspectos más llamativos del estómago policavitario y complejo del cachalote pigmeo fueron: la transición brusca entre el epitelio estratificado plano queratinizado de la cámara anterior y el epitelio glandular de la cámara principal; la abundancia de células parietales en las glándulas gástricas de la cámara principal; la cámara de conexión revestida por una mucosa similar a la de la cámara principal; y la existencia de un pliegue de mucosa que pasaba de la porción pilórica a la ampolla duodenal atravesando el orificio pilórico. Según nuestras observaciones macro- y microscópicas, la mucosa de la cámara de conexión era similar a la de la cámara principal, pero tanto Rice y Wolman (1990) en el cachalote pigmeo como otros autores en delfín mular, delfín común, delfín listado y franciscana (Harrison *et al.*, 1970; Yamasaki *et al.*, 1974) describen este compartimento con una mucosa similar a la de la porción pilórica, con glándulas gástricas mucosas en la lámina propia. A diferencia del material empleado por Rice y Wolman (1990), nuestras muestras estaban bien conservadas, con pocos

cambios debidos a la autolisis, lo que permitió observar detalles que no habían sido descritos antes en el estómago del cachalote pigmeo.

La ampolla duodenal es una dilatación de la parte proximal del duodeno presente en muchas especies de odontocetos (Cozzi *et al.*, 2017), entre ellas el cachalote pigmeo (Rice & Wolman, 1990). En el estudio de Rice y Wolman (1990) las muestras estaban deterioradas y no pudieron determinar en detalle el revestimiento mucoso, más allá de la presencia de glándulas mucosas en la lámina propia y la ausencia de glándulas en la submucosa. En delfínidos se describe la ampolla duodenal revestida de una mucosa similar al resto del duodeno (Harrison *et al.*, 1977), pero en nuestras muestras, aunque deterioradas ya que se había perdido prácticamente todo el epitelio de revestimiento, no se observaron vellosidades ni glándulas intestinales típicas, sino una lámina propia repleta de unas glándulas mucosas tubuloalveolares que se ramificaban en profundidad, coincidiendo con la escasa descripción de Rice y Wolman (1990). Nuestras observaciones también coinciden con la descripción histológica realizada en la ampolla duodenal del delfín del Ganges (*Platanista gangetica*) (Takahashi & Yamasaki, 1972) y de la franciscana (*Pontoporia blainvillei*) (Yamasaki *et al.*, 1975).

La continuación de la ampolla duodenal hacia el duodeno propiamente dicho en el cachalote pigmeo se caracterizó por un cambio brusco de diámetro y la presencia de unos complejos pliegues de la mucosa hacia la luz del órgano. De acuerdo con Cave (1982), esta estructura forma un septo duodenal que funciona a modo de válvula esfintérica. En esta región de tránsito encontramos una mucosa mixta: las paredes revestidas de mucosa típica de intestino delgado y los pliegues que ocupaban la luz del órgano con mucosa de intestino delgado y mucosa similar a la de la porción pilórica del estómago. No existe ninguna descripción similar en la literatura, por lo que esta zona probablemente tiene una función importante en el canal alimentario del cachalote pigmeo, tanto regulando el tránsito como en su aportación glandular.

El resto del duodeno del cachalote pigmeo estaba revestido por mucosa típica de este tramo, es decir, con vellosidades (sin epitelio de revestimiento en nuestras muestras) y con glándulas intestinales tubulares formadas por células mucosas. Resultó llamativa la presencia de un pliegue estrecho soportado por submucosa y revestido de mucosa que recorría longitudinalmente la luz del órgano. En la franciscana también se ha comunicado la existencia de un pliegue de mucosa longitudinal ininterrumpido que comenzaba a unos 10 cm de la ampolla duodenal y llegaba hasta el final del íleon (Yamasaki *et al.*, 1975), y en otros delfínidos se ha descrito la presencia de una mucosa intestinal muy plegada, pero sin concretar los tramos (Cozzi *et al.*, 2017).

En el yeyuno la mucosa mostraba vellosidades más largas y estrechas que en el duodeno y los pliegues de mucosa y submucosa ya no ocupaban toda la luz del órgano. Lo más llamativo en

este tramo de intestino fue la aparición de tejido adiposo en la capa submucosa, grasa que se observaba también en tramos más distales y, sobre todo, la disminución gradual del número de células mucosas en el fondo de las glándulas intestinales, ya que normalmente se produce un aumento de su número conforme se avanza hacia el intestino grueso (Simpson & Gardner, 1972; Yamasaki *et al.*, 1975). Respecto a la longitud de las vellosidades, más largas en yeyuno que en duodeno, nuestras observaciones coinciden con las realizadas por Takahashi y Yamasaki (1972) en el delfín del Ganges.

La diferenciación entre intestino delgado y grueso se realizó en base a un leve incremento del diámetro y a un considerable aumento de la consistencia del contenido, ya que al no tener referencias topográficas no pudimos establecer cambios de posición en la cavidad abdominal, estructuras peritoneales de conexión o ramas vasculares. El contenido intestinal en el colon proximal era muy oscuro y pastoso, quedando adherido a la mucosa intestinal e impidiendo observar sus detalles a simple vista. En este tramo de intestino la mucosa era muy parecida a la típica de intestino grueso, con ausencia de vellosidades y con un epitelio de revestimiento cilíndrico simple que se introducía en la lámina propia formando glándulas tubulares simples (Simpson & Gardner, 1972). Sin embargo, apenas aparecían células mucosas, tan solo en la parte más profunda de las glándulas intestinales, lo que contrasta con las descripciones histológicas del intestino grueso en mamíferos terrestres o en las pocas especies de odontocetos estudiadas (Simpson & Gardner, 1972; Yamasaki *et al.*, 1975). También resultó llamativa la morfología del cuello de las glándulas intestinales en este tramo de intestino, ya que parecían configurar un sistema de sellado al encajar entre sí las superficies celulares enfrentadas. Para determinar exactamente la organización celular de estas glándulas y poder plantear una hipótesis acerca de su significado funcional sería necesario realizar estudios complementarios, como un panel inmunohistoquímico y microscopía electrónica de transmisión.

No pudimos observar el punto exacto de cambio de la mucosa, pero las muestras del canal alimentario desde el siguiente tramo de intestino grueso, la parte media del colon, hasta el final mostraron una estructura histológica no descrita en ninguna especie de mamífero: un epitelio de revestimiento pseudoestratificado cilíndrico bajo que se invaginaba periódicamente en la lámina propia para formar glándulas intestinales tubulares simples cortas, con la luz ocluida y con escasas células mucosas situadas en profundidad. Esta modificación de la estructura intestinal era mucho más llamativa en la dilatación que presentaba el siguiente tramo, la ampolla cólica. Aquí la mucosa, acompañada por la submucosa y por una muscular de la mucosa evidente, formaba pliegues longitudinales hacia la luz del órgano y estaba revestida por el epitelio pseudoestratificado que formaba glándulas cortas; en la submucosa no se observó tejido adiposo y la capa muscular presentaba un gran desarrollo de ambos estratos. El colon distal era similar a la ampolla, salvo por su menor diámetro y el mayor desarrollo del estrato muscular externo.

Otro hallazgo llamativo de las porciones media y distal del colon y también de la ampolla cólica fue el gran grosor de su membrana serosa, reforzada por una gruesa capa de tejido conectivo denso en profundidad al mesotelio.

Las técnicas histológicas llevadas a cabo en este trabajo no permitieron determinar la naturaleza del epitelio pseudoestratificado cilíndrico bajo ni la función de las glándulas, sería necesario ampliar el estudio a otras metodologías. Sin embargo, la luz ocluida de las glándulas y la escasez de células mucosas sugiere que no se trata de un epitelio cuya función principal sea absorber o secretar, sino más bien proporcionar aislamiento/protección a capas profundas de la mucosa frente al contenido luminal; es posible incluso que esa organización del epitelio de revestimiento permita a la mucosa su adaptación a cambios importantes de volumen en estos tramos del intestino. El exagerado grosor de la membrana serosa también da sostén a la idea de que estos tramos de intestino están sometidos a grandes cambios de volumen, mientras que el gran desarrollo de la capa muscular aporta consistencia a la pared y permite la movilización del contenido.

La capacidad de las dos especies del género *Kogia* de expulsar grandes volúmenes de heces líquidas de color marrón rojizo como estrategia de defensa y huida se conoce desde hace tiempo, salvo por el hecho de que inicialmente se creía que se trataba de tinta. Estas heces líquidas, muy viscosas, se almacenan en la ampolla del colon, que llega a ocupar estando llena gran parte de la porción caudal de la cavidad abdominal; cuando el animal se siente amenazado por un depredador, libera por el ano de forma explosiva litros de heces que, además de ser pegajosas, enturbian el agua facilitando su huida (McAlpine, 2018; Yamada, 1954). También es habitual que esta liberación de heces se produzca en los varamientos de animales vivos debido al estrés (P. Covelo, comunicación personal, 22 de noviembre de 2022). Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la parte final del tubo digestivo del cachalote pigmeo está tremendamente modificada para llevar a cabo este comportamiento de supervivencia: la porción final del intestino ha perdido la organización histológica típica de un mamífero para pasar a ser un gran depósito de heces líquidas que pueden ser expulsadas de forma explosiva.

Otro hallazgo no esperado en este estudio histológico fue encontrar venas con esfínteres musculares; estos esfínteres estaban configurados como incrementos puntuales de la capa muscular, con fibras musculares lisas dispuestas perpendicularmente a la luz del vaso. Estas venas eran de todos los calibres y se pudieron observar en todas las capas del canal alimentario, desde el esófago hasta el colon distal. No hemos encontrado ninguna descripción de este tipo de especialización venosa en el canal alimentario de ningún mamífero marino o terrestre, por lo que este hallazgo representa la primera comunicación de la existencia de tales estructuras vasculares vinculadas al mismo. Tras realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva tan solo

encontramos la descripción de unas estructuras similares en las venas sublobulares y centrolobulillares del hígado que parecen jugar un papel muy importante en la regulación del flujo sanguíneo intrahepático; estas venas hepáticas con esfínteres se han encontrado en perro (Arey & Simonds, 1920; Brissaud & Sabourin, 1888), mapache, foca (Arey, 1941), humanos (Gibson, 1958) y en marsopa común (Hilton & Gaskin, 1978; Simpson & Gardner, 1972). Precisamente en un estudio sobre el hígado canino (Takahashi-Iwanaga *et al.*, 1990) se muestran unas imágenes de venas con esfínteres muy semejantes a las venas de mediano y pequeño calibre que hemos observado en el canal alimentario del cachalote pigmeo. Por tanto, es muy posible que hayamos realizado la primera observación de una especialización vascular del canal alimentario relacionada con el buceo profundo, permitiendo que estos órganos actúen como reservorios sanguíneos durante las inmersiones prolongadas.

6. CONCLUSIONES

El tracto digestivo del cachalote pigmeo (*K. breviceps*) presenta unas características histológicas similares a las de otros odontocetos en sus porciones craneal y media (lengua, esófago, estómago, intestino delgado y primera parte del intestino grueso), pero altamente modificadas y únicas en su porción caudal (colon medio, ampolla cólica y colon distal). Esta especialización extrema de la parte caudal de su canal alimentario está vinculada a un comportamiento exclusivo del género *Kogia*, el almacenamiento y expulsión brusca de heces como estrategia de evasión frente a sus depredadores.

La presencia de esfínteres musculares en venas de todos los calibres en el cachalote pigmeo es una especialización vascular que no había sido descrita en el canal alimentario de ninguna especie de cetáceo. A nivel funcional, la presencia de venas con esfínteres sugiere que esta parte del tracto digestivo actúa como reservorio de sangre en esta especie, muy probablemente durante las inmersiones profundas y/o prolongadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Arey, L. B., & Simonds, J. P. (1920). The relation of the smooth muscle in the hepatic veins to shock phenomena. *Anatomical Record*, 18, 219.
- Arey, L. B. (1941). Throttling veins in the livers of certain mammals. *Anatomical Record*, 81, 21–33.
- Arvy, L., & Pilleri, G. (1972). Comparison of the tongue of some odontocetes: *Pontoporia*, *Neomeris* and *Delphinus*. *Investigations on Cetacea*, 6, 191–200.
- Benham, W. B. (1901). On the anatomy of *Kogia breviceps*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 2, 107–134. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/99488#page/11/mode/1up>
- Blainville, H. M. D. de. (1838). Sue les cachalots. *Annales Francaises et Étrangères d'Anatomie et de Physiologie*, 2, 335–337.
- Bloodworth, B. E., & Odell, D. K. (2008). *Kogia breviceps* (Cetacea: Kogiidae). *Mammalian Species*, 819, 1-12. <https://doi.org/10.1644/819.1>
- Brissaud, E., & Sabourin, C. (1888). Sur la constitution lobulaire du foie et les voies de la circulation sanguine intra-hepatique. *Comptes Rendus des séances de la Société de Biologie et de ses Filiales, Paris*, 40, 757-762.
- Caldwell, D. K., & Caldwell, M. C. (1989). Pygmy sperm whale *Kogia breviceps* (Blainville, 1838): dwarf sperm whale *Kogia simus* (Owen, 1866). En: S. H. Ridgway & R. Harrison (Eds.), *Handbook of marine mammals*, vol. 4. Academic Press, pp. 235-260.
- Cave, A.J.E. (1982). The Vaterian ampulla of certain cetaceans. *Investigations on Cetacea*, 14, 131–147.
- Clarke, M. R. (1996). Cephalopods as prey: cetaceans: the role of cephalopods in the world's oceans. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B. Biological Sciences*, 351, 1053–1065.
- Committee on Taxonomy. (2023). *List of marine mammal species and subspecies*. Society for Marine Mammalogy, www.marinemammalscience.org, consultado el 17/05/2024.
- Coordinadora para o Estudo dos Mamíferos Mariños. (s.d.). *CEMMA Investigación Cetáceos Galicia*. <http://www.cemma.org/>

- Cozzi, B., Huggenberger, S., & Oelschläger, H. (2017). Feeding and the Digestive System. En: *Anatomy of Dolphins: Insights into Body Structure and Function*. Ed. Elsevier, pp. 339-368.
- Donaldson, J. (1977). The tongue of the bottle-nosed dolphin (*Tursiops truncatus*). Harrison, R.J. (Ed.), *Functional Anatomy of Marine Mammals*, vol. 3. Academic Press, pp. 175–197.
- Ferrando, T., Caresano, F., Ferrando, S., Gallus, L., Wurtz, M., & Tagliaferro, G. (2010). The tongue morphology and lingual gland histochemistry of Ligurian Sea odontocetes. *Marine Mammals Science*, 26, 588–601.
- Gajda M., Jaształ A., Banasik T., Jasek-Gajda E., & Chlopicki S. (2017). Combined orcein and martius scarlet blue (OMSB) staining for qualitative and quantitative analyses of atherosclerotic plaques in brachiocephalic arteries in apoE/LDLR $-/-$ mice. *Histochemistry and Cell Biology*, 147(6), 671-681.
- Gibson, J. B. (1958). The hepatic veins in man and their spincter mechanisms. *Journal of Anatomy*, 93, 368–379.
- Harrison, R. J., Johnson, F. R., & Young, B. A. (1970). The oesophagus and stomach of dolphins (*Tursiops*, *Delphinus*, *Stenella*). *Journal Of Zoology*, 160(3), 377-390. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1970.tb03088.x>
- Harrison, R.J., Johnson, F.R., & Young, B.A. (1977). The small intestine of dolphins (*Tursiops*, *Delphinus*, *Stenella*). En: Harrison, R.J. (Ed.), *Functional Anatomy of Marine Mammals*, vol. 3. Academic Press, pp. 297–331.
- Hasumi, M. (2003). Azan Staining Method. http://www5d.biglobe.ne.jp/~hasumi/method/azan_e.html, consultado el 02/06/2024.
- Hilton, J. W., & Gaskin, D. E. (1978). Comparative volumes and vascular microanatomy of the intrahepatic venous system of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.). *Canadian Journal of Zoology*, 56(11), 2292-2298. <https://doi.org/10.1139/z78-311>
- Home, E. (1807). Observations on the structure of the different cavities, which constitute the stomach of the whale, compared with ruminating animals, with a view to ascertain the situation of the digestive organ. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1807, 93–102.
- Horstmann, L. (2018). Gastrointestinal Tract. En: B. Würsig, J.G.M. Thewissen, & K.M. Kovacs (Eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals* (3^a ed.). Academic Press, pp. 397-400.

- Hunter, J. (1787). Observations on the structure and economy of whales. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 77, 306–351.
- Jefferson, T., Webber, M., & Pitman, R. (2015). *Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to their Identification* (2^a ed.). Academic Press, pp.608.
- Jungklaus, F. (1898). Der magen der Cetaceen. *Jenaische Zeitschrift Naturwissenschaften*, 32, 1–94.
- Keenan, T. F., McLellan, W. A., Rommel, S. A., Costidis, A. M., Harms, C. A., Thewissen, H. J., Rotstein, D. S., Gay, M. D., Potter, C. W., Taylor, A. R., Wang, Y., & Pabst, D. A. (2021). Gross and histological morphology of the cervical gill slit gland of the pygmy sperm whale (*Kogia breviceps*). *The Anatomical Record*, 305(3), 688-703. <https://doi.org/10.1002/ar.24707>
- Kernan, J. D., JR., & H. von W. Schulte. (1918). Memorandum upon the anatomy of the upper respiratory tract, foregut, and thoracic viscera of *Kogia breviceps*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 38, 231–268.
- Kiszka, J., & Braulik, G. (2020). *Kogia breviceps*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*: e.T11047A50358334. <https://www.iucnredlist.org/species/11047/50358334>, consultado el 02/06/2024.
- Lamas, N., Covelo, P., López, A., Vázquez, U., & Alemañ, N. (2023). A histological study of the facial hair follicles in the pygmy sperm whale (*Kogia breviceps*). *Advances in Marine Biology*, 96, 63-83. doi: 10.1016/bs.amb.2023.08.003
- Lenfant, C. (1969). Physiological properties of blood of marine mammals. En: H. T. Anderson (Ed.), *The biology of marine mammals*. Academic Press, pp. 95–116.
- Luna, L. G. (1968). Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology. McGraw-Hill, pp. 258.
- Manire, C. A., Rheinhardt, H. L., Barros, N. B., Byrd, L., & Cunningham-Smith, P. (2004). An approach to the rehabilitation of *Kogia* sp. *Aquatic Mammals*, 30, 209–219.
- McAlpine, D. F., Murison, L., & Hoberg, E. (1997). New records for the pygmy sperm whale *Kogia breviceps* (Physeteridae) from Atlantic Canada with notes on diet and parasites. *Marine Mammal Science*, 13, 701–704.
- McAlpine, D. F. (2018). Pygmy and Dwarf Sperm Whales - *Kogia breviceps* and *K. sima*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen, & K.M. Kovacs (Eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals* (3^a ed.). Academic Press, pp. 786-788.

- Mead, J. G. (2007). Stomach anatomy and use in defining systemic relationships of the cetacean family Ziphiidae (beaked whales). *The Anatomical Record*, 290(6), 581-595. <https://doi.org/10.1002/ar.20536>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (2019). Tejidos animales. En: *Atlas de histología vegetal y animal*. Universidad de Vigo. <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>, consultado el 02/06/2024.
- Plön, S. (2004). The status and natural history of pygmy (*Kogia breviceps*) and dwarf (*K. sima*) sperm whales off Southern Africa. Doctoral Dissertation, Rhodes University.
- Rice, D. W., & Wolman, A. A. (1990). The stomach of *Kogia breviceps*. *Journal of Mammalogy*, 71(2), 237–242. <https://doi.org/10.2307/1382174>
- Repullés, C. (2022). Estudio histológico comparado de las lenguas de la marsopa común (*Phocoena Phocoena*) y del delfín listado (*Stenella coeruleoalba*). Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Santiago de Compostela, pp. 47.
- Ross, G. J. B. (1979). Records of pygmy and dwarf sperm whales, genus *Kogia*, from southern Africa, with biological notes and some comparisons. *Annals of the Cape Provincial Museums (Natural History)*, 11, 259–327.
- Santos, M. B., Pierce, G. J., López, A., Reid, R. J., Ridoux, V., & Mente, E. (2006). Pygmy sperm whales *Kogia breviceps* in the northeast Atlantic: new information on stomach contents and strandings. *Marine Mammal Science*, 23, 600–616.
- Scott, M. D., & Cordaro, J. G. (1987). Behavioral observations of the dwarf sperm whale, *Kogia simus*. *Marine Mammal Science*, 3, 353–354.
- Secchi, E. R., Campolim, M. B., & Moller, L. (1994). Notas sobre o encalhe de dois cachalotes pigmeus *Kogia breviceps* na costa sul do Rio Grande do Sul–Brasil. *Anales IV Reunión de Trabajo de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de America del Sur*, Valdivia, Chile, pp. 244–262.
- Simpson, J.G., & Gardner, M.B. (1972). Comparative microscopic anatomy of selected marine mammals. En: S.H. Ridgway (Ed.), *Mammals of the Sea. Biology and Medicine*. Charles C. Thomas, pp. 298–418.
- Sokolov, V.E., & Volkova, O.V. (1973). Structure of the dolphin's tongue. En: K.K. Chapskii & V.E. Sokolov (Eds.), *Morphology and Ecology of Marine Mammals*. Halsted Press (John Wiley & Sons), pp. 119–127, Israel Program for Scientific Translation (Jerusalem).

- Sonntag, C. F. (1922). The comparative anatomy of the tongues of the Mammalia. —VII. Cetacea, Sirenia, and Ungulata. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 92(3), 639–657.
- Suvarna S. K., Layton C., & Bancroft, J. D. (2012). *Bancroft's theory and practice of histological techniques* (7^a ed). Churchill Livingstone, pp. 637.
- Sylvestre, J. P. (1983). Review of *Kogia* specimens (Physeteridae, Kogiidae) kept alive in captivity. *Investigations on Cetacea*, 15, 201–219.
- Takahashi, K., & Yamasaki, F. (1972). Digestive Tract of Ganges Dolphin, *Platanista gangetica*. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 48(6), 427-451. https://doi.org/10.2535/ofaj1936.48.6_427
- Takahashi-Iwanaga, H., Fujita, T., & Takeda, M. (1990). Canine hepatic vein branches associated with subendothelial mast cells and an adventitial lymphatic plexus. *Archives of Histology and Cytology*, 53, 189-97. https://doi.org/10.1679/aohc.53.suppl_189
- Thornton, S. W., McLellan, W. A., Rommel, S. A., Dillaman, R. M., Nowacek, D. P., Koopman, H. N., & Pabst, D. A. (2015). Morphology of the nasal apparatus in pygmy (*Kogia breviceps*) and dwarf (*K. sima*) sperm whales. *Anatomical Record*, 298, 1301-1326.
- Tostado-Marcos, C., Diz, M. J. O., Martín-Orti, R., Loureiro, J., Molpeceres-Diego, I., Tendillo-Domínguez, E., Pérez-Lloret, P., Santos-Álvarez, I., & González-Soriano, J. (2024). Nature or nurture: is the digestive system of the *Pontoporia blainvillei* influenced or determined by its diet? *Animals*, 14(5), 661. <https://doi.org/10.3390/ani14050661>
- Tyson, E. (1680). Phocæna, or The anatomy of a porpess dissected at Gresham Colledge: with a præliminary discourse concerning anatomy, and a natural history of animals. *Digital collection Early English Books Online* 2. <https://name.umdl.umich.edu/A64097.0001.001>. University of Michigan Library Digital Collections, consultado el 04/07/2024.
- Vidal, O., Findley, L., Turk, P., & Boyer, R. (1987). Recent records of pygmy sperm whales in the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*, 3, 354–356.
- Wang, M. C., Walker, W. A., Shao, K. T., & Chou, L. S. (2002). Comparative analysis of the diets of pygmy sperm whales and dwarf sperm whales in Taiwanese waters. *Acta Zoologica Taiwanica*, 13, 53–62.
- Werth, A. J. (2007). Adaptations of the cetacean hyolingual apparatus for aquatic feeding and thermoregulation. *Anatomical Record*, 290, 546–568.

- Yamada, M. (1954). Some remarks on the pygmy sperm whale, *Kogia*. *Scientific Reports of the Whales Research Institute, Tokyo*, 9, 37–61.
- Yamasaki, F., & Takahashi, K. (1971). Digestive tract of Ganges Dolphin, *Platanista gangetica*. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 48(5), 271-293. https://doi.org/10.2535/ofaj1936.48.5_271
- Yamasaki, F., Takahashi, K., & Kamiya, T. (1974). Digestive tract of La Plata Dolphin, *Pontoporia blainvillei* I. Oesophagus and Stomach. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 51(1), 29-52. https://doi.org/10.2535/ofaj1936.51.1_29
- Yamasaki, F., Takahashi, K., & Kamiya, T. (1975). Digestive tract of La Plata Dolphin, *Pontoporia blainvillei*. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 52(1), 1-25. https://doi.org/10.2535/ofaj1936.52.1_1
- Yamasaki, F., Satomi, H., & Kamiya, T. (1976). The tongue of Franciscana (La Plata Dolphin), *Pontoporia blainvillei*. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 53(2-3), 77-91. https://doi.org/10.2535/ofaj1936.53.2-3_77
- Yamasaki, F., Komatsu, S., & Kamiya, T. (1978). Taste buds in the pits at the posterior dorsum of the tongue of *Stenella coeruleoalba*. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 30, 285-290.