

Caracterización morfológica de pelos de guardia dorsales para la identificación de mamíferos
marsupiales del orden Didelphimorphia en Santander, Colombia

Karla Marcela Mariño Miranda

Informe final de Trabajo de grado, modalidad Pasantía de Investigación para Optar al Título de
Biólogo

Director

Víctor Hugo Serrano Cardozo

Doctor en Ciencias Biológicas

Codirector

Martha Patricia Ramírez Pinilla

Doctora en Ciencias Biológicas - Orientación Zoología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Este trabajo, más que un requisito académico, simboliza el esfuerzo, la dedicación y el aprendizaje que he adquirido gracias a personas extraordinarias.

Quiero dedicar este trabajo con mucho cariño a mis padres, Mariano Mariño y Ludy Miranda, quienes siempre me han apoyado y me han enseñado que el verdadero valor de la vida se encuentra en el esfuerzo constante, la perseverancia y el amor. Gracias por ser mis pilares en este camino.

Al profesor Víctor Hugo Serrano, por su paciencia, sus valiosas enseñanzas y el apoyo constante que me brindó a lo largo de este camino, también a la profesora Martha Patricia Ramírez, cuya dedicación a la investigación y su pasión por la ciencia son un ejemplo a seguir.

A mi mejor amigo, Javier Castellanos, quien estuvo a mi lado en cada paso de este camino, en especial cuando más lo necesitaba, y a hacerme reír. A Gemma y a Mathias por alegrarme cada día con su presencia y acompañarme en las largas noches de estudio.

Finalmente, a todas aquellas personas que dejaron su huella en mi camino durante estos años.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mis padres por su apoyo incondicional y por estar presentes en todo momento.

Al profesor Víctor Hugo Serrano por su apoyo, confianza y por permitirme trabajar en su grupo de estudios (GEBIO).

A la profesora Martha Patricia Ramírez por su orientación y dedicación.

Gracias a ustedes, porque su guía fue fundamental para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	18
1.1 Objetivo general	18
1.2 Objetivo específico	18
2. Competencias que desarrollara el pasante	18
3. Metodología	19
3.1 Muestreo	19
3.2 Descripción macroscópica	19
3.3 Descripción microscópica.....	20
3.3.1 Patrones medulares (médula).....	20
3.3.2 Patrones cuticulares (escama cuticular).....	22
3.4 Clave taxonómica.....	25
4. Resultados	26
4.1 Caracteres macroscópicos.....	26
4.2 Caracteres microscópicos.....	27
4.2.1 Genero <i>Caluromys</i>	29
4.2.2 Genero <i>Chironectes</i>	30
4.2.3 Genero <i>Didelphis</i>	31
4.2.4 Genero <i>Gracilinanus</i>	32
4.2.5 Genero <i>Marmosa</i>	33
4.2.6 Genero <i>Marmosops</i>	33

4.3 Clave dicotómica	35
5. Discusión.....	36
6. Conclusiones	40
7. Recomendaciones	40
Referencias Bibliográficas	42

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Longitud, pigmentación y patronaje de bandas del orden Didelphimorphia.....	26
Tabla 2. Matriz de patrones medulares del orden Didelphimorphia.....	27
Tabla 3. Matriz de patrones cuticulares del orden Didelphimorphia.....	28

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. <i>Variación en el patrón de bandas de un pelo de guarda</i>	20
Figura 2. <i>Patrón medular de pelos de guardia (Tomada de Quadros & Monteiro-Filho, 2006).</i> 21	
Figura 3. <i>Representación esquemática de la porción distal y porción media del asta (Tomada de Teerink 1991)</i>	23
Figura 4. <i>Patrón de escamas cuticulares de pelos de guardia (Tomada de Teerink 1991).</i>	23
Figura 5. <i>Patrón de escamas cuticulares de pelos de guardia (Tomada de Quadros & Monteiro-Filho, 2006)</i>	24
Figura 6. <i>Patrones cuticulares y medulares de Caluromys lanatus</i>	30
Figura 7. <i>Patrones cuticulares y medulares de Chironectes minimus</i>	30
Figura 8. <i>Patrones cuticulares y medulares de Didelphis marsupialis</i>	31
Figura 9. <i>Patrones cuticulares y medulares de Didelphis pernigra</i>	32
Figura 10. <i>Patrones cuticulares y medulares de Gracilinanus marica</i>	32
Figura 11. <i>Patrones cuticulares y medulares de Marmosa robinsoni</i>	33
Figura 12. <i>Patrones cuticulares y medulares de Marmosops magdalenae</i>	34
Figura 13. <i>Patrones cuticulares y medulares de Marmosops caucae</i>	34

Glosario

Definición para patrones cuticulares:

Continua: la línea del borde de la escama es continua sin interrupciones.

Discontinua: presenta interrupciones que dejan a la línea del borde de las escamas con una extremidad libre, es decir, sin que esté ligada al borde de otra escama.

Forma conoidal: cada escama envuelve todo el perímetro del pelo, asemejando un cono. Una secuencia de conos insertados a lo largo del pelo se asemeja a una pila de conos.

Forma diamante “tipo A”: escamas con forma que recuerda a los pétalos de una flor, distribuidos de manera regular, como un patrón de diamante.

Forma foliácea: la forma de estas escamas recuerda a las escamas encontradas en las serpientes; la superficie del pelo se asemeja al cuerpo de una cobra.

Imbricada: las escamas cuticulares se disponen con un borde libre (distal) dirigido al ápice del pelo. Un borde libre es una escama adherida al borde (proximal) de la escama siguiente, como tejas en un tejado.

Imbricación pavimentosa: las escamas cuticulares no presentan bordes libres ni se sobreponen entre los bordes de otras escamas adyacentes, como ladrillos en un piso.

Orientación irregular: las escamas se presentan de manera transversal u oblicua, es decir, sin seguir el eje mayor del pelo. El patrón y el tamaño de las escamas también varían.

Orientación oblicua: las escamas están dispuestas en posición oblicua con relación al eje longitudinal del pelo.

Orientación transversal: las escamas están dispuestas en posición transversal con relación al eje longitudinal del pelo.

Tamaño estrecho: las escamas son más largas que anchas.

Tamaño intermedio: las escamas presentan largo más o menos similar al ancho.

Definición para patrones medulares:

Continua: la disposición de las células medulares es continua a lo largo de todo el pelo.

Discontinua: a lo largo de todo el pelo, o en los tercios proximal o distal, la médula puede presentar interrupciones. Los espacios donde está interrumpida alcanzan la matriz cortical.

Disposición anastomosada: hay uniones entre las células que forman arreglos celulares que pueden delimitar espacios de córtex con forma y tamaños variados.

Disposición yuxtapuesta: las paredes de las células adyacentes están en contacto unas a otras, dejando poca o ninguna matriz cortical entre ellas.

Fila multiseriada: observando la médula a lo largo, se distinguen dos o más filas de células.

Fila uniseriada: observando la médula a lo largo, se distingue solamente una fila de células.

Forma alveolar: la médula presenta varias células a lo ancho que se funden entre sí y delimitan espacios o cavidades, como alvéolos donde se acumulan gránulos de pigmentos, que se observan oscuros al microscopio. El arreglo de células y alvéolos puede estar ligeramente curvo del eje mayor del pelo.

Forma anisocélica: las células tienen forma semejante, sin embargo, el tamaño es diferente. En algunos casos puede ocupar todo el diámetro de la médula.

Forma escalariforme: apenas existe una fila de células, aproximadamente rectangulares y transversales con relación al eje mayor del pelo. Ocurren en una disposición secuencial lineal, con espaciamiento regular de las células, existen espacios de córtex entre ellas. De esta forma, asemejan a una escalera en la cual esos espacios de córtex son peldaños.

Resumen

Título: Caracterización morfológica de pelos de guardia dorsales para la identificación de mamíferos marsupiales del orden Didelphimorphia en Santander, Colombia*

Autor: Karla Marcela Mariño Miranda**

Palabras Clave: Mamíferos, marsupiales, pelo, médula, cutícula, patrón de coloración, clave taxonómica.

Descripción: Los pelos de guarda representan un carácter diagnóstico clave en los mamíferos, desempeñando un papel fundamental en la clasificación taxonómica debido a su variación estructural, la cual permite distinguir entre diferentes especies. A pesar de la extensa investigación sobre estas características en diversos mamíferos, existe un vacío de conocimiento respecto al análisis detallado de los pelos de guarda en las especies del orden Didelphimorphia, y más aún, en el área geográfica del departamento de Santander, Colombia. El presente estudio busca establecer un material de referencia para la identificación de marsupiales en la región, a través del desarrollo de una clave taxonómica basada en el análisis de ocho especies del orden Didelphimorphia presentes en la colección de mamíferos de la Universidad Industrial de Santander. Se caracterizaron la coloración, los patrones de bandas, la médula y la cutícula, identificando rasgos distintivos a nivel de género y especie. La médula discontinua escalariforme predominó en varios géneros como *Gracilinanus*, *Marmosa* y *Marmosops*. La cutícula presentó variaciones en las zonas proximal y distal, lo que facilitó la diferenciación entre especies estrechamente relacionadas. Se concluyó que ninguna característica del pelo por sí sola es suficiente para una identificación precisa, siendo necesario considerar múltiples caracteres en conjunto. Este trabajo representa un avance en el uso de los pelos como herramienta para la identificación de especies en el país y la clasificación de las diferentes especies evaluadas, asimismo se espera que estas observaciones contribuyan significativamente al conocimiento y conservación de la biodiversidad de la zona de Santander.

* Pasantía de investigación

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Biología. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo. Doctor en Ciencias Biológicas. Codirector: Martha Patricia Ramírez Pinilla. Doctora en Ciencias Biológicas – Orientación Zoología.

Abstract

Title: Morphological characterization of dorsal guard hairs for the identification of marsupial mammals of the order Didelphimorphia in Santander, Colombia*

Author(s): Karla Marcela Mariño Miranda**

Key Words: Mammals, marsupials, hair, medulla, cuticle, coloration pattern, taxonomic key.

Description: Guard hairs represent a key diagnostic feature in mammals, playing a crucial role in taxonomic classification due to their structural variation, which allows for the distinction among different species. Despite extensive research on these characteristics in various mammals, there is a knowledge gap regarding the detailed analysis of guard hairs in species of the order Didelphimorphia, and even more in the geographic area of Santander Department, Colombia. This study aims to establish a reference material for the identification of marsupials in the region through the development of a taxonomic key based on the analysis of eight species of the order Didelphimorphia present in the Mammal Collection of the Universidad Industrial de Santander. Coloration, band patterns, medulla, and cuticle were characterized, identifying distinctive traits at the genus and species levels. The discontinuous scaliform medulla predominated in several genera such as *Gracilinanus*, *Marmosa*, and *Marmosops*. The cuticle showed variations in the proximal and distal regions, which facilitated differentiation between closely related species. It was concluded that no single hair characteristic is sufficient for accurate identification, and it is necessary to consider multiple features together. This work represents a step forward in the use of hair as a tool for species identification in the country and the classification of the different species evaluated. Additionally, these observations are expected to significantly contribute to the knowledge and conservation of biodiversity in the Santander region.

* Research internship.

** Faculty of Science. School of Biology. Biology. Director: Victor Hugo Serrano Cardozo. PhD. In Biological Science. Co-director: Martha Patricia Ramirez Pinilla. PhD. In Biological Science.

Introducción

En el territorio colombiano se ha documentado la presencia de al menos 38 especies de marsupiales, cifra que representa aproximadamente el 20% de las especies de marsupiales del mundo (Solari et al., 2013). Esta notable riqueza de marsupiales posiciona a Colombia, un país caracterizado por su alta riqueza biótica, como resultado de la regionalización natural y su ubicación geográfica, como un área de interés primordial para la investigación científica y la conservación de la diversidad de este grupo (Alberico et al., 2000).

Entre las regiones que se destacan por su exuberante diversidad, en el nororiente colombiano encontramos al departamento de Santander, el cual ostenta el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a número de especies de fauna registradas, solo superado por Antioquia (Torres & Quiñones, 2019). En Santander se han identificado 189 especies de mamíferos, de las cuales, 10 pertenecen al orden Didelphimorphia, lo que representa el 26.62% del total de especies de marsupiales registrados en el país (SiB Colombia, 2020). No obstante, a pesar de estos registros, diversos estudios señalan que persiste un vacío significativo sobre la diversidad de marsupiales en varias localidades del país (Chacón-Pacheco et al., 2023; Tyndale-Biscoe & Mackenzie, 1976; Ceballos et al., 2024).

Esta carencia de conocimiento limita nuestra capacidad para comprender el papel de los marsupiales en los ecosistemas locales, lo que representa un obstáculo para los esfuerzos de conservación en la región (Sánchez-Giraldo et al., 2015). En el ámbito de la conservación de la biodiversidad, la identificación precisa de especies juega un papel crucial. Tradicionalmente, la

determinación taxonómica de marsupiales ha dependido de comparaciones fenotípicas, utilizando características morfológicas observables (Horovitz & Sánchez-Villagra, 2003). Aunque algunos estudios han integrado datos de secuencias moleculares para respaldar la taxonomía de estos animales (Voss et al., 2004; Voss et al., 2013), la mayoría de la nomenclatura actual sigue basándose en gran medida en la morfología externa y las características craneales (Beck & Taglioretti, 2019).

Sin embargo, esta metodología, aunque ha sido fundamental para la identificación taxonómica, presenta limitaciones, especialmente en aquellas especies que comparten características morfológicas similares o que presentan variaciones intraespecíficas (Díaz-Nieto & Voss, 2016). En este sentido, estudios han demostrado que, aunque los marsupiales del orden Didelphimorphia son considerados morfológicamente conservadores, presentan variaciones significativas en la morfología del cráneo y la mandíbula, las cuales son influenciadas por factores como el tamaño, la dieta y el uso del hábitat (Pilatti & Astúa, 2016). Adicionalmente, la inclusión de datos poscraneales y craneodentales en análisis filogenéticos demuestra que la morfología craneal, por sí sola, puede resultar insuficiente para resolver relaciones filogenéticas complejas, requiriéndose un enfoque integrativo, es decir, la combinación de múltiples tipos de datos y metodologías (Flores, 2009).

La descripción morfológica de pelos de guarda se perfila como una herramienta valiosa para la identificación taxonómica de marsupiales, ofreciendo un método base o complementario a las técnicas tradicionales (Srbek-Araujo et al., 2024). Esta técnica no invasiva permite la reducción significativa del estrés en los animales, en comparación con otras metodologías de muestreo (Félix

et al., 2019). Esto es posible debido a que los pelos son estructuras que se sueltan fácilmente de la piel del mamífero y pueden ser colectados con una trampa de pelo (Cacheda Rodríguez, 2017).

La tricología microscópica se basa en el análisis de la morfología capilar mediante la combinación de características medulares y cuticulares (Quadros & Monteiro-Filho, 1998). Estas características varían significativamente en patrones y estructura entre las diferentes especies de mamíferos (Kumar et al., 2014). Aunque existen estructuras similares a pelos en organismos como aves, insectos y plantas, este tipo de pelo epidérmico es una característica exclusiva de los mamíferos (Bondre & de Grosbois, 2008), el cual cumple funciones de termorregulación, camuflaje y protección mecánica (Miranda et al., 2014).

Para analizar la estructura capilar de los mamíferos, es importante distinguir dos tipos principales de pelo. Los pelos de cobertura, o "underhair", son delgados, cortos y presentan una pigmentación reducida, y su función principal es crear una capa aislante que atrapa el aire (Teerink, 1991). Por otro lado, los pelos de guarda son más largos y gruesos, y cumplen funciones de protección de los pelos de cobertura, repelencia al agua, termorregulación y definición de los patrones de coloración (Monroy-Vilchis et al., 2005). Los pelos de guarda se caracterizan por presentar patrones cuticulares, formados por células queratinizadas de diversas formas que protegen las capas internas del pelo, y patrones medulares, ubicados en la capa interna del pelo, que pueden ser huecos o estar rellenos de células (Juárez Sánchez et al., 2007). La combinación de estos patrones morfológicos, junto con los tipos de coloración y la longitud del pelo, permite la determinación de géneros y especies (Baca Ibarra & Sánchez Cordero, 2004).

Se han registrado estudios basados en la caracterización de pelos de guarda en diferentes especies de mamíferos en varios países de América, los cuales han demostrado su utilidad. En Argentina, se identificaron tres especies de mustélidos acuáticos mediante diferencias en la médula y el ancho total del pelo, lo que evidencia la precisión de esta técnica para especies estrechamente relacionadas (Gómez & Cassini, 2010). En Brasil, se elaboró una guía de identificación para 33 especies del orden Carnívora, basada en las variaciones de la cutícula y la médula, lo que resalta el uso de este método para diferenciación en grupos taxonómicos diversos (Miranda et al., 2014).

México, por su parte, cuenta con un extenso catálogo de 149 especies de mamíferos, incluyendo cinco especies del orden Didelphimorphia (*Marmosa mexicana*, *Marmosa canescens*, *Didelphis marsupialis*, *Didelphis virginiana*, *Philander opossum*), las cuales se clasificaron según las diferencias en la médula (Baca Ibarra & Sánchez Cordero, 2004). Por otra parte, en Colombia, un estudio en las regiones Andina, Caribe y Orinoquia registró 15 especies de mamíferos, incluyendo a *Didelphis marsupialis*, registrada en la región de Orinoquia, la cual mostró diferencias en su pelo de guarda respecto a otras especies (Perdomo Gaitán, 2021).

A pesar de estos avances, las investigaciones sobre la caracterización de pelos de guarda en Didelphimorphia son reducidas. No se han encontrado estudios para este orden en la región de Santander, aunque las características del pelo de guarda de especies como *Didelphis marsupialis* han sido descritas en otros países y regiones del país.

Este estudio permitirá una mejor comprensión de la identificación taxonómica, sirviendo como material base o complementario a partir de las características detalladas de los pelos de guarda del orden Didelphimorphia en la región de Santander.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Elaborar una clave taxonómica como herramienta para la identificación precisa de las diferentes especies de marsupiales presentes en la región de Santander.

1.2 Objetivo específico

Caracterizar morfológicamente los pelos de guarda de marsupiales del orden Didelphimorphia.

2. Competencias que desarrollará el pasante

1. Adquiere manejo de colecciones biológicas.
2. Obtiene habilidades en técnicas de laboratorio.
3. Adquiere conocimiento de taxonomía.
4. Desarrolla habilidades en la identificación y organización de análisis de datos.

3. Metodología

3.1 Muestreo

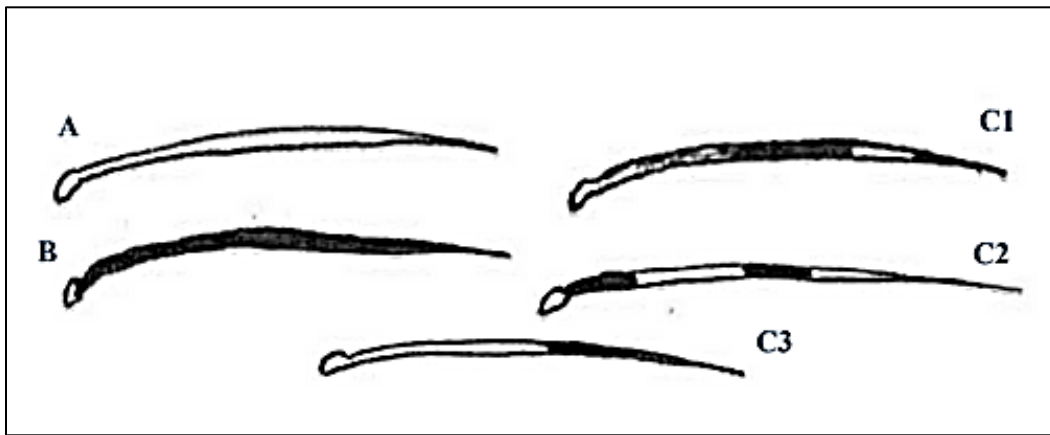
Se realizó una visita a la colección de mamíferos de la Universidad Industrial de Santander, en la cual fueron seleccionadas las especies de interés, en este caso, las especies reportadas para Santander que pertenecen al orden Didelphimorphia.

Se estudiaron un total de ocho especies: *Caluromys lanatus*, *Chironectes minimus*, *Didelphis marsupialis*, *Didelphis pernigra*, *Gracilinanus marica*, *Marmosa robinsoni*, *Marmosops magdalenae*, *Marmosops caucae*. De cada una se tomó un individuo y, utilizando únicamente los dedos de la mano para evitar dañar la piel, se extrajeron aproximadamente 20 pelos dorsales, los cuales se depositaron en bolsas plásticas de cierre hermético y se etiquetaron con marcador permanente.

3.2 Descripción macroscópica

Se midió la longitud de 10 pelos por espécimen, utilizando para ello un papel milimetrado de fondo, y se calculó un promedio para así determinar la longitud de los pelos de la especie a evaluar. Posteriormente, con la ayuda de un estereoscopio Nikon SMZ445, se evaluó la posible presencia de alternancia de bandas (Fig. 1) y la pigmentación, clasificándolos como claros (C) y oscuros (O), según lo metodología propuesta por Juárez Sánchez et al. (2007).

Figura 1. Variación en el patrón de bandas de un pelo de guarda



Nota: A. Bando uniforme claro (C), B. Bando uniforme oscuro (O), C1. Tres patrones de bandas (O-C-O), C2. Cuatro patrones de bandas (O-C-O-C), C3. Dos patrones de bandas (C-O) (Tomada de Juárez Sánchez, et al., 2007) (Fig. 1).

3.3 Descripción microscópica

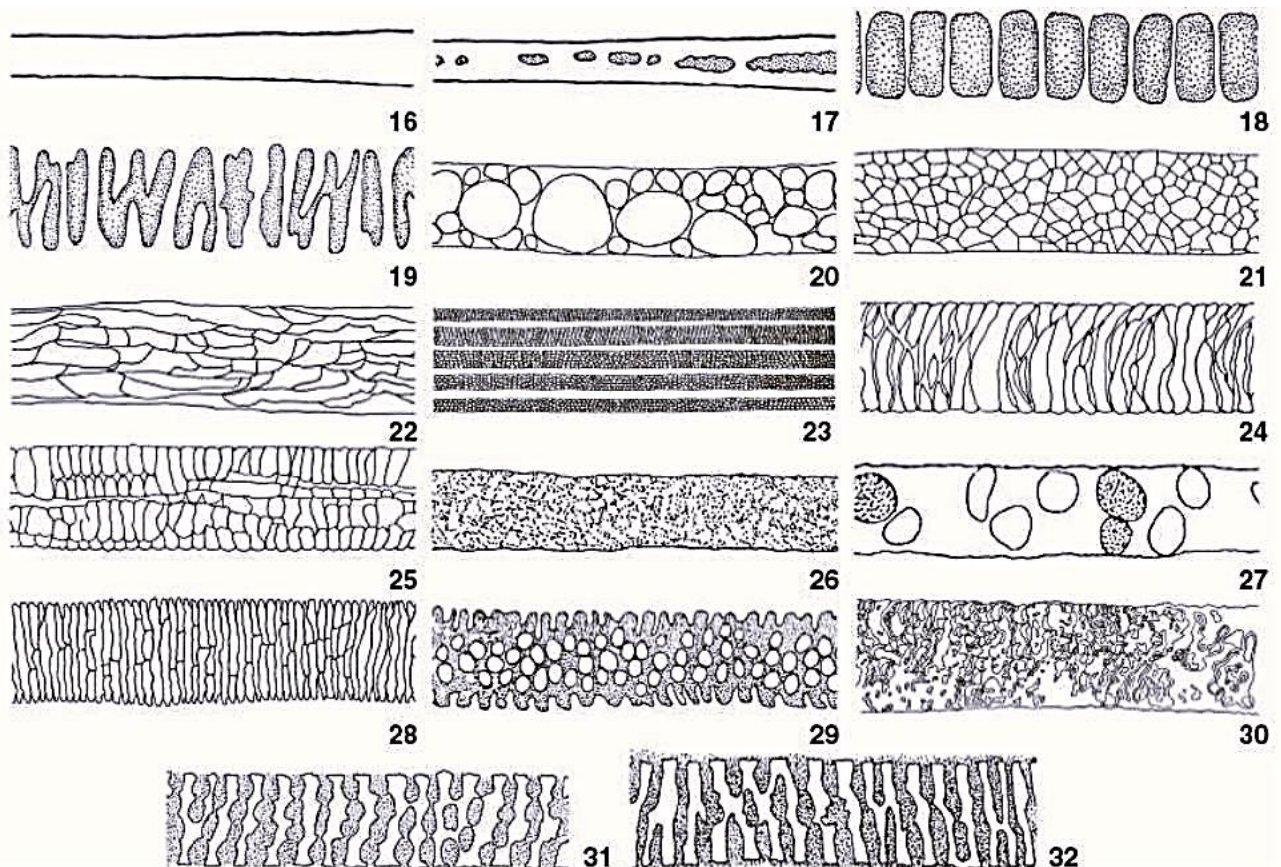
Para la observación de caracteres microscópicos se seleccionaron aproximadamente 16 pelos al azar de la bolsa plástica de cierre hermético y se sumergieron en tubos de ensayo los cuales contenían jabón de loza diluido con agua durante 20 minutos, para así eliminar cualquier impureza o grasa que pudiera interferir en la observación. Posteriormente, los pelos se transfirieron a otro tubo de ensayo con agua, donde se enjuagaron para eliminar los residuos de jabón.

3.3.1 Patrones medulares (médula)

Para la observación de la médula, se decoloraron aproximadamente ocho pelos limpios, con una mezcla de peróxido de hidrógeno de 30 volúmenes y polvo decolorante. la cual ayuda a eliminar los pigmentos del pelo, volviéndolo más translúcido y permitiendo una mejor

visualización de la médula (Juárez Sánchez, et al., 2007). El tiempo de decoloración varió dependiendo del grosor y las características del pelo. Una vez decolorados, se removió la sustancia decolorante y se lavaron con agua destilada para su preparación en el portaobjeto (Palacio, 2009). Luego, se montaron en portaobjetos, se fijaron con barniz de uñas transparente y se observaron y fotografiaron con objetivo de 40x en un microscopio óptico Nikon eclipse E200. Posteriormente, las imágenes obtenidas fueron analizadas utilizando el software ImageJ, en el cual se establecieron escalas mediante la herramienta de calibración. Para ello, se empleó una referencia de tamaño conocido dentro de las imágenes, lo que permitió una medición precisa. La descripción morfológica se basó en la literatura de Quadros y Monteiro-Filho (2006) (Fig. 2).

Figura 2. Patrón medular de pelos de guardia (Tomada de Quadros & Monteiro-Filho, 2006).



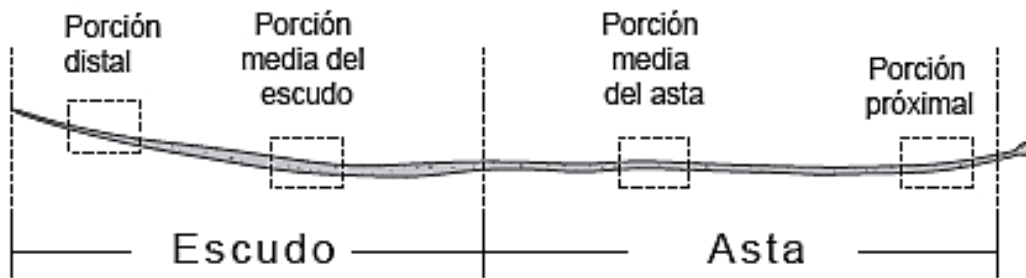
Nota: (16) Ausente, (17) discontinua, (18) uniseriada escalariforme, (19) uniseriada litarácea, (20) anisocélica, (21) poligonal, (22) glandular, (23) cordonal, (24) fusiforme, (25) miliforme, (26) amorfa, (27) matricial, (28) trabecular, (29) reticulada, (30) cribada, (31) alveolar, (32) listada.

3.3.2 Patrones cuticulares (escama cuticular)

Para la realización de la impresión de las escamas del pelo de guarda, se aplicó una fina capa de barniz de uñas transparente sobre el portaobjetos de vidrio y se dejó secar durante aproximadamente uno a dos minutos, en un estado intermedio entre seco y húmedo, siguiendo a Juárez Sánchez et al. (2007). Una vez semiseco, se colocaron los pelos de guarda sobre el barniz de uñas con una pinza y se ajustaron con otro portaobjetos antes de que se secase por completo. Para asegurar la preservación de la impresión, se colocaron las láminas debajo de un objeto pesado y se comprimieron durante un tiempo de 24 horas (Quadros & Monteiro-Filho, 2006). Luego de finalizado el proceso de prensado, se retiró el portaobjetos superior es decir, el portaobjetos sin barniz de uñas y se extrajeron suavemente los pelos con los dedos para evitar dañar la impresión (Juárez Sánchez et al., 2007).

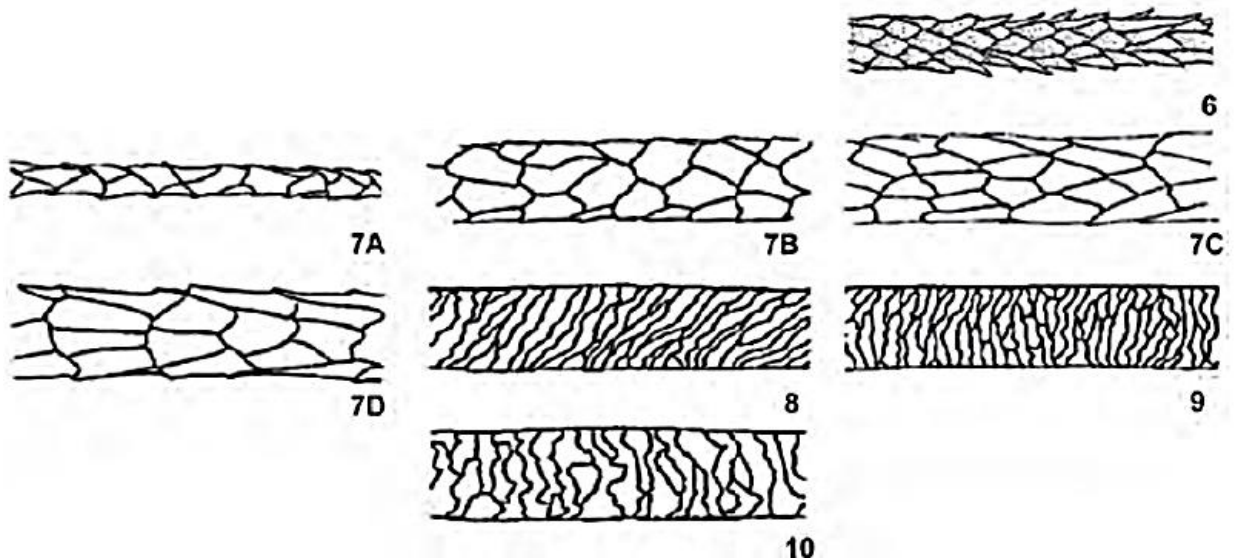
Esta impresión fue observada y fotografiada a 40x con la ayuda de un microscopio óptico Nikon Eclipse E200, teniendo en cuenta la observación en la región distal del pelo (dado que en esta zona las escamas de la cutícula son más uniformes y maduras) y del asta (Teerink, 1991) (Fig. 3). Posteriormente, se utilizaron las imágenes obtenidas para colocar escalas con ayuda del software ImageJ. La descripción se basó en la literatura de Teerink (1991) (Fig. 4) y Quadros & Monteiro-Filho (2006) (Fig. 5).

Figura 3. Representación esquemática de la porción distal y porción media del asta (Tomada de Teerink 1991)



Nota: Porción distal, la parte más alejada de la piel del mamífero. Asta, que incluye la porción media del asta y la porción proximal, la más cercana a la piel del mamífero.

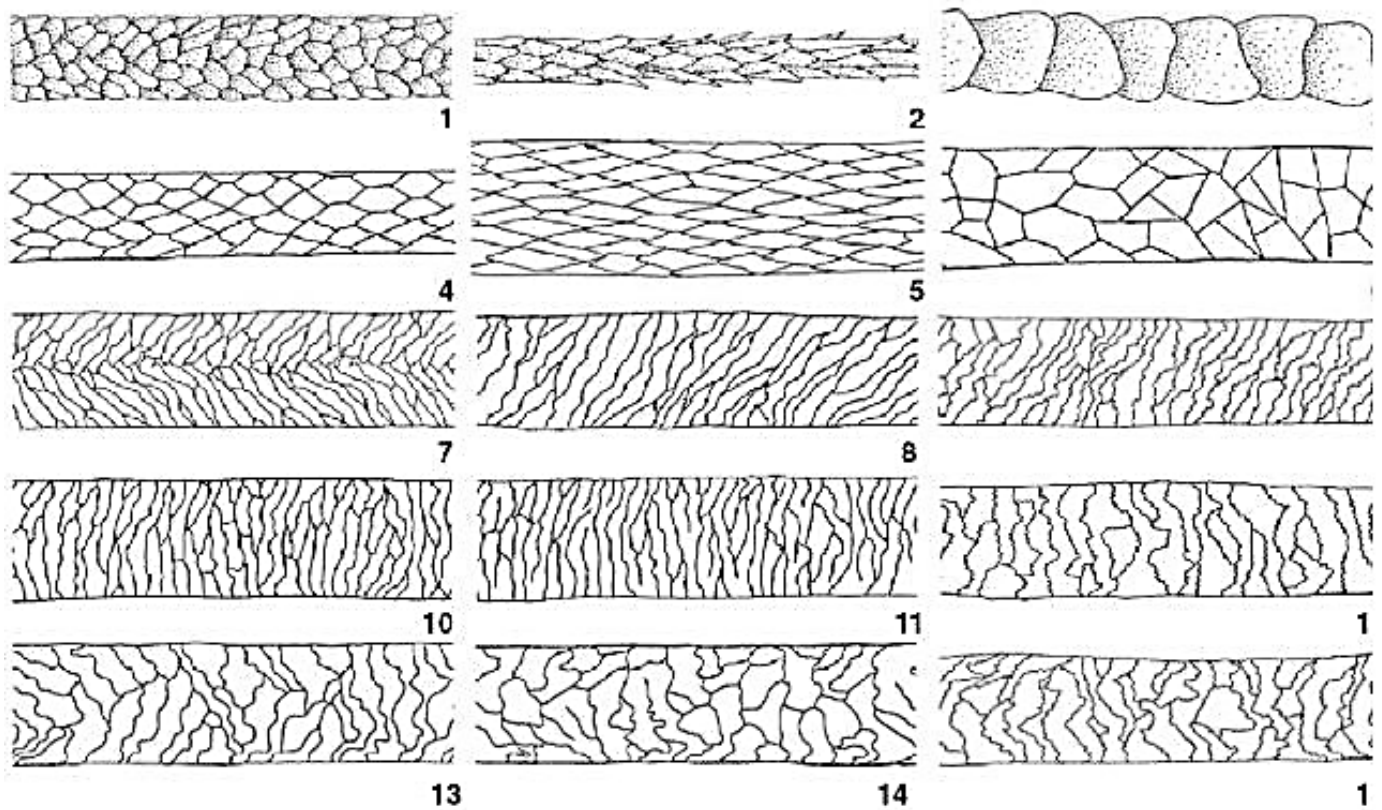
Figura 4. Patrón de escamas cuticulares de pelos de guardia (Tomada de Teerink 1991).



Nota: Cutícula: (6) Patrón foliáceo estrecho, (7A) Patrón pétalo diamante “tipo A”, (7B) Patrón pétalo diamante “tipo B”, (7C) Patrón pétalo diamante “tipo C”, (7D) Patrón pétalo

diamante “tipo D”, (8) Ondeado oblicuo simple, (9) ondeado transversal crenado, (10) Ondeado transversal liso.

Figura 5. Patrón de escamas cuticulares de pelos de guardia (Tomada de Quadros & Monteiro-Filho, 2006)



Nota: (1) Foliácea ancha, (2) foliácea angosta, (3), conoidal, (4) lociforme ancha, (5) lociforme angosta, (6) mosaico, (7) ondeada obliqua doble, (8) ondeada oblicua simple, (9) ondeada oblicua simple con bordes ornamentados, (10) ondeada transversal, (11) ondeada transversal con bordes incompletos, (12) ondeada transversal con bordes ornamentados, (13) ondeada irregular, (14) ondeada irregular con bordes incompletos, (15) ondeada irregular con bordes ornamentados.

3.4 Clave taxonómica

Para la creación de la clave taxonómica, se analizaron 26 pelos por especie, lo que permitió una representación más amplia de la variabilidad morfológica. Posteriormente, se identificaron los caracteres que permitieron la clasificación de cada especie. Inicialmente, se seleccionaron las características más generales, avanzando hacia las más específicas, basándose en la comparación de características excluyentes entre sí (Lahitte et al., 1997).

4. Resultados

4.1 Caracteres macroscópicos

Se registró una notable diferencia en la longitud total del pelo de guarda entre las especies del género *Didelphis*, que superan los 4 cm de longitud, y las especies de los géneros *Marmosa* y *Marmosops*, cuyas longitudes son inferiores a 1 cm. La coloración predominante es una combinación de negro y marrón rojizo, aunque se registran especies con pelaje bicolor, como negro y plateado (*Chironectes minimus*), y combinaciones de blanco y negro (*Didelphis pernigra*), así como blanco y marrón (*Didelphis marsupialis*). En cuanto al patrón de bandas, se identificaron dos tipos: 'O-C-O', presente en cinco especies y 'C-O', presente en tres especies (Tabla 1).

Tabla 1. Longitud, pigmentación y patronaje de bandas del orden Didelphimorphia.

Género	Especie	Longitud (cm)	Desviación estándar	Coloración	Patrón de bandas
<i>Caluromys</i>	<i>Caluromys lanatus</i>	1.50	0.22	Negro, Marrón rojizo	O-C-O
<i>Chironectes</i>	<i>Chironectes minimus</i>	1.09	0.15	Negro, Plateado	C-O
<i>Didelphis</i>	<i>Didelphis marsupialis</i>	4.10	0.59	Marrón, Blanco	C-O
	<i>Didelphis pernigra</i>	5.25	0.52	Negro, Blanco	C-O

<i>Gracilinanus</i>	<i>Gracilinanus marica</i>	1.23	0.19	Negro, Marrón rojizo	O-C-O
<i>Marmosa</i>	<i>Marmosa robinsoni</i>	0.71	0.09	Negro, Marrón rojizo	O-C-O
<i>Marmosops</i>	<i>Marmosops magdalenae</i>	0.82	0.05	Negro, Marrón oscuro	O-C-O
	<i>Marmosops cauceae</i>	0.67	0.11	Negro, Marrón rojizo	O-C-O

4.2 Caracteres microscópicos

La médula se encuentra presente en todas las especies analizadas. Se identifica un patrón medular anisocélico en *Didelphis*, alveolar en *Chironectes minimus* y escalariforme en el resto de las especies (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de patrones medulares del orden Didelphimorphia.

Género	Especie	Continuidad	Filas	Disposición	Forma de célula
<i>Caluromys</i>	<i>Caluromys lanatus</i>	Discontinua	Uniseriada	Yuxtapuesta	Escarariforme
<i>Chironectes</i>	<i>Chironectes minimus</i>	Continua	Multiseriada	Anastomosadas	Alveolar
<i>Didelphis</i>	<i>Didelphis marsupialis</i>	Continua	Multiseriada	Anastomosadas	Amorfa

	<i>Didelphis pernigra</i>	Continua	Multiseriada	Anastomosadas	Amorfa
Gracilinanus	<i>Gracilinanus marica</i>	Discontinua	Uniseriada	Yuxtapuesta	Escalariforme
Marmosa	<i>Marmosa robinsoni</i>	Discontinua	Uniseriada	Yuxtapuesta	Escalariforme
Marmosops	<i>Marmosops magdalenae</i>	Discontinua	Uniseriada	Yuxtapuesta	Escalariforme
	<i>Marmosops caucae</i>	Discontinua	Uniseriada	Yuxtapuesta	Escalariforme

En la región proximal del pelo de guardia se identificaron tres patrones cuticulares. El patrón más frecuente fue la forma de pétalo diamante de tipo 'A'. Por otra parte, en la región distal se observaron seis patrones cuticulares, siendo el conoidal el más común, presente en los géneros *Gracilinanus*, *Marmosa* y *Marmosops*

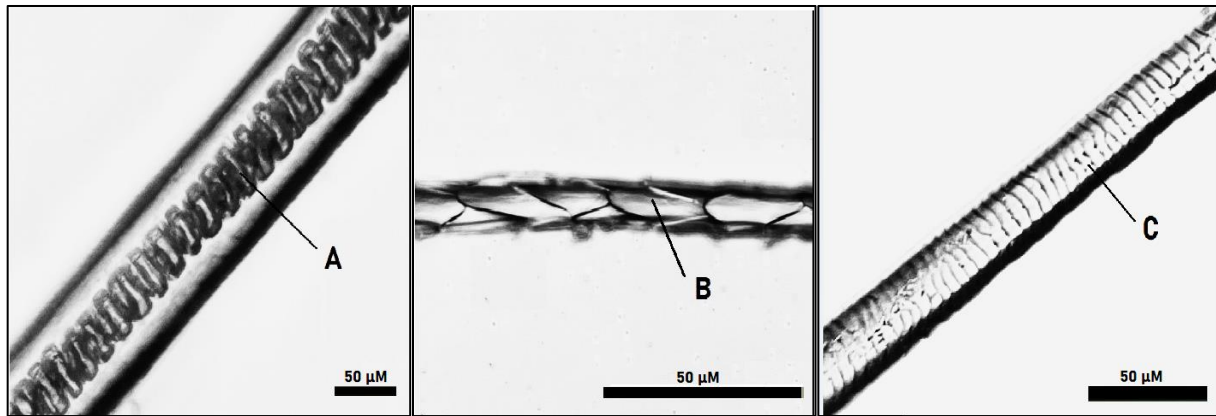
Tabla 3. Matriz de patrones cuticulares del orden Didelphimorphia

Género	Especie	Imbricamiento		Forma	Dimensione s	Orientación	Ornamento	Continuidad
		Asta	Imbricado					
Caluromys	<i>Caluromys lanatus</i>	Asta	Imbricado	Pétalo diamante "A"	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
		Distal	Pavimentosa	Ondeada	-----	Irregular	Lisa	Continua
Chironectes	<i>Chironectes minimus</i>	Asta	Imbricado	Pétalo diamante "A"	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua

		Distal	Pavimentosa	Ondeada	-----	Transversal	Lisa	Continua
<i>Didelphis</i>	<i>Didelphis marsupialis</i>	Asta	Pavimentosa	Ondeada	-----	Irregular	Ornamentada	Discontinua
		Distal						
	<i>Didelphis pernigra</i>	Asta	Imbricado	Pétalo diamante "A"	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
		Distal	Pavimentosa	Ondeada	-----	Irregular	Lisa	Continua
<i>Gracilinanus</i>	<i>Gracilinanus marica</i>	Asta	Imbricado	Pétalo diamante "A"	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
		Distal	Imbricado	Conoidal	Intermedio	Oblicua	Lisa	Continua
<i>Marmosa</i>	<i>Marmosa robinsoni</i>	Asta	Imbricado	Pétalo diamante "A"	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
		Distal	Imbricado	Conoidal	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
<i>Marmosops</i>	<i>Marmosops magdalenae</i>	Asta	Imbricado	Pétalo diamante "A"	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
		Distal	Imbricado	Conoidal	Intermedio	Oblicua	Lisa	Continua
	<i>Marmosops caucae</i>	Asta	Imbricado	Conoidal	Estrecha	Oblicua	Lisa	Continua
		Distal	Imbricado	Conoidal	Intermedio	Oblicua	Lisa	Continua

4.2.1 Género *Caluromys*

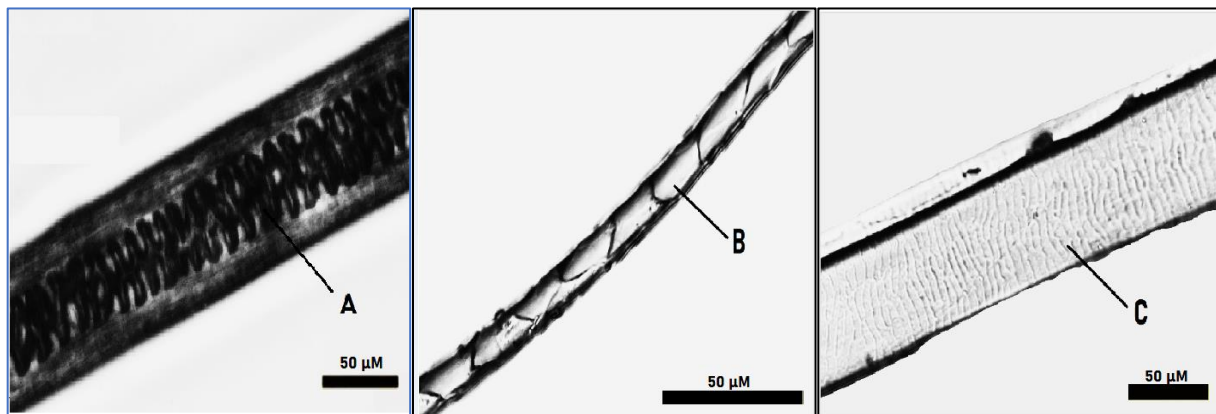
Médula uniseriada escalariforme (Fig. 6A); cutícula en la asta con forma imbricada de pétalo diamante, tipo "A" (Fig. 6B), y en la parte distal, ondeada irregular (Fig. 6C).

Figura 6. *Patrones cuticulares y medulares de Caluromys lanatus*

Nota: (A) Médula en una fila de células con una secuencia lineal y espacio de córtex entre ellas; (B) Escama con forma de pétalos de una flor, de contorno regular; (C) Contorno de la escama ondeado, con un patrón y tamaño de escama que varía.

4.2.2 Género *Chironectes*

Médula multiseriada alveolar (Fig. 7A); cutícula en la asta con forma imbricada de pétalo diamante, tipo “A” (Fig. 7B), y en la parte distal, ondeada transversal (Fig. 7C).

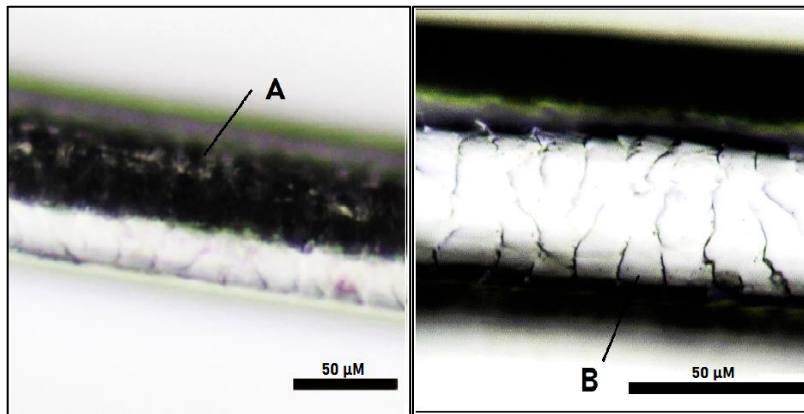
Figura 7. *Patrones cuticulares y medulares de Chironectes minimus*

Nota (A) Médula con varias células fusionadas entre sí, formando espacios semejantes a alvéolos; (B) Escama con forma de pétalos de una flor, de contorno regular; (C) Escamas sin ángulos definidos, dispuestas en posición transversal con respecto al eje longitudinal del pelo.

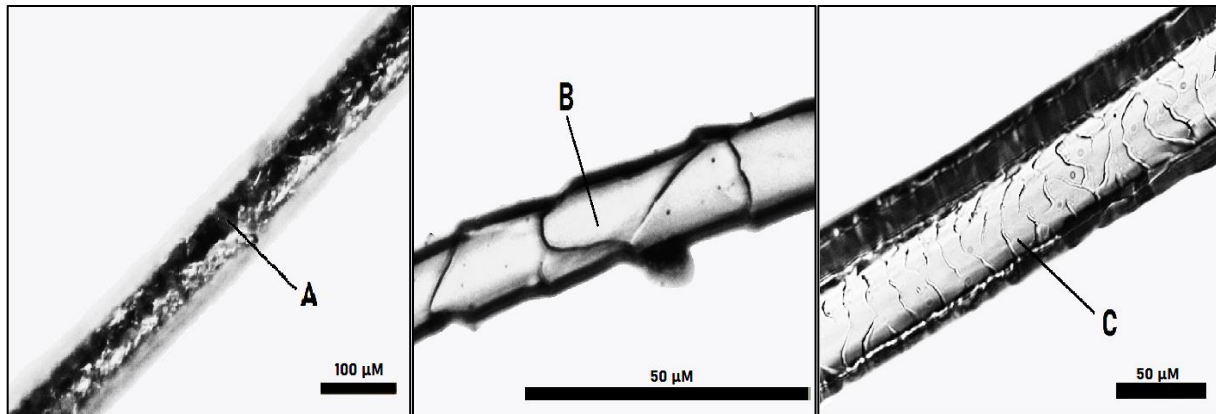
4.2.3 Género *Didelphis*

Las dos especies presentan médula multiseriada amorfa (Figs. 8A, 9A). En *Didelphis marsupialis*, las escamas presentan una cutícula ondeada irregular discontinua tanto en la parte distal como en el asta (Fig. 8B), mientras que en *Didelphis pernigra*, la cutícula en el asta tiene forma de pétalo diamante, clasificada como “tipo A” (Fig. 9B), y varía hacia una estructura ondeada irregular continua en la parte distal (Fig. 9C).

Figura 8. *Patrones cuticulares y medulares de Didelphis marsupialis*



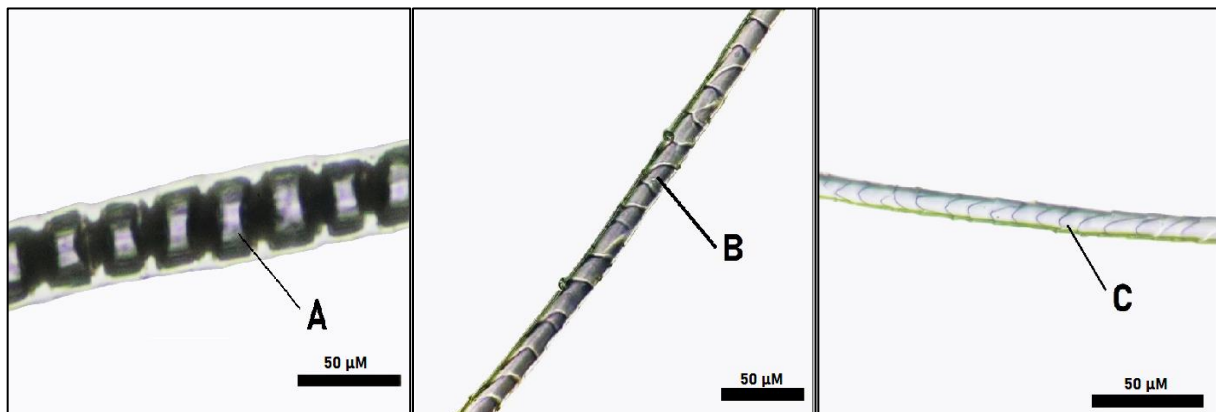
Nota: (A) Médula con células muy pequeñas, que dan la apariencia de una masa amorfa. (B) Contorno de la escama ondeado, con un patrón y tamaño que varían, y bordes de las escamas salientes.

Figura 9. *Patrones cuticulares y medulares de Didelphis pernigra*

Nota: (A) Médula con células muy pequeñas, que dan la apariencia de una masa amorfa. (B) Escama con forma de pétalos de una flor, de contorno regular. (C) Escamas sin ángulos definidos, dispuestas de forma transversal u oblicua, con una línea del borde sin interrupciones.

4.2.4 Género *Gracilinanus*

Médula uniseriada escaleriforme (Fig. 10A), cutícula en el asta con forma de pétalo diamante “tipo A” (Fig. 10B), y en la parte distal conoidal (Fig. 10C).

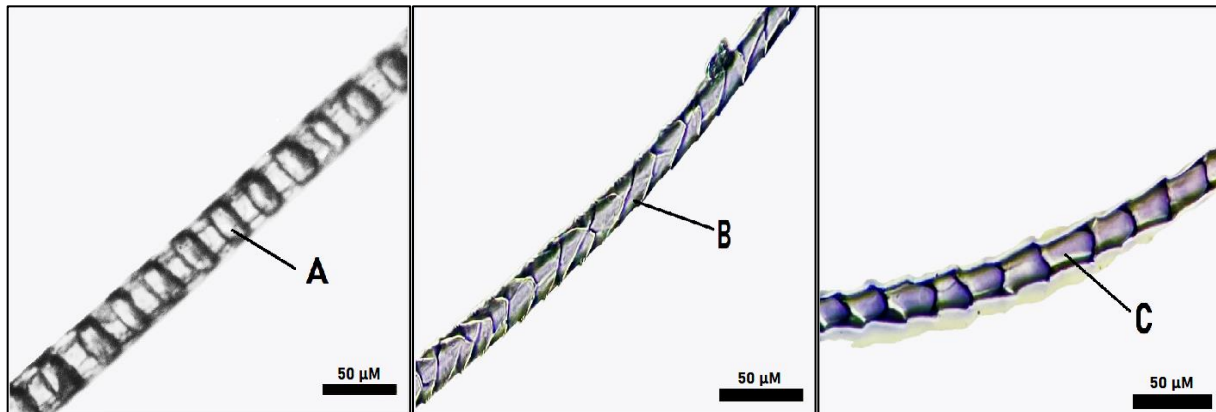
Figura 10. *Patrones cuticulares y medulares de Gracilinanus marica*

Nota: (A) Médula en una fila de células con una secuencia lineal, con espacio de córtex entre ellas; (B) Escama como pétalos de una flor de forma regular; (C) Secuencia de escamas en forma de cono.

4.2.5 Género *Marmosa*

Médula uniseriada escaleriforme (Fig. 11A); cutícula en la asta imbricada, en forma de pétalo diamante “tipo A” (Fig. 11B), y en la parte distal conoidal (Fig. 11C).

Figura 11. *Patrones cuticulares y medulares de Marmosa robinsoni*



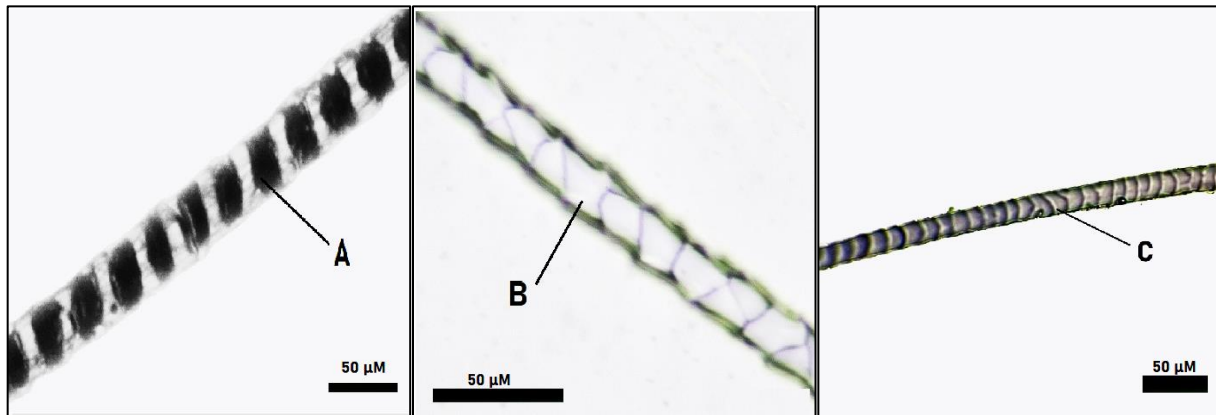
Nota: (A) Médula en una fila de células con una secuencia lineal, con espacio de córtex entre ellas; (B) Escama como pétalos de una flor de forma regular; (C) Secuencia de escamas en forma de cono.

4.2.6 Género *Marmosops*

Las dos especies presentan médula uniseriada escaleriforme (Figs. 12A, 13A). *Marmosops magdalenae* posee una cutícula imbricada en forma de pétalo diamante, clasificada como “tipo A”

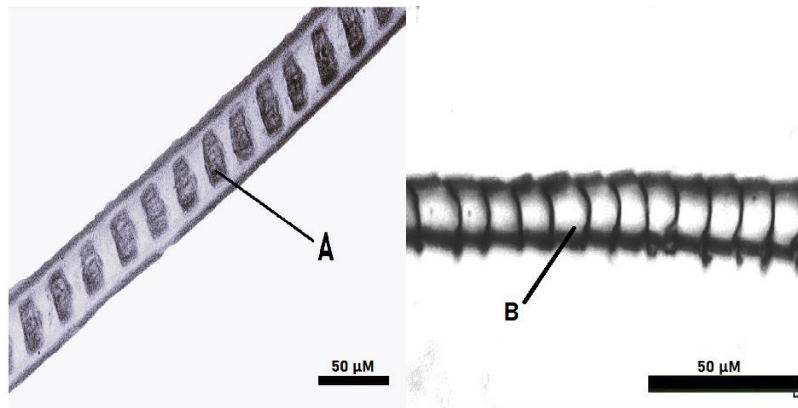
(Fig. 12B), la cual se transforma gradualmente en una estructura conoidal hacia la parte distal (Fig. 12C). Por su parte, *Marmosops caucae* presenta una cutícula conoidal tanto en la parte distal como en la asta (Fig. 13B).

Figura 12. Patrones cuticulares y medulares de *Marmosops magdalenae*



Nota: (A) Médula en una fila de células con una secuencia lineal con espacio de córtex entre ellas; (B) Escama como pétalos de una flor de forma regular; (C) Secuencia de escamas en forma de cono.

Figura 13. Patrones cuticulares y medulares de *Marmosops caucae*



Nota: (A) Médula en una fila de células con una secuencia lineal con espacio de córtex entre ellas; (B) Secuencia de escamas en forma de cono.

4.3 Clave dicotómica

1. Pelos con una longitud mayor o igual a 3 cm2
2. Cutícula imbricamiento pavimentoso*Didelphis marsupialis*
- 2'. Cutícula imbricada*Didelphis pernigra*
- 1'. Pelos con longitud menor a 3 cm3
3. Presencia de dos patrones de banda.....*Chironectes minimus*
- 3'. Presencia de tres patrones de banda.....4
4. Pelos con longitud mayor a 1 cm y menor a 3 cm.....5
5. Cutícula parte distal foliácea estrecha*Caluromys lanatus*
- 5'. Cutícula parte distal conoidal.....*Gracilinanus marica*
- 4'. Pelos con longitud menor a 1 cm.....6
6. Cutícula parte de la asta en forma pétalo diamante “tipo A”7
7. Cutícula conoidal estrecha.....*Marmosa robinsoni*
- 7'. Cutícula conoidal intermedia.....*Marmosops magdalenae*
- 6'. Cutícula parte de la asta en forma conoidal.....*Marmosops caucae*

5. Discusión

El desarrollo de una clave dicotómica y la descripción del orden Didelphimorphia a partir de pelos de guarda representan el primer estudio en la región sobre este tema, lo que permite una mejor comprensión de las características de los pelos de guarda de estas especies con distribución en Santander, Colombia. Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten la clasificación del orden Didelphimorphia hasta el nivel de especie, como ha sido realizado en estudios previos que han identificado diversas especies de mamíferos mediante el análisis de las características de los pelos de guarda (Torres-Domínguez et al., 2024; Aquino & Quadros, 2022; Charjan et al., 2019).

Los caracteres identificados en los pelos incluyen el patrón de bandas, la coloración, la médula, la cutícula y la longitud. Durante el análisis de varias muestras por especie, no se observó variabilidad en características como el patrón de bandas o la coloración dentro de una misma especie; es decir, todos los pelos analizados de una misma especie presentaron el mismo patrón y la misma coloración. Sin embargo, se identificaron diferencias en estas características entre especies. Los resultados mostraron que los patrones de bandas permiten diferenciar a los géneros *Chironectes* y *Didelphis* de *Caluromys*, *Gracilinanus*, *Marmosa* y *Marmosops*. Además, se observa que estos últimos presentan una coloración que combina negro con tonos rojizos o marrones, mientras que *Chironectes* y *Didelphis* muestran combinaciones de negro con plateado o blanco. Estas variaciones pueden atribuirse tanto a factores genéticos como ecológicos. Diversos estudios sugieren que esta diversidad en la coloración está determinada por la interacción entre la

herencia genética (Bond et al., 2024) y las presiones ambientales, como el camuflaje y la adaptación al clima, en línea con lo propuesto por la regla de Gloger (Cerezer et al., 2020).

Además, se observó que estos últimos géneros (*Caluromys*, *Gracilinanus*, *Marmosa* y *Marmosops*) comparten una estructura medular discontinua escalariforme. Esta característica concuerda con lo observado en otras especies del género *Marmosa*, como *Marmosa mexicana* y *Marmosa canescens*, que presentan la misma estructura medular (Baca Ibarra & Sánchez-Cordero, 2004), y asimismo, con la médula de *Caluromys lanatus* de Perú (Medina et al., 2019).

La relación entre las características medulares de los pelos de guarda y los géneros a los que pertenecen los individuos ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones (Torres-Domínguez et al., 2024; Vanstreels et al., 2010). Los estudios han demostrado que las características medulares pueden mantenerse consistentes dentro de ciertas especies o géneros, lo que las convierte en una herramienta útil en la identificación taxonómica (Sivapushanam et al., 2022; Kamalakannan et al., 2019).

El género *Didelphis* presenta una médula continua amorfa, lo cual concuerda con estudios previos (Dávila Flores & Matos Suclupe, 2018). Sin embargo, otras investigaciones, como la de Perdomo Gaitán (2021), la describen como uniseriada escalariforme, mientras que Pech-Canché et al. (2009), basándose en la caracterización de Arita y Aranda (1996), señalan que la médula de *Didelphis marsupialis* corresponde a una intrusión cortical.

De manera similar, *Chironectes minimus* exhibe una médula anastomosada alveolar distintiva, diferente a la de otras especies. Esta disposición solo ha sido descrita previamente en especímenes de Guatemala, donde, aunque mantiene la misma estructura anastomosada, su forma varía a literácea (Juárez Sánchez et al., 2007). En contraste, en los ejemplares analizados en este estudio, la médula presenta una forma alveolar.

Estas diferencias en la morfología medular dentro de una misma especie podrían estar relacionadas con variaciones en el entorno geográfico, así como con la variabilidad en las características del pelo entre distintas regiones del cuerpo, lo que reflejaría adaptaciones a diferentes funciones o condiciones ambientales (Olaleru et al., 2020). Por ello, este estudio se enfoca exclusivamente en la región dorsal.

La cutícula es un carácter representativo para distinguir estas especies de marsupiales. A pesar de que el patrón imbricado continuo predomina en la mayoría de los géneros presentes, la característica de presentar cambios entre la parte proximal y distal del pelo, o de ser continua, ayuda a diferenciar entre especies estrechamente relacionadas. Sin embargo, entre las especies *Gracilinanus marica* y *Marmosops magdalena* no se encontraron diferencias cualitativas, aunque se evidenció una diferencia cuantitativa en la longitud del pelo.

La longitud del pelo se incluyó como un carácter diferenciador en la clave dicotómica, reconociendo que, aunque puede presentar variación intraespecífica debido a la amplia distribución geográfica de las especies, resulta útil como un indicador cuantitativo

complementario. No obstante, es importante considerar este carácter en conjunto con los demás para lograr una identificación más precisa.

Asimismo, es importante destacar que ninguna característica analizada por sí sola proporciona información suficiente para la identificación de especies, por lo que se debe recurrir al análisis conjunto de escamas, médula y patrones de coloración (Fernández & Rossi, 1998, Chehébar & Martín, 1989, Short, 1978).

Esta es la primera caracterización morfológica de pelos de guarda para las especies *Didelphis pernigra*, *Gracilinanus marica*, *Marmosa robinsoni*, *Marmosa magdalenae* y *Marmosops caucae* a nivel global. Asimismo, las primeras descripciones de pelos de guarda para las ocho especies analizadas en Santander, Colombia. Se espera que estos resultados sean útiles en diversos estudios ecológicos, como la gestión de la vida silvestre, permitiendo la identificación de especies a partir de muestras de pelo en estudios de dieta, recolección de trampas de pelo y monitoreo del comercio de especies raras y protegidas (Armstrong et al., 2009). También pueden aplicarse en estudios sobre los hábitos alimenticios de carnívoros mediante el análisis de excrementos, así como en comparaciones entre especies (De Marinis & Asprea, 2006). Asimismo, se espera que constituyan herramientas valiosas para estudiantes e investigadores, facilitando la identificación rápida y económica de especies en estudios de campo.

6. Conclusiones

Se elaboró una clave dicotómica confiable mediante la identificación y caracterización de los caracteres morfológicos clave de los pelos de guardia.

El estudio permitió clasificar el orden Didelphimorphia hasta el nivel de especie, utilizando caracteres como la longitud, el patrón de bandas, la médula y la cutícula de los pelos.

Aunque se observaron diversas formas de médula en los pelos de guarda analizados, la médula discontinua escalariforme fue la más frecuente en los géneros del orden Didelphimorphia

En cuanto a la cutícula, aunque predomina la forma imbricada continua, el pelo de guarda presenta variaciones en la parte proximal y distal que permiten diferenciar especies estrechamente relacionadas.

Ninguna característica del pelo por sí sola es suficiente para una identificación precisa

7. Recomendaciones

Se sugiere realizar estudios adicionales que permitan comprender con mayor profundidad la variación intraespecífica de caracteres como la longitud del pelo y coloración del pelo.

Se propone ampliar el alcance de la investigación a otras regiones geográficas, con el fin de evaluar la variabilidad de las características del pelo en diferentes poblaciones de *Didelphimorphia*.

Se recomienda explorar el uso de técnicas avanzadas de imagen, como la microscopía electrónica de barrido, para obtener imágenes de alta resolución que permitan un análisis más detallado de la estructura del pelo.

Referencias Bibliográficas

- Alberico, M., Cadena, A., Hernández-Camacho, J., & Muñoz-Saba, Y. (2000). Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1(1), 43-75.
- Aquino, C., & Quadros, J. (2022). Análise tricológica de pelos-guarda de *Mus musculus*, *Rattus rattus* e *Rattus norvegicus* (Rodentia: Muridae) aplicada à pesquisa e à identificação em alimentos. *Vigilância Sanitária em Debate*. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.02009>
- Arita, H., & Aranda, M. (1987). Técnicas para el estudio y clasificación de los pelos. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Armstrong, J., Hesterman, D., & Smith, M. (2009). Alabama wildlife damage management website. En J. Boulanger (Ed.), *Proceedings of the Thirteenth Wildlife Damage Management Conference* (pp. 258–259). Thirteenth WDM Conference. <https://digitalcommons.usu.edu/wdmconference/2009/posters/1/>
- Baca Ibarra, I., & Sánchez Cordero, V. (2004). Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 75(2), 383–437.
- Beck, R., & Taglioretti, M. (2019). A Nearly Complete Juvenile Skull of the Marsupial *Sparassocynus derivatus* from the Pliocene of Argentina, the Affinities of “Sparassocynids”, and the Diversification of Opossums (Marsupialia; Didelphimorphia; Didelphidae). *Journal of Mammalian Evolution*, 27, 385–417. <https://doi.org/10.1007/s10914-019-09471-y>
- Bond, D., Veale, A., Alexander, A., & Hore, T. (2024). Color del pelaje en marsupiales: Las variantes genéticas en el locus ASIP determinan el pelaje gris y negro de la zarigüeya de

- cola de cepillo. *Royal Society Open Science*, 11(3), 240806.
<https://doi.org/10.1098/rsos.240806>
- Bondre, N. R., & de Grosbois, A. M. (2008). Special publications around the world mark the International Year of Planet Earth (triennium 2007–2009). *Environmental Geology*, 55(4).
<https://doi.org/10.1007/s00254-008-1375-0>
- Cacheda Rodríguez, D. (2017). *Estudo das propriedades elásticas do cabelo* (Trabajo de fin de grado). Universidade da Coruña, Facultade de Ciencias.
<https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/19210>
- Ceballos, C., Hernández-Montoya, V., Caicedo, J., & Castillo-Vanegas, V. (2024). Morphology and reproduction of the common opossum (*Didelphis marsupialis*) dwelling in urban vs rural environments in Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 37(3), 152–162. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v37n4a1>
- Cerezzer, F., Ribeiro, J., Graipel, M., & Cáceres, N. (2020). El lado oscuro de la coloración: La evidencia ecogeográfica apoya el dominio de Gloger en los marsupiales americanos. *Evolution*, 74(1), 78–90. <https://doi.org/10.1111/evo.13989>
- Chacón-Pacheco, J., Pérez-Torres, J., Racero-Casarrubia, J., Madera, C., Bassa-Hernández, D., & Salcedo-Rivera, G. (2023). New potential distribution and overlap areas of woolly opossum, genus *Caluromys* (Didelphimorphia: Didelphidae), in Colombia. *Therya*, 14(3), 319. <https://doi.org/10.12933/therya-23-4902>
- Charjan, R., Nandeshwar, N., Banubakode, S., Kurkure, N., & Bonde, S. (2019). Cuticular and medullary structure of some wild herbivores of India. *Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*, 15(1), 14–16.
<https://journals.acspublisher.com/index.php/ijvsbt/article/view/2493>

- Chehébar, C., & Martín, S. (1989). Guía para el reconocimiento microscópico de los pelos de los mamíferos de la Patagonia. *Doñana Acta Vertebrata*, 16(2), 247–291.
- Dávila Flores, K. J., & Matos Suclupe, A. R. (2018). Tricología para la identificación de especies de mamíferos silvestres y razas domésticas en los distritos de la región Lambayeque, 2018 (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3828>
- Debelica, A., & Thies, M. L. (2009). Atlas and Key to the hair of terrestrial Texas mammals (Special Publications No. 55). Museum of Texas Tech University. *Natural Science Research Laboratory*. Texas Tech University. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.142652>
- De Marinis, A., & Asprea, A. (2006). Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *European Journal of Wildlife Research*, 12, 305-320.
- Díaz-Nieto, J. F., & Voss, R. S. (2016). A revision of the didelphid marsupial genus *Marmosops*, part 1. Species of the subgenus *Sciophanes*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 2016(402), 1-70.
- Félix, G., Fioravanti, M., Cassandro, M., Tormen, N., Quadros, J., Juliano, R., Egito, A., De Moura, M., & Piovezan, U. (2019). Bovine breeds identification by trichological analysis. *Animals*, 9. <https://doi.org/10.3390/ani9100761>
- Fernández, G. J., & Rossi, S. M. (1998). Medullar type and cuticular scale patterns of hairs of rodents and small marsupials from The Monte scrubland (San Luis Province, Argentina). *Mastozoología Neotropical*, 5(2), 109-116.
- Flores, D. (2009). Phylogenetic analyses of postcranial skeletal morphology in didelphid marsupials. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 320(1), 1–81. <https://doi.org/10.1206/320.1>

- Gómez, J. J., & Cassini, M. H. (2010). Uso de pelos de guardia para la identificación de mustélidos costeros en la Patagonia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(2), 365–369. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572010000200021>
- Horovitz, I., & Sánchez-Villagra, M. (2003). A morphological analysis of marsupial mammal higher-level phylogenetic relationships. *Cladistics*, 19, 181-212. [https://doi.org/10.1016/S0748-3007\(03\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0748-3007(03)00045-8)
- Juárez-Sánchez, A. D., Estrada, C. G., Bustamante, M., Quintana, Y., & López, J. E. (2007). *Guía ilustrada de pelos para la identificación de mamíferos medianos y mayores de Guatemala* (Vol. 28). Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/infguia.pdf>
- Kamalakannan, M., Chandra, K., De, J., & Venkatraman, C. (2019). The identification of pika and hare through tricho-taxonomy (Mammalia: Lagomorpha). *Journal of Threatened Taxa*, 11(10), 14301–14308. <https://doi.org/10.11609/jott.4014.11.10.14301-14308>
- Kumar, M., Priya, Y. S., Mathur, V., Kumar, H., & Elangovan, V. (2014). Scanning electron microscopy study of guard hair of three Indian pteropodid bats. *Mammalia*, 78(4), 533–537. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2013-0103>
- Medina, Y. K., Medina, C. E., & López, E. (2019). Microestructura cuticular y medular del pelo de guardia de mamíferos pequeños terrestres en la región de Arequipa, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 26(1), 49-62. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i1.15909>
- Miranda, G. H. B. de, Rodrigues, F. H. G., & Paglia, A. P. (2014). *Guia de Identificação de Pelos de Mamíferos Brasileiros* (1ª ed.). Academia Brasileira de Ciências Forenses. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/266908770_Guia_de_Identificacao_de_Pelos_de_Mamiferos_Brasileiros

- Monroy-Vilchis, O., García-Morales, R., Hernández-Saint Martín, A., Castro-Medina, J., Aguilera-Reyes, U., & Ortiz-García, A. (2005). Variación intraespecífica e individual de los pelos de mamíferos del Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 12(January), 264–270.
- Olaleru, F., Olugbebi, T., & Fasona, M. (2020). Morphological studies on the guard hair of the Mona monkey (*Cercopithecus mona*) in Omo-Shasha-Oluwa forest reserves of Southwest Nigeria. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 12(1), 15-23. <https://doi.org/10.21608/eajbsz.2020.105729>
- Palacio, L. (2009). *Guía de pelos para la identificación de los mamíferos de la provincia de Misiones, Argentina* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Mar del Plata. https://proyectoyaguarete.org.ar/wp-content/uploads/Tesis_Palacio.pdf
- Pech-Canché, J. M., Sosa-Escalante, J. E., & Koyoc Cruz, M. E. (2009). *Guía para la identificación de pelos de mamíferos no voladores del estado de Yucatán, México*. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 13(1), 7–33. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2009.13.1.33>
- Perdomo Gaitán, M. A. (2021). *Caracterización de excretas de medianos y grandes mamíferos de las regiones Andina, Caribe y Orinoquía* (Tesis de licenciatura en biología). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/26419>
- Pilatti, P., & Astúa, D. (2016). Orbit orientation in didelphid marsupials (Didelphimorphia: Didelphidae). *Current Zoology*, 63, 403–415. <https://doi.org/10.1093/cz/zow068>

- Quadros, J., & Monteiro-Filho, E. L. A. (1998). Effects of digestion, putrefaction, and taxidermy processes on *Didelphis albiventris* hair morphology. *Journal of Zoology*, 244(3), 331–334. <https://doi.org/10.1017/S0952836998003033>
- Quadros J. & E.L. de A. Monteiro-Filho. (2006). Revisão conceitual, padrões microestruturais e proposta nomenclatória para os pêlos-guarda de mamíferos brasileiros. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1):279–292. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000100023>
- Sánchez-Giraldo, C., & Díaz-Nieto, J. (2015). Dynamics of species composition of small non-volant mammals from the northern Cordillera Central of Colombia. *Mammalia*, 79, 385 - 397. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2014-0018>
- Short, H. (1978). Analysis of cuticular scales on hairs using the scanning electron microscope. *Journal of Mammalogy*, 59, 261-268.
- SiB Colombia. (2020, 10 de abril). Biodiversidad en cifras: Santander. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. <https://santander.biodiversidad.co/>
- Sivapushanam, K., Murugesan, P., Vasanthakumari, D., Rangasamy, K., & Jana, D. (2022). A Descriptive study of hair morphology of three carnivore families (Canidae, Ursidae and Herpestidae). *Asian Journal of Research in Zoology*. <https://doi.org/10.9734/ajriz/2022/v5i130126>
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J.V., Defler, T.R., Ramírez-Chaves, H.E. y Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20(2), 301-365.
- Srbek-Araujo, A., Amaro, S., & Entringer, H. (2024). Identificación de mamíferos basada en la microestructura del pelo: adaptaciones metodológicas y nuevos patrones morfológicos. *Revista Brasileña de Mastozoología*. <https://doi.org/10.32673/bjm.vie92.123>.

- Teerink, B. J. (1991). *Hair of West European mammals: Atlas and identification*. Cambridge University Press.
- Torres, M. y Quiñones, C. (ed.). 2019. *Santander Bio: resultados, retos y oportunidades*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Del_Pilar_Quinones_Hoyos/publication/353352979_Santander_Bio_resultados_retos_y_oportunidades/links/60f764cc0c2bfa282aeef9e8/Santander-Bio-resultados-retos-y-oportunidades.pdf
- Torres-Domínguez, Á., Molina-Moreira, N., Chevasco, S., & Salas, J. (2024). Caracterización morfológica de pelos de guardia de seis especies de mamíferos pequeños no voladores del occidente de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 31(3). <https://doi.org/10.15381/rpb.v31i3.28465>.
- Tyndale-Biscoe, C., & Mackenzie, R. (1976). Reproduction in *Didelphis marsupialis* and *D. albiventris* in Colombia. *Journal of Mammalogy*, 57(2), 249-65. <https://doi.org/10.2307/1379686>.
- Vanstreels, R., Ramalho, F., & Adania, C. (2010). Microestructura de pelos-guarda de felídeos brasileiros: Considerações para a identificação de espécies. *Biota Neotropica*, 10(1), 333-337. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000100029>
- Voss, R. S., Tarifa, T., & Yensen, E. (2004). An introduction to *Marmosops* (Marsupialia: Didelphidae), with the description of a new subgenus and a new species from Bolivia. *American Museum Novitates*, 3442, 1-34.
- Voss, R. S., Lim, B. K., Díaz-Nieto, J. F., & Jansa, S. A. (2013). A new species of *Marmosops* (Marsupialia: Didelphidae) from the Pakaraima Highlands of Guyana, with remarks on the origin of the endemic Pantepui mammal fauna. *American Museum Novitates*, 3778, 1–27.

